



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**EL CICLO DE VIDA DE LA MADERA  
EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS  
DE UN CASO PRÁCTICO**

Alumna:

**Alba Cal Mouriño**

Tutor del trabajo:

**Santiago López Piñeiro**

Departamento:

**Construcciones y Estructuras Arquitectónicas, Civiles y Aeronáuticas**

**Julio 2017**



## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor Santiago López Piñeiro por ayudarme y apoyarme en un trabajo con pocos antecedentes y con complicaciones para encontrar análisis de ciclo de vida relacionados con la madera en los que poder apoyarme, y además gracias por enseñarme que existen muchos campos de trabajo dentro de la construcción en los que poder enfocar mi futura vida profesional.

Gracias a todas las empresas y asociaciones que se nombran en el trabajo, que aportan en sus webs información con la que he podido comprender el uso del ACV como herramienta ambiental y trabajar para la realización de este trabajo.

Por último, quiero dar las gracias a mis padres y hermano, Vicente, Fina y Martín, a mi pareja, Diego, y a mis amigos por la comprensión, el apoyo y el ánimo que me han dado.

A Coruña, Julio 2017.

## **PALABRAS CLAVE**

Ciclo de Vida, Madera, Construcción, Análisis de Ciclo de Vida, Sostenibilidad

## **RESUMEN**

En los últimos años, la conciencia por proteger el medio ambiente ha crecido significativamente, poniendo de manifiesto la necesidad de que todos los sectores productivos, incluido el constructivo, controlen y contribuyan a la reducción de las emisiones y acciones perjudiciales para el medio ambiente.

En este trabajo se estudia cómo se puede aplicar el concepto de ciclo de vida dentro del sector de la construcción, y más concretamente a un material constructivo como es la madera, para ver su influencia sobre el medio ambiente.

En primer lugar se estudia el Ciclo de Vida como concepto, las herramientas y tipos que existen para su estudio y a través de la revisión bibliográfica descubrir cuál ha sido su evolución desde aproximadamente los años 70 hasta la actualidad. La herramienta de estudio para el ciclo de vida que se ha elegido es el análisis de ciclo de vida. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) pretende incorporar un enfoque sostenible teniendo en cuenta los impactos ambientales, sociales y económicos de las distintas fases de un ciclo de vida.

Se trata de una herramienta con un enfoque holístico, es decir, analiza todas las etapas del ciclo de vida desde el punto de vista de las múltiples interacciones que suceden entre ellas a lo largo del ciclo de vida del producto o sistema de producto, lo que permite valorar todo el proceso no sólo una parte. Durante el análisis se hace una recopilación y una evaluación de las materias y energías necesarias para crear o fabricar un producto, un sistema de producto o un servicio, una recopilación y evaluación de los residuos y emisiones causados y también de los impactos potenciales que pueden tener a lo largo del ciclo de vida.

Se elige el estudio del ciclo de vida la madera y no de otros materiales por ser un material magnífico para su utilización en construcción, ya que puede emplearse para multitud de construcciones, para estructuras, para carpintería, recubrimientos, etc.

Además de ser un material natural y ecológico, colabora de manera sostenible con el medioambiente, porque durante el crecimiento del árbol, del que se va obtener la madera, absorbe CO<sub>2</sub> y luego cuando la madera, una vez cortada, está en uso funciona como retenedor o almacén de CO<sub>2</sub>.

La aplicación de la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida en un producto de madera la podemos ver en el caso práctico de este trabajo, donde se hace un estudio de las bases de datos, las herramientas informáticas, se explica el funcionamiento de la que se va a emplear (SimaPro) y se explica el proceso entero, con resultados, de análisis de ciclo de vida de los tableros de madera de densidad media.

Con todo esto, se demuestra la utilidad de la aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida para ver cómo un estudio detallado de todas las partes de un ciclo de vida puede ayudar a elegir materiales más sostenibles, mejorar procesos y productos, reducir la cantidad de residuos y emisiones, etc. para que el impacto ambiental sea menor y así contribuir a un planeta más limpio.

## **PALABRAS CLAVE**

Ciclo de Vida, Madeira, Construcción, Análise de Ciclo de Vida, Sostenibilidade

## **RESUMO**

Nos últimos anos, a conciencia por protexer o medio ambiente creceu significativamente, poñendo de manifesto a necesidade de que todos os sectores productivos, incluído o constructivo, controlen e contribúan a redución das emisións e accións perxudiciais para o medio ambiente.

Neste traballo estúdiase cómo se pode aplicar o concepto de ciclo de vida dentro do sector da construción, e máis concretamente a un material constructivo como é a madeira, para ver a súa influencia sobre o medio ambiente.

En primeiro lugar, estúdiase o ciclo de vida como concepto, as ferramentas e tipos que existen para o seu estudo e a través da revisión bibliográfica descubrir cal foi a súa evolución dende aproximadamente os anos 70 ata a actualidade. A ferramenta de estudo para o ciclo de vida que se elixiu é análise de ciclo de vida. O Análise de Ciclo de Vida (ACV) pretende incorporar un enfoque sostible tendo en conta os impactos ambientais, sociais e económicos das distintas fases dun ciclo de vida.

Trátase de unha ferramenta cun enfoque holístico, e dicir, analiza todas as etapas do ciclo de vida dende o punto de vista das múltiples interaccións que suceden entre elas o largo do ciclo de vida do produto ou sistema de produto, o que permite valorar todo o proceso non só unha parte. Durante a análise faise unha recopilación e unha avaliación das materias e enerxías necesarias para crear ou fabricar un produto, un sistema de produto ou un servizo, unha recopilación e avaliación dos residuos e emisións causados e tamén dos impactos potenciais que poden ter o largo do ciclo de vida.

Escollese o estudo de ciclo de vida da madeira e non de outro material, por ser un material magnífico para empregar na construción, xa que pode empregarse para multitude de construción, para estruturas, carpintería, recubrimentos, etc.

Ademáis de ser un material natural e ecolóxico, colabora dunha maneira sostible có medio ambiente, porque durante o crecemento da árbore, do que se vai obter a madeira, absorbe CO<sub>2</sub> e logo cando a madeira, unha vez cortada, está en uso funciona como retenedor ou almacén de CO<sub>2</sub>.

A aplicación da ferramenta de Análise de Ciclo de Vida nun produto de madeira podemola ver no caso práctico de este traballo, donde se fai un estudo das bases de datos, ferramentas informáticas, explicase o funcionamento da que se vai empregar (SimaPro) e explicase o proceso enteiro, con resultados, de análise de ciclo de vida dos tableiros de madeira de densidade media.

Con todo isto, demostrase a utilidade da aplicación desta metodoloxía de análise de ciclo de vida para ver cómo un estudo detallado de todas as partes dun ciclo de vida pode axudar a elixir materiais máis sostibles, mellorar procesos e produtos, reducir a cantidade de residuos e emisións, etc. para que o impacto ambiental sexa menor e así contribuír a un planeta máis limpo.

## **KEYWORDS**

Lyfe Cycle, Wood, Construction, Lyfe Cycle Assessment, Sustainability

## **ABSTRACT**

In recent years, the awareness for protecting the environment has grown significantly, highlighting the need for all production sectors, including construction, to control and contribute to the reduction of emissions and actions harmful to the environment.

In this paper examines how to the concept of life cycle can be applied within the construction sector, and more concretely to a constructive material such as Wood, to see its influence on the environment.

Firstly, the Life Cycle is studied as a concept, the tolos and types that exist for its study and trough the bibliographic review to discover what has been its evolution from approximately the 1970s to the present. The study tool for the life cycle that has been chosen is the life cycle analysis. The Life Cycle Assessment (LCA) aims to incorporate a sustainable approach taking into account the environmental, social and economic impacts of the different phases of a life cycle.

It is a tool with a holistic approach, that is, it analyzes all stages of the life cycle from the point of view of the multiple interactions that occur between them throughout the life cycle of the products or product system, wich allows you to evaluate the entire process not just a part. During the analysis, a compilation and evaluation of the material and energies necessary to créate or manufacture a product, a producto r service system, a compilation and evaluation of the wastes and emissions caused and also the potential impacts troughout the life cycle.

The study of the life cycle of wood and not of other materials is chose because its a magnificent material for use in construction, since it can be used for many constructions, for structures, for carpentry, coating, etc.

Besides being a natural and ecological material, it collaborates in a sustainable way with the environment, because during the growth of the tree, from which the Wood is obtained, it absorbs CO<sub>2</sub> and then when the Wood, once cut, is in use it functions as a retainer or CO<sub>2</sub> storage.

Life Cycle Analysis application tool in a wood product can be seen in the practical case of this work, where a study of databases, computer tolos, explains the operation of which is (SimaPro) and explains the entire process, with results, of the life cycle analysis of the médium density wood boards.

Finally, the usefulness of the application of the life cycle analysis methodology to see how a detailed study of all parts of a life cycle can help to choose more sustainable materials, improve processes and products, amount of waste and emissions, etc. So that the enviromental impact is smaller and thus contribute to a cleaner planet.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de este trabajo de fin de grado es conocer el desarrollo de una herramienta de análisis para estudiar el ciclo de vida de la madera dentro del sector de la construcción.

Explicación del ciclo de vida y la metodología que se utiliza para él con el objetivo de:

- Conseguir definir y diferenciar distintos tipos de ciclo de vida.
- Conocer la metodología de la herramienta de análisis de ciclo de vida, sus aplicaciones y como se utiliza en el sector de la construcción.
- Estudiar la madera como material de construcción, su relación con la sostenibilidad y compararla con otros materiales.
- Con un caso práctico, ver la aplicación de los anteriores puntos a un caso real, en concreto, a los tableros de madera de densidad media para ver:
  - Funcionamiento de un programa de análisis de ciclo de vida.
  - Estimación de impactos ambientales directos e indirectos asociados a la producción de los tableros.
  - Identificar las oportunidades de reducir los impactos medioambientales de ambos sistemas a lo largo del ciclo de vida analizado.

Finalmente, se compararan los resultados obtenidos y se hará una reflexión con las conclusiones obtenidas después de realizar el trabajo.

## **ABREVIACIONES**

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
BBDD	Bases de Datos
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CCV	Costes de Ciclo de Vida
CEN	Comité Europeo de Normalización
DAP	Declaración Ambiental de Producto
EIA	Evaluación del Impacto Ambiental
EICV	Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida
ELCD	European reference Life Cycle Database
ERA	Evaluación de Riesgo Ambiental
FAO	Food and Agriculture Organization
FSC	Forest Stewardship Council
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GWP	Global Warming Potencial
HTP	Potencial de Toxicidad Humana
ICV	Inventario de Ciclo de Vida
ISO	International Organization for Standardization
ITEC	Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña
LEED	Leadership in Energy & Environmental Desig
PEFC	Pan European Forest Certificación
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
USLCI	Inventario de Ciclo de Vida de los Estados Unidos
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN A LA TEMÁTICA .....	17
1.1 DEFINICIÓN DE CICLO DE VIDA.....	17
1.2 HERRAMIENTAS Y TIPOS PARA EL CICLO DE VIDA.....	19
1.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	21
1.4 NORMATIVA APLICABLE .....	29
2 MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	31
2.1.1 DEFINICIÓN DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	31
2.1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ALCANCE DEL ACV .....	33
2.1.3 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DEL ACV .....	35
2.2 METODOLOGÍA DEL ACV .....	37
2.2.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE.....	37
2.2.2 ANALISIS DE INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV) .....	38
2.2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV) .....	41
2.2.4 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	45
2.3 HERRAMIENTAS DE ANALISIS DE CICLO DE VIDA .....	46
2.3.1 BASES DE DATOS DEL ANALISIS DE CICLO DE VIDA .....	46
2.3.2 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE CICLO DE VIDA.....	46
2.3.3 HERRAMIENTAS INFORMATICAS PARA EL ACV .....	47
2.4 APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	48
2.4.1 LA ECOEFICIENCIA .....	48
2.4.2 ECODISEÑO.....	49
2.4.3 ETIQUETADO AMBIENTAL .....	51
2.4.4 HUELLA DE CARBONO .....	56
2.5 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	59
3 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN .....	68
3.1 LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN .....	68
3.1.1 GENERALIDADES DE LA MADERA.....	68
3.1.2 EXPLOTACIÓN DE LA MADERA .....	74
3.2 LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	77
3.2.1 La importancia de madera en la construcción .....	77
3.3 LA SOSTENIBILIDAD Y LA MADERA.....	84
3.3.1 La madera frente al cambio climático .....	84
3.3.2 Los bosques sostenibles .....	86
3.3.3 Los productos de madera ayudan a frenar el Calentamiento Global .....	96

3.4	COMPARACIÓN DE LA MADERA CON OTROS PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN...	97
3.4.1	Comparativa de las propiedades de la madera como material estructural con las del acero o el hormigón .....	97
3.4.2	Comparativa de la madera con otros materiales según la energía consumida para la fabricación del producto .....	98
3.4.3	Comparativa de las emisiones de CO <sub>2</sub> equivalentes producidas por materiales	99
4	ESTUDIO DE UN CASO PRÁCTICO .....	101
4.1	METODOLOGÍA.....	101
4.1.1	BASES DE DATOS PARA REALIZACIÓN DE ACV .....	101
4.1.2	HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DE ACV.....	103
4.1.3	ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA SIMAPRO .....	115
4.2	ESTUDIO DE UN CASO PRÁCTICO. ACV DE TABLEROS MDF .....	140
4.2.1	INTRODUCCIÓN .....	140
4.2.2	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO .....	141
4.2.3	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LOS TABLEROS MDF.....	153
5	CONCLUSIONES .....	170
6	BIBLIOGRAFÍA.....	171
6.1	LIBROS .....	171
6.2	NORMATIVA .....	171
6.3	TESIS DOCTORALES Y TRABAJOS FIN DE ESTUDIOS .....	173
6.4	ARTÍCULOS DE REVISTAS .....	173
6.5	SITIOS WEB, ARCHIVOS EN LÍNEA Y VÍDEOS.....	174
7	ANEXOS .....	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de un producto. Fuente: Ecodiseño, 2011 ( <a href="http://elcambiooportuno.blogspot.com.es/2011_09_01_archive.html">http://elcambiooportuno.blogspot.com.es/2011_09_01_archive.html</a> ).....	17
Figura 2. Ciclo de vida “infinito”. Fuente: El ciclo de vida de un producto, 2016 ( <a href="http://www.raeutilizarte.com">www.raeutilizarte.com</a> ).....	18
Figura 3. Beneficios de los SGA para el ciclo de vida de productos. Fuente: Costa, 2015 ( <a href="https://www.slideshare.net/arturoacosta87/sistema-de-gestion-ambiental-ppt-2015-arturo-acosta/5?smtNoRedir=1">https://www.slideshare.net/arturoacosta87/sistema-de-gestion-ambiental-ppt-2015-arturo-acosta/5?smtNoRedir=1</a> ).....	19
Figura 4. Los tres pilares del desarrollo sostenible. Fuente: De La Rúa (2009) .....	23
Figura 5. Entradas y salidas en un ciclo de vida. Fuente: Enfoque ecológico del Desarrollo Sostenible ( <a href="http://www.emaze.com">www.emaze.com</a> ).....	33
Figura 6. Etapas del ciclo de vida del producto de la cuna a la tumba. Fuente: Estévez, 2016 ( <a href="http://www.ecointeligencia.com/2016/05/acv-marco-normativo/">http://www.ecointeligencia.com/2016/05/acv-marco-normativo/</a> ).....	34
Figura 7. De la cuna a la cuna. Fuente: Ciclo de vida de producto (2014) <a href="https://twenergy.com/a/ciclo-de-vida-de-producto-1398">https://twenergy.com/a/ciclo-de-vida-de-producto-1398</a> .....	35
Figura 8. Tipos de ciclo de vida según alcance del ACV. Fuente: Análisis de ciclo de vida e ISO 14001( <a href="http://asertekgestion.blogspot.com.es/2016/05/analisis-de-ciclo-de-vida-e-iso.html">http://asertekgestion.blogspot.com.es/2016/05/analisis-de-ciclo-de-vida-e-iso.html</a> ).....	35
Figura 9. Etapas de un ACV. Fuente: Norma UNE-EN ISO14040: 2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.....	37
Figura 10. Pasos para realización de un ICV. Fuente: Elaboración propia.....	39
Figura 11. Relación entre datos de actividad, factores de emisión y flujos elementales en el ICV. Fuente: Elaboración propia .....	40
Figura 12. Inventario del ciclo de vida aplicado a un proceso unitario de un sistema. Fuente: Serrano, 2014 ( <a href="http://www.certificadosenergeticos.com/analisis-ciclo-vida-diseno-materiales-sostenibles">http://www.certificadosenergeticos.com/analisis-ciclo-vida-diseno-materiales-sostenibles</a> ).....	41
Figura 13. Esquema de la Fase de EICV según la norma ISO 14040. Fuente: Análisis de ciclo de vida y huella de carbono (IHOBE, 2009).....	42
Figura 14. Fases donde tener en cuenta el ecodiseño. Fuente: López, 2013 ( <a href="http://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/28/">http://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/28/</a> ) .....	49
Figura 15. Resumen de las etapas del ecodiseño. Fuente: CEPYME, 2007 ( <a href="http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_ecodiseno.pdf">http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_ecodiseno.pdf</a> ).....	50
Figura 16. Símbolo de triángulo de Moebius. Fuente: <a href="https://elefectoparaguas.files.wordpress.com/2014/04/no-oficiales.jpg">https://elefectoparaguas.files.wordpress.com/2014/04/no-oficiales.jpg</a> .....	53
Figura 17. Resumen de alcances y emisiones. Fuente: Protocolo GHG .....	57
Figura 18. Ciclo de vida de la edificación. Fuente: <a href="http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos-historico/numeros-anteriores/53-edificios-verdes">http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos-historico/numeros-anteriores/53-edificios-verdes</a> .....	60
Figura 19. Ciclo de vida de un producto de construcción. Fuente: <a href="https://oliebana.com/2012/09/23/analisis-de-ciclo-de-vida-acv-en-la-construccion/">https://oliebana.com/2012/09/23/analisis-de-ciclo-de-vida-acv-en-la-construccion/</a> .....	61

Figura 20. Ciclo de vida de un producto. Fuente: Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al sector de la edificación.....	64
Figura 21. Esquema de los módulos de información para las diferentes etapas de evaluación del edificio. Fuente: Norma UNE-EN ISO 15978:2012 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo.....	65
Figura 22. Composición química de la madera. Fuente: CEDRIA, 2015 .....	69
Figura 23. Estructura de la madera. Fuente: <a href="http://forest112.com/appLearning/course/insectos-floefagos-xilofagos-y-mielofagos-en-frondosas/?course_type=content&amp;course_page=1">http://forest112.com/appLearning/course/insectos-floefagos-xilofagos-y-mielofagos-en-frondosas/?course_type=content&amp;course_page=1</a> .....	69
Figura 24. Despieces de la madera. Fuente: Tknika ( <a href="http://normadera.tknika.net/es/content/sistemas-para-dividir-un-tronco-en-tablas">http://normadera.tknika.net/es/content/sistemas-para-dividir-un-tronco-en-tablas</a> ) .....	75
Figura 25. Treet. Edificio de 14 plantas en Bergen (Noruega) es de momento el más alto del mundo. Fuente: <a href="http://www.construible.es">www.construible.es</a> (2017) .....	79
Figura 26. Ensamblaje de madera de la estructura de una cubierta. Fuente: <a href="http://patxilinaza.com/index.php/kit-estructuras-de-madera-para-cubiertas/">http://patxilinaza.com/index.php/kit-estructuras-de-madera-para-cubiertas/</a> .....	82
Figura 27. Tablero MDF. Fuente: <a href="http://www.tableroshuertas.es">http://www.tableroshuertas.es</a> .....	82
Figura 28. Tablero de partículas. Fuente: <a href="http://www.tableroshuertas.es">www.tableroshuertas.es</a> .....	83
Figura 29. Tableros OSB. Fuente: <a href="http://www.tableroshuertas.es">www.tableroshuertas.es</a> .....	83
Figura 30. Colocación de parquet. Fuente: <a href="http://www.decoparquet.com">www.decoparquet.com</a> .....	83
Figura 31. Viga laminada. Fuente: <a href="http://www.navarromartinsa.com">www.navarromartinsa.com</a> .....	84
Figura 32. Palets y embalajes de madera. Fuente: <a href="https://www.maderea.es/nimf15-embalajes-y-palets-madera/">https://www.maderea.es/nimf15-embalajes-y-palets-madera/</a> .....	84
Figura 33. El efecto de la fotosíntesis en el crecimiento de los árboles. Fuente: Revista Ihitza ( <a href="http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-6172/es/contenidos/boletin_revista_ihitza35/es_ihitza/bitacora.html">http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-6172/es/contenidos/boletin_revista_ihitza35/es_ihitza/bitacora.html</a> ) .....	85
Figura 34. Funcionamiento de los bosques. Fuente: <a href="http://socialforest.org/co2/">http://socialforest.org/co2/</a> .....	87
Figura 35. Logos de certificación FSC y PEFC. Fuente: <a href="http://www.localesecoeficientes.blogspot.com">www.localesecoeficientes.blogspot.com</a> .....	89
Figura 36. Proceso de certificado de productos de madera. Fuente: <a href="http://www.ambical.com">www.ambical.com</a> .....	91
Figura 37. Proceso de certificación de la gestión forestal. Fuente: <a href="http://www.pefc.es">www.pefc.es</a> .....	92
Figura 38. Proceso de certificado de la cadena de custodia. Fuente: <a href="http://www.pefc.es">www.pefc.es</a> .....	93
Figura 39. Pabellón de Iniciativas Ciudadanas el Faro, de la EXPO 2008. Fuente: <a href="http://www.pefc.es">www.pefc.es</a> .....	96
Figura 40. Ecoinvent. <a href="http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5059/fichero/Memoria.pdf">http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5059/fichero/Memoria.pdf</a> .....	103
Figura 41. Ciclo de vida. Fuente: <a href="http://www.grupofinsa.com">www.grupofinsa.com</a> .....	141
Figura 42. Procedimiento en seco de tableros MDF. Fuente: <a href="http://www.biohaus.com">www.biohaus.com</a> .....	145
Figura 43. Desplazamiento de los troncos a la descortezadora. Fuente: <a href="http://www.brico-diy.net">www.brico-diy.net</a> ....	146
Figura 44. Formación de astillas de madera. Fuente: <a href="http://www.brico-diy.net">www.brico-diy.net</a> .....	146

Figura 45. Digestor. Fuente: <a href="http://www.brico-diy.net">www.brico-diy.net</a> .....	147
Figura 46. Obtención de fibras. Fuente: <a href="http://www.monografias.es">www.monografias.es</a> .....	148
Figura 47. Disco desfibrador de 46 pulgadas. Fuente: <a href="http://www.spanish.alibaba.com">www.spanish.alibaba.com</a> .....	148
Figura 48. Formación de láminas de fibras encoladas. Fuente: <a href="http://www.brico-diy.net">www.brico-diy.net</a> .....	149
Figura 49. Enfriadores volteadores de tableros. Fuente: <a href="http://www.brico-diy.net">www.brico-diy.net</a> .....	149
Figura 50. Operaciones de corte y lijado de tablero MDF. Fuente: <a href="http://www.brico-diy.net">www.brico-diy.net</a> .....	150
Figura 51. Diagrama de etapas de ciclo de vida de Tablero MDF. Fuente: Elaboración propia	155
Figura 52. Etapas de ciclo de vida incluidas en los límites del ACV. Fuente: Elaboración propia .....	156
Figura 53. Límites de sistema detallados. Fuente: <a href="http://www.finsa.com">www.finsa.com</a> .....	157
Figura 54. Entradas y salidas durante el ACV. Fuente: Elaboración propia .....	159

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías e indicadores de impacto más utilizados en ACV. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 2. Factores de caracterización para el agotamiento de la capa de ozono. Fuente: CML 2001.....	44
Tabla 3. Factores de normalización para los países de la OCDE. Fuente: CML 2001 .....	44
Tabla 4. Metodología de evaluación de ICV. Fuente: Elaboración propia .....	47
Tabla 5. Etiquetas tipo I. Fuente: Elaboración propia a partir de <a href="http://www.construmatica.com/construpedia/Ecoetiquetas_y_Declaraciones_Ambientales">http://www.construmatica.com/construpedia/Ecoetiquetas_y_Declaraciones_Ambientales</a> .....	52
Tabla 6. Sistemas de declaraciones ambientales de producto (DAP). Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 3.3 del libro Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. ....	54
Tabla 7. Comparativa de los diferentes tipos de etiquetado ambiental. Fuente: <a href="http://www.adaptasg.com/2014/04/tipos-de-ecoetiquetas/">http://www.adaptasg.com/2014/04/tipos-de-ecoetiquetas/</a> .....	56
Tabla 8. Principales métodos de EICV de edificios. Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 9. Tabla de características de materiales. Fuente: <a href="https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/">https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/</a> .....	98
Tabla 10. Emisiones y almacenaje de CO <sub>2</sub> . Fuente: <a href="http://www.maderea.es">www.maderea.es</a> .....	99
Tabla 11.1. Principales software de ACV. Fuente: Elaboración propia.....	111
Tabla 12. 2. Principales software de ACV. Fuente: Elaboración propia.....	112
Tabla 13. Otros software. Fuente: Elaboración propia.....	113
Tabla 14. Software de ACV para la construcción. Fuente: Elaboración propia.....	114
Tabla 15. Categorías de impacto para tableros MDF. Fuente: Elaboración propia.....	157
Tabla 16. Uso de recursos renovables (madera) y recursos no renovables (adhesivo). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa .....	160
Tabla 17. Consumo de energías primarias (renovables y no renovables). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	160
Tabla 18. Consumo de energías primarias con aporte energético a mayores. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	160
Tabla 19. Contenido de residuos peligrosos y no peligrosos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa .....	160
Tabla 20. Factores de normalización predeterminados en el software de cálculo SimaPro. Fuente: Elaboración propia .....	162
Tabla 21. Contribuciones para las categorías de impacto durante el suministro de materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	163
Tabla 22. Contribuciones para las categorías de impacto durante el transporte de las materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	163

Tabla 23. Contribuciones para las categorías de impacto durante la fabricación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa .....	164
Tabla 24. Contribuciones absolutas de los impactos para tableros MDF lisos. Fuente: www.finsa.es .....	164
Tabla 25. Contribuciones para las categorías de impacto de las materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa .....	165
Tabla 26. Contribuciones para las categorías de impacto durante el transporte de las materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	165
Tabla 27. Contribuciones para las categorías de impacto durante la fabricación de tableros MDF recubiertos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	166
Tabla 28. Contribuciones absolutas de los impactos de los tableros MDF recubiertos. Fuente: www.finsa.com .....	166
Tabla 29. Resumen de resultados de ambos tableros. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa.....	167

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Superficie de bosque certificado en España. Fuente: <a href="http://www.pefc.es">www.pefc.es</a> .....	94
Gráfico 2. Porcentajes de certificados de cadena de custodia PEFC. Fuente: <a href="http://www.pefc.es">www.pefc.es</a> .....	95
Gráfico 3. Energía consumida para producir 1m <sup>3</sup> de material. Fuente: <a href="http://www.cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=495&amp;Itemid=2">http://www.cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=495&amp;Itemid=2</a> .....	99
Gráfico 4. Balance de CO <sub>2</sub> en 1m <sup>3</sup> de tablero MDF liso sin recubrir. Fuente: <a href="http://www.finsa.com">www.finsa.com</a>	168
Gráfico 5. Balance de CO <sub>2</sub> en 1m <sup>2</sup> de tablero MDF recubierto de melamina. Fuente: <a href="http://www.finsa.com">www.finsa.com</a> .....	169



## INDICE DE CAPTURAS

Captura de pantalla modificada 1. Selección de versión.....	115
Captura de pantalla modificada 2. Abrir proyecto .....	116
Captura de pantalla modificada 3. Navegador ACV .....	117
Captura de pantalla modificada 4. Introducir descripción del estudio .....	118
Captura de pantalla modificada 5. Bibliotecas (bases de datos) .....	119
Captura de pantalla modificada 6. Crear nuevo proceso.....	119
Captura de pantalla modificada 7. Insertar nuevo material proceso .....	120
Captura de pantalla modificada 8. Introducir salidas .....	120
Captura de pantalla modificada 9. Introducir entradas.....	121
Captura de pantalla modificada 10. Emisiones y desechos.....	121
Captura de pantalla modificada 11. Visualización de los resultados .....	122
Captura de pantalla modificada 12. Documentación.....	123
captura de pantalla modificada 13. Inventario-Proceso .....	124
Captura de pantalla modificada 14. Tratamiento de residuos .....	125
Captura de pantalla modificada 15. Introducir nuevo tratamiento de residuo .....	125
Captura de pantalla modificada 16. Tabla de productos .....	126
Captura de pantalla modificada 17. Definir material.....	126
Captura de pantalla modificada 18. Selección de producto .....	127
Captura de pantalla modificada 19. Inserción de producto .....	127
Captura de pantalla modificada 20. Ventana de entradas .....	128
Captura de pantalla modificada 21. Insertar entradas .....	128
Captura de pantalla modificada 22. Nuevo escenario de residuo.....	129
Captura de pantalla modificada 23. Fases del producto.....	129
captura de pantalla modificada 24. Insertar nuevo montaje .....	130
Captura de pantalla modificada 25. Inspección de los resultados del modelo .....	131
captura de pantalla modificada 26. Introducción entradas/salidas .....	131
Captura de pantalla modificada 27. Modelo de inspección de los resultados .....	132
Captura de pantalla modificada 28. Nuevo escenario de disposición final.....	132
Captura de pantalla modificada 29. Parámetros.....	133
Captura de pantalla modificada 30. Tabla de parámetros .....	134

Captura de pantalla modificada 31. Funciones matemáticas y lógicas .....	135
Captura de pantalla modificada 32. Ventana de resultados de ICV .....	136
Captura de pantalla modificada 33. Evaluación de impacto con otro método de EICV .....	137
Captura de pantalla modificada 34. Referencia bibliográfica .....	138
Captura de pantalla modificada 35. Sustancias .....	138

## 1. INTRODUCCIÓN A LA TEMÁTICA

### 1.1 DEFINICIÓN DE CICLO DE VIDA

Dentro de nuestra sociedad una de las grandes prioridades debería ser la minimización de los impactos ambientales generados por el desarrollo de nuestras actividades, reforzando la utilización eficiente de los recursos disponibles en la Tierra.

La incorporación de criterios ambientales en las actividades, realizadas por el ser humano, se articula a través del sistema de gestión del medio ambiente, basado en un conjunto de normas, herramientas e indicadores de aplicación en las organizaciones y empresas.

Muchas de las empresas que implantan normativa ambiental solo consideran los impactos ambientales de sus productos y servicios hasta la entrega al consumidor o comprados, pero no hasta el final de su vida útil. Cuando es necesario tener en cuenta un producto o servicio desde el inicio, con la extracción de las materias primas necesarias, hasta su final de utilización para poder identificar los aspectos ambientales relevantes del producto y saber qué hacer con ellos.

El concepto que lo define es ciclo de vida, que se entiende como la secuencia de transformaciones o etapas de los materiales que conforman un producto, desde su fase de extracción hasta el procesamiento de reciclado, para terminar formando nuevos productos o parte de ellos. Las etapas del ciclo de vida aplicables a un producto variarán dependiendo de la actividad, producto o servicio que sea.

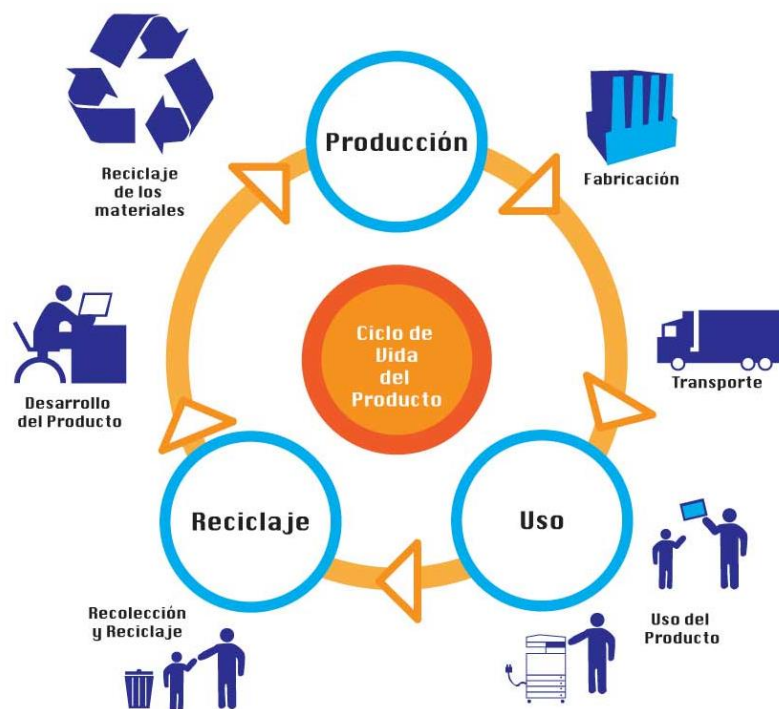


Figura 1. Ciclo de vida de un producto. Fuente: Ecodiseño, 2011 ([http://elcambiooportuno.blogspot.com.es/2011\\_09\\_01\\_archive.html](http://elcambiooportuno.blogspot.com.es/2011_09_01_archive.html))

Actualmente existen herramientas (como huellas ecológicas, de carbono, hídrica, entre otras) que nos permiten evaluar el impacto ambiental que los productos o servicios provocan en el medio ambiente. Cuanto más detallado y más etapas contemple el ciclo de vida un producto mayor facilidad y fiabilidad tendrán los datos ambientales obtenidos. El ideal de ciclo de vida sería que

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

fuera un proceso cerrado e infinito (se ve en la siguiente imagen) para que el impacto pudiera ser el menor posible.

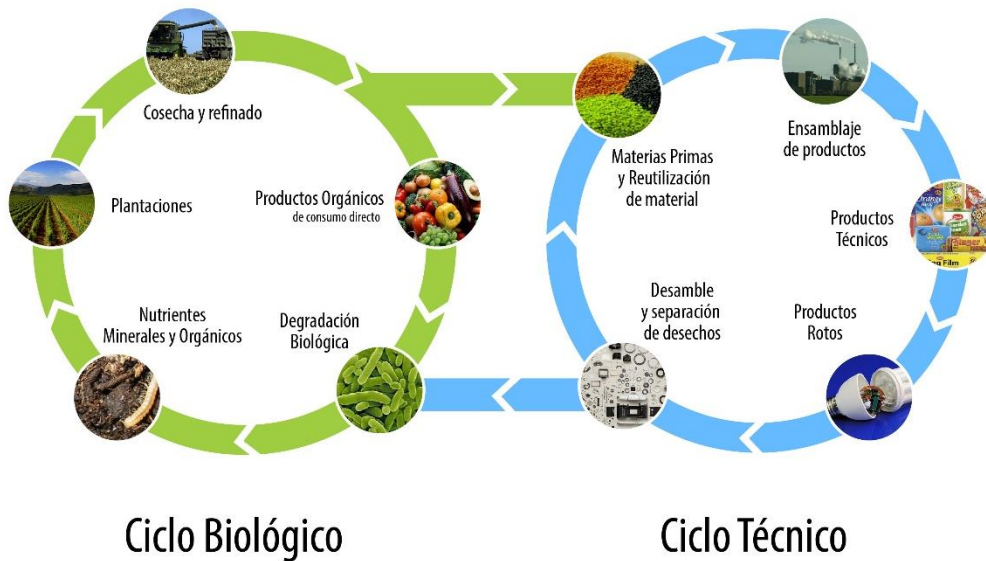


Figura 2. Ciclo de vida "infinito". Fuente: El ciclo de vida de un producto, 2016 (www.raeutilizarte.com)

Para el control del desarrollo de las actividades de las distintas etapas del ciclo de vida de un producto o servicio, en materia de protección ambiental, existe el Sistema de Gestión Ambiental (SGA, en adelante).

Un SGA dentro de una organización o empresa debe asegurar que se tiene en cuenta la prevención y minimización de los efectos sobre el entorno. La norma de aplicación es la UNE-EN ISO 14001:2015. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso y en esta norma aparece por primera vez el término de ciclo de vida<sup>1</sup> a la hora de introducir los objetivos en el sistema de gestión ambiental.

<sup>1</sup> La definición del término de ciclo de vida que aparece en la norma UNE-EN ISO 14001:2015 en el apartado 3.3.3 es: "Ciclo de vida: etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto (o servicio), desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta su disposición final"

*Nota: Las etapas del ciclo de vida incluyen la adquisición de materias primas, el diseño, la producción, el transporte/entrega, el uso, el tratamiento al finalizar la vida y la disposición final.*

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Figura 3. Beneficios de los SGA para el ciclo de vida de productos. Fuente: Costa, 2015  
(<https://www.slideshare.net/arturoacosta87/sistema-de-gestion-ambiental-ppt-2015-arturo-acosta/5?smtNoRedir=1>)

Entre las técnicas de gestión ambiental existentes destacan la evaluación del riesgo ambiental, la auditoría ambiental y la evaluación del impacto ambiental, definidas brevemente a continuación.

- La evaluación de riesgo ambiental (ERA) consiste en la recopilación de información sobre los riesgos ambientales, que en una determinada instalación están asociados a los peligros inherentes a determinados procesos y situaciones, para determinar el impacto ambiental de una actividad humana determinada y se usa para facilitar la toma de decisiones al respecto.
- Las auditorías ambientales son aquellas en las que se evalúa la eficacia, los logros y la posición medioambiental de una organización o empresa.
- La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) consiste en la recopilación de información, análisis y predicción de los posibles efectos de la ejecución de una determinada obra o proyecto causa sobre el medio ambiente.

Con los sistemas de gestión ambiental las organizaciones pueden controlar en la forma en la que los productos y servicios se diseñan, fabrican, distribuyen, consumen y se eliminan utilizando la perspectiva del ciclo de vida, por lo que previenen los impactos ambientales que suceden al pasar de una etapa de ciclo de vida a otro.

En resumen y de acuerdo al punto de vista del medio ambiente y la sostenibilidad, se podría decir que el ciclo de vida es un concepto que permite medir el impacto ambiental de un producto desde que sus materias primas son extraídas de la naturaleza hasta que regresa a ella como un desecho final.

### 1.2 HERRAMIENTAS Y TIPOS PARA EL CICLO DE VIDA

Una forma de ayudar a integrar en los hábitos de consumo de la ciudadanía la información relativa al ciclo de vida es consultar las ecoetiquetas, los índices de sostenibilidad y los informes empresariales sobre temas ambientales y sociales (estos conceptos se definirán más adelante).

Existen muchas formas de poner en práctica el concepto de ciclo de vida aprovechando las diversas herramientas existentes. La necesidad de proporcionar respuestas adecuadas exige el empleo de estas herramientas que cuantifiquen y valoren las acciones y efectos a lo largo del ciclo

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

de vida de un producto, donde existen continuas interrelaciones entre el entorno ambiental, los materiales, la energía y emisiones.

En las áreas de ingeniería y diseño de empresas se aplica este concepto al diseñar productos y servicios con estudios basados en el Análisis de Ciclo de vida, el cálculo del Costo Total de Tener un Producto, programas de EcoDiseño<sup>2</sup> y sistemas de administración orientados a productos o instalaciones específicas.

Para extender el diseño ecológico de los productos es preciso generar y publicar información sobre su impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida. Los inventarios de ciclo de vida (ICV) y los Análisis de Ciclo de vida (ACV) son los instrumentos adecuados a este respecto.

Existen diversas herramientas (la mayoría en forma de software) que permiten el análisis ambiental de productos y sobre todo el análisis del impacto ambiental de las tecnologías utilizadas en el proceso de fabricación de dicho producto y de las fases posteriores de uso y su fin de vida.

Las herramientas cuantitativas y cualitativas para rastrear los ciclos de vida y medir impactos siguen evolucionando en la medida en que crece el número de expertos que aplican el concepto del ciclo de vida y demandan información sobre el tema.

Las cuantitativas de ACV: evalúan el impacto ambiental del producto explicándolo como consecuencia del uso de sustancias y procesos y cómo cada una de estas sustancias impacta de diferente manera sobre el medio ambiente. Ejemplos: Ecoindicador 99, MIPS (Material Intensity Per Unit of Service), CED (Cumulative Energy Demand), etc.

Las cualitativas ayudan a valorar atributos del producto como calidad, el confort, la estética, la funcionalidad, etc. y también evalúan el impacto ambiental del producto para poder tomar decisiones respecto a la selección de materiales certificados, adopción de procesos limpios, selección de proveedores, etc.

Otros instrumentos de apoyo para incentivar la adopción del ciclo de vida son:

- Como hemos mencionado anteriormente, Sistemas de Gestión Ambiental, a través de los cuales las empresas introducen la variable medioambiental en su sistema de gestión global. Para ello, pueden seguir como guía bien la Norma UNE-EN ISO o el Reglamento Europeo EMAS<sup>3</sup>.
- Programas de investigación, desarrollo e innovación. Los programas de investigación y desarrollo son un importante instrumento, ya que son una herramienta clave para promover la innovación de los productos, de manera que se consiguen productos con un menor impacto ambiental, por ejemplo menor consumo de recursos o generación de residuos, y al mismo tiempo sirven para satisfacer las necesidades del consumidor.

Estas herramientas suministran diversas informaciones útiles, como la relación de todos los recursos usados durante el ciclo de vida y también impiden el traslado de un problema; por

---

<sup>2</sup> EcoDiseño, la TU Delft University (Holanda) lo define como: nueva metodología para el diseño de productos en la cual se consideran los impactos ambientales en todas las etapas del proceso de diseño y desarrollo de productos para lograr productos que generen el mínimo impacto ambiental posible a lo largo de su proceso de vida.

<sup>3</sup> Reglamento Europeo EMAS es una herramienta de registro voluntaria diseñada para la inscripción y reconocimiento público de aquellas empresas y organizaciones que tienen implantado un sistema de gestión ambiental que les permite evaluar, gestionar y mejorar sus impactos ambientales, asegurando así un comportamiento excelente en este ámbito.

ejemplo, evitan que la solución a un problema ambiental particular ocasionen el deterioro de otra parte del ciclo de vida, o a otro vector ambiental.

Así, a la hora de elegir la herramienta más adecuada para valorar los aspectos medioambientales de un producto o proceso planteado, según el SETAC<sup>4</sup>, es necesario un análisis detallado que tenga en cuenta todos los puntos fuertes y débiles, como por ejemplo la potencialidad necesaria para alcanzar los objetivos pretendidos y así escoger la que mejor se adecue a las necesidades del usuario o promotor del estudio.

### 1.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En los últimos años, la conciencia por proteger del medio ambiente ha crecido significativamente, poniendo de manifiesto la necesidad de que todos los sectores productivos, incluido el constructivo, controlen y contribuyan a la reducción de las acciones perjudiciales para el medio ambiente.

La reducción de las emisiones contaminantes y del consumo de recursos o de los desechos puede reducir el impacto sobre el planeta. Igualmente puede resultar beneficioso para las empresas al disminuir sus gastos energéticos y de eliminación de residuos, además de acabar, o casi, con los gastos de descontaminación y aumentar su competitividad en el mercado.

Estas inversiones realizadas por las empresas tienen como objetivo determinar la compatibilidad ambiental de productos concretos teniendo en cuenta también fases previas y posteriores al proceso de realización propiamente dicho, como la obtención de materias primas, el transporte o el tratamiento de los residuos creados.

Una herramienta para ello, es el llamado Análisis de Ciclo de Vida (ACV, en adelante), que se utiliza para medir el impacto ambiental del ciclo de vida un producto desde su nacimiento hasta su tumba, es decir desde que se inicia el proceso de fabricación hasta que se vuelve inservible o consideramos que no puede reutilizarse. Es así como la empresa consigue un conocimiento real de los efectos nocivos que sus productos tienen sobre el medio ambiente.

El ACV surge en Estados Unidos y en Europa prácticamente de forma simultánea entre finales de los años 60 y principios de los 70 cuando un científico preocupado por el consumo de combustibles fósiles, lo desarrolló como una propuesta para comprender los impactos del consumo de energía.

En 1969 la organización americana, Midwest Research Institute<sup>5</sup>, realizó el primer trabajo relacionado con el ACV, que tenía como objetivo reducir el consumo de los recursos y la cantidad de emisiones al ambiente, generados durante la fabricación de envases de una gran compañía.

Otro hecho importante se da tres años más adelante, en 1972 se realizó la primera gran conferencia mundial de la ONU con la participación de 117 países, la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, o Conferencia de Estocolmo. La conferencia fue abierta y permitió discutir el

---

<sup>4</sup> SETAC (Sociedad de Química y Toxicología Ambiental) es una organización dedicada al estudio, análisis y resolución de problemas ambientales, gestión de recursos naturales, investigación y desarrollo sobre problemáticas ambientales.

<sup>5</sup> Midwest Research Institute o actualmente MRIGlobal, es una organización americana independiente dedicada a la investigación en las áreas de seguridad, ciencias de la vida, la energía y medio ambiente, la agricultura y la seguridad alimentaria, la ingeniería y la infraestructura.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

estado del medio ambiente mundial y acordar una Declaración de 26 principios sobre el medio ambiente y el desarrollo, un plan de acción con recomendaciones y una conclusión.

Esta cumbre tuvo un impacto real en políticas medioambientales a nivel europeo, ya que en 1973 se creó la primera Directriz sobre Protección del Medio Ambiente y los Consumidores, y compuso se compuso el primer Programa de Acción Ambiental.

A principios de 1970, la evaluación del Ciclo de Vida se encontraba principalmente en energía y materias primas, pero más tarde también se incluyeron en los cálculos emisiones al aire, emisiones al agua y desechos sólidos. Aunque en Europa no fue hasta 1980 que se desarrolla un método para cuantificar el impacto del producto en distintas categorías de problemas ambientales.

Para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y consumo de las emisiones mundiales, en 1987 se negocia el Protocolo de Montreal. Este acuerdo aunque fue negociado en 1987 no entró en vigor hasta 1989, desde ese momento fue revisado en varias ocasiones (la última en Pekín en 1999). Se cree que si se cumplen los objetivos propuestos que se negociaron en 2050 la capa de ozono podría recuperarse.

En 1979 se funda SETAC<sup>6</sup> para llenar un vacío existente de comunicación interdisciplinaria entre científicos-biólogos ambientales, químicos, toxicólogos, así como gerentes e ingenieros u otras personas interesadas en los temas ambientales. Esta sociedad dirigió y desarrollo discusiones científicas acerca del ACV y en 1993 formuló el código de prácticas para el ACV que tiene como fin homogeneizar los estudios que se realizan para que estos tengan una misma metodología.

SETAC define el ACV como: *“El ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias para la mejora ambiental.”*

En la conferencia de SETAC de 1990 en Vermont fue la primera en analizar el ACV en tres etapas principales:

1. Inventario: en el cual los datos que describen el sistema son recolectados y convertidos a un formato estándar para proveer una descripción de las características físicas del sistema de interés.
2. Interpretación: en esta etapa los datos físicos del inventario son relacionados con problemas ambientales observables.
3. Mejora: el sistema es modificado de alguna manera para reducir o aminorar los impactos ambientales observables. (4)

A partir de este impulso el desarrollo de ACV en áreas de interés mundial y se realizaron talleres, conferencias y políticas sobre este tema. En 1983 fue creada la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED) y fue la encargada de presentar, en 1987, el informe “Nuestro futuro común” (más comúnmente denominado Informe Brundtland).

---

<sup>6</sup> SETAC: Sociedad de Toxicología y Química Ambiental dedicada a apoyar el desarrollo de los principios y prácticas para la protección, crear herramientas para la gestión de la calidad ambiental sostenible y mejorar de la integridad del ecosistema global.



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

El informe Brundtland<sup>7</sup> (1987) fue elaborado para la ONU y donde se utilizó por primera vez el término “desarrollo sostenible”, definido como “*el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades futuras generaciones*”. También puso de manifiesto la necesidad de llevar a cabo una nueva conferencia a nivel mundial, ya que los objetivos propuestos en otras conferencias no se estaban cumpliendo.

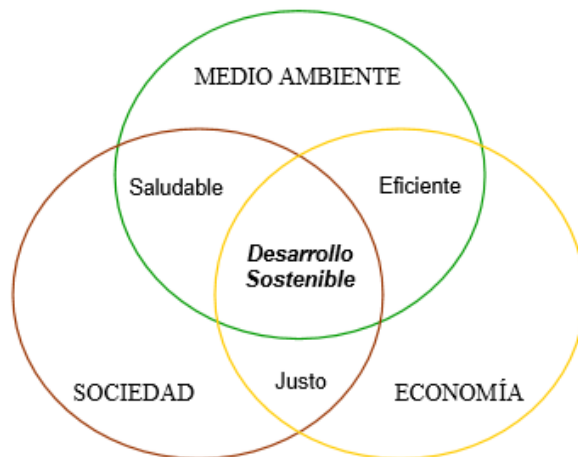


Figura 4. Los tres pilares del desarrollo sostenible. Fuente: De La Rúa (2009)

La conferencia a nivel mundial fue la Conferencia Sobre Medio Ambiente y Desarrollo en La Cumbre de Río de Janeiro (1992), supuso una marca en la historia por la conservación del medio ambiente, con una asistencia de 178 países. Fue creada con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevo niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la tierra, nuestro hogar.

En esta Cumbre, los países más desarrollados se comprometieron a intentar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, para el año 2000, a los niveles existentes en 1990.

El programa 21, aprobado el 14 de junio de 1992, surge como respuesta en esta Cumbre. Se trata de un programa de acción amplio (hasta el siglo XXI) que aplicarían los gobiernos, los organismos de desarrollo, las organizaciones de las Naciones Unidas y grupos del Sector independiente de todas las áreas en las cuales la actividad económica humana tenga efectos sobre el medio ambiente.

---

<sup>7</sup> El informe Brundtland es un informe realizado por diferentes naciones, encabezado por la ex-primera ministra noruega Gro Harlem Brundland, para la ONU. En este informe se debate la postura de desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental con el propósito de analizar, criticar y replantear las políticas de desarrollo económico globalizador, reconociendo que el avance social supone un costo medioambiental elevado. Sus objetivos han sido:

- Realizar restricciones ecológicas, para la conservación de nuestro planeta.
- Proteger los sistemas naturales que sostienen la vida en la Tierra.
- La conservación de los ecosistemas debe estar subordinada al bienestar humano, pues no todos los ecosistemas pueden ser conservados en su estado virgen.
- El uso de recursos no renovables debe ser lo más eficiente posible.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

A partir de la Cumbre, surge como resultado el trabajo del SAGE<sup>8</sup>, en 1993, a partir de esto, la ISO creó el Comité Técnico 207, encargado del desarrollo de normas sobre Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), las que deberán incluir un amplio rango de disciplinas ambientales. Estas normas están agrupadas en las UNE-EN ISO 14000<sup>9</sup>. El subcomité SC 5 desarrolla la normalización referente al Análisis de Ciclo de Vida. Hasta el Año 2006, el contexto normativo era el siguiente:

- UNE-EN ISO 14040: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Estructura.
- UNE-EN ISO 14041: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Definición de Objetivos y Alcance y análisis de inventario.
- UNE-EN ISO 14042: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- UNE-EN ISO 14043: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Interpretación de Ciclo de Vida

En el año 2006, las normas enumeradas fueron anuladas y sustituidas por las siguientes:

- UNE-EN ISO 14040: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

Dentro del mundo del desarrollo y arquitectura sostenible también aparecen numerosos autores como Margarita de Luxán<sup>10</sup> (1996) que relata en «Arquitectura integrada en el medio ambiente» lo siguiente:

*“Habitualmente al hablar de alojamiento, se valora la adecuación o la conciencia energética de los edificios en función solamente del gasto o ahorro energético en la climatización e iluminación durante su uso, así como la contaminación que produce en su entorno inmediato. Sin embargo, las relaciones entre edificación y medio ambiente son mucho más extensas y complejas.*

*Si se analiza la actividad entera que implica una construcción, se habrá de valorar su incidencia medioambiental en todo el proceso:*

- *Extracción de rocas, minerales y materiales de todo tipo.*
- *Gastos energéticos y procedimientos para la fabricación de sistemas y equipos de instalaciones.*

---

<sup>8</sup> SAGE: Grupo Estratégico de Consultas en el Ambiente, encargado de desarrollar:

- Un enfoque común de la gestión ambiental similar a la administración de la calidad;
- La capacidad de alcanzar y medir mejoras en el desempeño ambiental;
- Normas internacionales para facilitar el comercio y eliminar las barreras comerciales.

<sup>9</sup>UNE-EN ISO 14000: serie de normas creadas por ISO (Organización Internacional de Normalización) que cubre aspectos del ambiente, productos y organizaciones.

<sup>10</sup> Margarita de Luxán: Dra. Arquitecta, Catedrática de la UPM desde 1999. Directora del Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente (S.A.I.M.A.), U.P.M., 1980-2006. Ha elaborado varios manuales con Recomendaciones de adecuación energética y Edificaciones Bioclimáticas.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- *Transporte de materiales, elementos y equipos.*
- *Puesta en obra, medios y maquinaria.*
- *Mantenimiento y uso.*
- *Reutilización y procedimientos para cambios de uso.*
- *Derribo y derivaciones del abandono de las edificaciones.*

*Al relacionar cada una de estas fases con los principales problemas medioambientales, se descubre la verdadera extensión de las repercusiones derivadas de la construcción.”*

Con esto, la autora está reivindicando el ACV como una herramienta necesaria para descubrir la incidencia de la construcción en los problemas medioambientales, por lo que es preciso analizar minuciosamente por entero el proceso que engloba la edificación.

Y en esa misma línea posteriormente a la Cumbre de Río, se celebra en Kioto en diciembre de 1997, a raíz de un informe del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), en el que se demuestra la evidencia de la influencia del ser humano sobre el clima, algunos países desarrollados se comprometieron a reducir las emisiones con respecto al año base (1990), para el período comprendido entre 2008 y 2012. Este acuerdo derivado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), se conoce como Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto<sup>11</sup> (1997) promueve el desarrollo sostenible e invita a todas las partes a aplicar políticas y medidas de protección en contra de gases de efecto invernadero. Los compromisos asumidos por la Unión Europea para su cumplimiento conjunto por los Estados miembros, requieren de acciones importantes en el campo de la edificación y la construcción de ciudades porque los sectores difusos de la edificación y el transporte constituyen una de las principales fuentes de emisión de dióxido de carbono a la atmosfera.

El acuerdo internacional tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre.

Además de limitar las emisiones en las cuotas asignadas los países firmantes se comprometieron a cumplir los siguientes puntos<sup>12</sup>:

- Fomentar las energías renovables y promover la investigación sobre nuevas fuentes de energía.
- Proteger y fomentar los sumideros, promocionando la gestión forestal sostenible, la forestación, la reforestación y promoviendo la agricultura sostenible.
- Reducir y eliminar gradualmente las deficiencias de mercado en general que sean contrarios a los objetivos adquiridos de reducción de emisiones.

---

<sup>11</sup> Protocolo de Kioto (1997): tratado internacional que cuenta con medidas energéticas, en particular, compromisos jurídicamente vinculantes de reducción o limitación de emisiones. Entró en vigor en febrero de 2005 y establece, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los principales países desarrollados (los países en desarrollo no estaban obligados) y economías en transición, con un calendario de cumplimiento. Las emisiones de gases de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el periodo 2008-2012.

<sup>12</sup> Los puntos de compromiso redactados son obtenidos del apartado 1.2.1. Un poco de historia del libro Huella ecológica y desarrollo sostenible, cuyo autor es Juan Luis Doménech.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Establecer medidas para reducir, el sector del transporte, las emisiones o controladas por el Convenio de Montreal.
- Formular programas nacionales o regionales para mejorar los factores de emisión limitando el aumento de emisiones.
- Formular, aplicar, publicar y actualizar periódicamente programas con medidas para mitigar el cambio climático y facilitar una adaptación adecuada al cambio climático.
- Presentación de información sobre las medidas adoptadas para el cumplimiento de las anteriores obligaciones.
- Promover la transferencia de tecnologías y procedimientos ecológicamente racionales a los países en vías de desarrollo.
- Cooperar en investigaciones para reducir las incertidumbres relacionadas con el medio ambiente.
- Informar sobre el cambio climático y fomentar su conocimiento.

En caso de no cumplimiento de la reducción de las emisiones los países se verían sometidos a sanciones económicas.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (The United Nations Environmental Programme, UNEP) es otro agente de la difusión a escala mundial del ACV, promoviendo y apoyando a los gobiernos y empresarios para la aplicación que contribuyan al desarrollo sostenible.

En 2002 se lanzó oficialmente en Praga la Iniciativa de Ciclo de Vida de la UNEP-SETAC (UNEP-SETAC Life Cycle Initiative) para fomentar el concepto de ciclo de vida en las poblaciones con el objetivo de conseguir producciones y consumos más sostenibles. Estos objetivos se ratificaron en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo (Sudáfrica) ese mismo año.

A finales de los 90 se alcanza una masa crítica que permite la puesta en marcha de congresos científico-técnicos específicos en la materia (todos los descritos hasta ahora) y en el comienzo y también en Europa con publicaciones como la del estudio “Ecodesign: European State of the Art”, el cual recopilaba experiencias de diversos países europeos y el “Ecodesign Strategies for Dissemination to SME’s”, con el que impulsó el uso de prácticas ambientales en pymes.

En 2001 la comisión europea presenta el Libro Verde<sup>13</sup> para reforzar la política medioambiental relativa a los productos con objeto de promover el desarrollo de un mercado de productos más ecológicos y suscitar un debate público sobre este tema.

---

<sup>13</sup> El Libro Verde tiene por objeto iniciar un amplio debate sobre cómo podría fomentar la Unión Europea la responsabilidad social de las empresas a nivel europeo e internacional, en particular sobre cómo aprovechar al máximo las experiencias existentes, fomentar el desarrollo de prácticas innovadoras, aumentar la transparencia e incrementar la fiabilidad de la evaluación y la validación. Propone un enfoque basado en asociaciones más profundas en las que todos los agentes desempeñen un papel activo.

Los factores que han impulsado el avance de la responsabilidad social de las empresas son:

- Nuevas inquietudes y expectativas por el cambio industrial a gran escala.
- La influencia cada vez mayor de los criterios sociales en las decisiones de inversión.
- La preocupación cada vez mayor sobre el deterioro medioambiental provocado por la actividad económica.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Entre los congresos científico- técnicos específicos podemos destacar: “1ª Conferencia Internacional sobre Gestión del Ciclo de Vida” (LCM2001) en Copenhague y que tiene como continuación la “2ª Conferencia Internacional sobre Gestión del Ciclo de Vida” (LCM2005) en 2005 en Barcelona. En esta última, se analizó en profundidad la aplicación del ACV a la agricultura, gestión de residuos y energía a través de diversos casos prácticos. Entre los principales retos para el futuro se planteó incluir factores sociales en el análisis y el integrar el ACV con otras herramientas.

En Zurich (Hellweg 2008) se celebra otra conferencia en la que ya se trata específicamente la aplicación del ACV y su normativa en campos tan diversos como la industria química, generación de energía por biomasa, transporte o producción de productos metálicos. Entre los principales retos que se plantearon se encuentra la mejora de las bases de datos y de algunas categorías de impacto, como por ejemplo la de uso del suelo.

En 2015 el Acuerdo de París, acuerdo dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, establece medidas para reducción las emisiones de los gases de efecto invernadero, a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global.

En Artículo 2, del propio texto del Acuerdo de París se establecen las siguientes acciones:

- a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;
- b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos;
- c) Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

Su aplicación sería para el año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kioto.

Además de los congresos, normativas y artículos aparecen los software para hacer Análisis de Ciclo de vida (ACV) y calcular huellas de carbono. Los programas facilitan el desarrollo de un estudio de ACV, especialmente las fases de inventario, evaluación de impactos e interpretación de resultados.

Los dos más utilizados son el SimaPro y GaBi, ambos pueden utilizarse para evaluar cualquier tipo de producto o proceso y están sujetos a diferentes tipos de licencia con coste. Pero una alternativa a ellos es el Open LCA un proyecto de un software gratuito que se lleva desarrollando desde 2006, que permite desarrollar los cálculos de ACV, mientras que dos plugins adicionales facilitan la conversión de diferentes formatos de datos de ACV, por un lado, y el análisis de la incertidumbre de los resultados, por el otro.

En países como Francia, Alemania, Países Bajos y Reino Unido, estos últimos años, la legislación está empezando a impulsar a la industria hacia una solución constructiva más sostenible. Donde los fabricantes de productos tendrán que demostrar que son los más medioambientalmente sostenibles y que están fabricados como ellos dicen que se fabrican. El impacto ambiental de los

---

- La transparencia de las actividades empresariales propiciada por los medios de comunicación y las modernas tecnologías de información y comunicación.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

productos se tiene en cuenta con los datos de ACV y comparando DAPs en lugar de tener en cuenta etiquetas ecológicas<sup>14</sup> que pueden carecer de credibilidad.

Algunos líderes de la industria piensan que la información tipo ACV podría ser integrada en un futuro como un mercado europeo, por lo que algunas empresas han empezado a incluir las principales categorías de impacto en las fichas técnicas de los productos abriendo así estos datos a todos los usuarios que las consulten.

En España, además existen asociaciones como GBCe<sup>15</sup>, que es una asociación sin ánimo de lucro que trabaja desde hace años para la promoción y desarrollo de la edificación sostenible.

Esta asociación ha firmado un convenio de colaboración con la Catedra Unesco de Ciclo de Vida y Cambio Climático (ESCI-UPF), miembro fundador del proyecto europeo Construction21 y responsable de su implementación en España, para el establecimiento de Construction21 España.

Construction21 es un proyecto europeo que tiene como objetivo promocionar y descubrir edificios, soluciones constructivas y productos innovadores que, desde la perspectiva de ciclo de vida, supongan soluciones reales de ahorro y eficiencia energética y de reducción de las emisiones de gases invernadero. Además a través de la colaboración de una red de expertos europeos, se quiere impulsar el dialogo e intercambio sobre buenas prácticas entre los agentes claves del sector.

Otra forma de implementar también el ACV es en la tecnología BIM, así a cada producto de la construcción se le da un identificador de impacto ambiental en una base de datos, y este está linkeado a las herramientas BIM que el arquitecto o ingeniero esté utilizando, se convierte en una tarea relativamente fácil ver las propiedades medioambientales reales ya en la fase de diseño. Ayudará al arquitecto a tomar las decisiones correctas a la hora de escoger el material desde el principio.

En los últimos años, el sector ambiental en que se integra el Análisis de Ciclo de vida, supone una posible área de desarrollo profesional que está empezando a exigir profesionales especializados y con conocimientos necesarios sobre el tema.

El ACV es una herramienta para la gestión ambiental que puede traer muchos beneficios para las empresas ya que ayuda en la toma de decisiones y a saber cuáles son las mejores acciones que deben poner en práctica para asegurarse que en la medida de lo posible los productos que fabrica tengan menor impacto en el medio ambiente.

Las empresas en la actualidad se desarrollan en un medio altamente competitivo donde los consumidores prefieren productos que no dañen al medio ambiente o lo hagan de forma mínima y esto es una necesidad creciente debido a todos los cambios que se viven en el medio ambiente.

---

<sup>14</sup> Etiqueta ecológica: identifica de forma voluntaria productos que tienen un impacto ambiental reducido. Para la concesión de esta etiqueta se tienen en cuenta los impactos en: el uso de los recursos naturales y energía; emisiones a la atmósfera, agua y suelo; deposición de los residuos; ruido y efectos sobre los ecosistemas.

<sup>15</sup> GBCe: Green Building Council España se constituye como portavoz e interlocutor en todo lo relativo a la sostenibilidad en la edificación de nuestro país. Proporciona herramientas para la evaluación y certificación de la sostenibilidad de los edificios, desarrollan actividades de cooperación e investigación y contribuyen a la difusión de los principios y buenas prácticas en el diseño y construcción de edificios sostenibles.

### 1.4 NORMATIVA APLICABLE

Las ISO 14000 son normas que se refieren a la gestión ambiental de las organizaciones. Los estándares que promueven las normas ISO 14000 están diseñados para proveer un modelo eficaz de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA).

Dentro de la familia de norma ISO 14000 encontramos las normativas de utilización para la Gestión Ambiental y el Análisis de Ciclo de Vida.

La norma UNE-EN ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. *Esta norma proporciona un marco de referencia para la protección del medio ambiente y responde a las condiciones ambientales cambiantes, que permitan que una organización logre los resultados previstos que ha establecido para su sistema de gestión ambiental.* Las organizaciones necesitan determinar los aspectos ambientales que están dentro del alcance de su sistema de gestión ambiental por lo que deben tener en cuenta los elementos de entrada y salida asociados y esto puede conseguirse considerando una perspectiva de ciclo de vida.

La normativa aplicable que regula la metodología del Análisis de Ciclo de Vida se detalla a continuación:

- UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. Ofrece una visión general de la práctica, aplicaciones y limitaciones del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en relación a un amplio rango de usuarios potenciales. En esta norma se describen los principios y el marco de referencia: definición del objetivo y el alcance, el análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV), la fase de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), la fase de interpretación del ciclo de vida, el informe y la revisión crítica, limitaciones y la relación entre fases del ACV.
- UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Especifica los requisitos y ofrece directrices concretas para la realización de un ACV entre los que se encuentran: la definición del objetivo y alcance, el análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV), la fase de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), la fase de interpretación del ciclo de vida, el informe final y la revisión crítica.

Normas de consulta y ayuda para la aplicación de las anteriores:

- ISO/TR 14047:2012 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la norma ISO 14044 a situaciones de evaluación de impacto. Proporciona ejemplos que ilustran las prácticas habituales a la hora de llevar a cabo la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)
- ISO/TS 14048:2002 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Formato de documentación de datos. Proporciona una estructura de formato para los datos, necesaria para conseguir que la documentación sea coherente, transparente y no dé lugar a errores o e equivocaciones durante su utilización.
- ISO/TR 14049: 2012 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la ISO 14044 para la definición de objetivo y alcance y el análisis de inventario. Proporciona ejemplos que ilustran como se debe hacer la definición de objetivos y alcances y del análisis de inventario para poder hacer un correcto análisis siguiendo la ISO 14044.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Una vez realizado el Análisis del Ciclo de Vida, las posibles aplicaciones del ACV se regulan con la siguiente normativa:

- Ecoeficiencia: UNE-EN ISO 14045:2012 Gestión Ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia de los sistemas de productos. Principios, requisitos y directrices. Se detallan los requisitos que se deben aplicar para llevar a cabo una evaluación de la Ecoeficiencia, con el fin de cumplir unos objetivos ambientales y conseguir un planeta más sostenible.
- Ecodiseño: UNE-EN ISO 14006:2011 Sistemas de Gestión Ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño. Ayuda a organizaciones, que tienen implantada la norma ISO 14001, a establecer y mejorar su gestión ambiental de ecodiseño.
- Etiquetado ambiental: UNE-EN ISO 14020:2000 Etiquetas y declaraciones medioambientales. Principios Generales. Ofrece un marco genérico que debe considerarse para el desarrollo de las ecoetiquetas y declaraciones ambientales de producto. es la norma genérica de la cual surgen:
  - UNE-EN ISO 14024:1999 Etiquetas y declaraciones ambientales. Etiquetado ambiental de tipo I. Principios y procedimientos.
  - UNE-EN ISO 14021:2016 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales autodeclaradas (etiquetado ambiental tipo II)
  - UNE-EN ISO 14025:2006 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos.
- Huella de Carbono: las normativas aplicables para el cálculo de la huella de carbono se clasifican atendiendo al foco de emisiones sobre el que se centran.
  - UNE-EN ISO 14064: contiene los criterios para la contabilización y verificación de los gases de efecto invernadero. Se divide en tres partes:
    - ISO 14064-1:2006 Gases de efecto invernadero – Parte 1: Especificaciones para cuantificar, monitorizar e informar sobre emisiones de gases de efecto invernadero (y su remoción) a nivel de las Organizaciones.
    - ISO 14064-2:2006 Gases de efecto invernadero – Parte 2: Especificaciones para cuantificar, monitorear e informar sobre emisiones de gases de efecto invernadero (y su remoción) a niveles de Proyectos.
    - ISO 14064-3:2006 Gases de efecto invernadero – Parte 3: Especificaciones para la validación y verificación de aseveraciones sobre gases de efecto invernadero.
  - UNE-EN ISO 14065:2013 Gases de efecto invernadero. Requisitos para los organismos de validación y verificación de gases de efecto invernadero para su utilización en la acreditación u otras formas de reconocimiento.
  - UNE-EN ISO 14066:2011 Gases de efecto invernadero. Requisitos de competencia para los equipos de validación de gases de efecto invernadero y los equipos de verificación. Contempla detalles de las competencias personales no incluidas en la 14065.



- UNE-EN 14067:2013 Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de los productos. Requisitos y directrices para la cuantificación y la comunicación. Esta norma basada en la metodología de ciclo de vida contenida en las normas ISO 14040 y 14044, especifica criterios y requisitos para los estudios que cuantifiquen la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de un producto.

La normativa aplicable para la sostenibilidad en la construcción es la norma: UNE-EN ISO 15978:2012 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento de los edificios. Métodos de cálculo. Esta norma, basada en el análisis de ciclo de vida (ACV), permite evaluar el comportamiento ambiental de un edificio (sea un edificio nuevo, uno existente o proyecto de rehabilitación), e indica cómo elaborar un informe y comunicar los resultados de la evolución. El método de evaluación cubre todas las etapas del ciclo de vida del edificio y se basa en los datos obtenidos de las Declaraciones Ambientales de producto (DAP).

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

#### 2.1.1 DEFINICIÓN DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Una de las diversas técnicas de gestión ambiental existentes, para tratar los impactos ambientales, es el ACV.

El ACV trata los aspectos ambientales e impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, desde la cuna a la tumba, es decir, desde la adquisición de materia prima, la producción, el uso, su reciclado, hasta su disposición final.

No existe un único método para realizar un estudio de ACV. Las organizaciones tienen flexibilidad para implantar un ACV según lo establecido en la normativa aplicable y de acuerdo con la aplicación prevista y los requisitos de la organización.

Actualmente existen normas de aplicación específicas para el Análisis de Ciclo de Vida, desarrolladas por AENOR, que son:

- UNE-EN ISO 14040:2006. *Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.*

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- UNE-EN ISO 14044:2006. *Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.*

La norma UNE-EN ISO 14040:2006 define el Análisis de Ciclo de Vida como: un estudio que hace una recopilación y evaluación de las entradas (materia y energía), las salidas (productos, residuos y emisiones) y los impactos ambientales potenciales de un sistema de producto<sup>16</sup> a través de su ciclo de vida.

La principal característica de esta herramienta es su enfoque holístico, es decir, que se basa en idea de que todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas solo de manera individual por las partes que lo componen. Es necesaria la integración total de todos los aspectos que participan; de ahí el concepto de tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema.

Los elementos que se tienen en cuenta dentro el ACV, comúnmente se conocen como inputs/outputs (entradas/salidas):

- Inputs o entradas: uso de recursos y materias primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía, etc., que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema.
- Outputs/salidas: Emisiones al aire, al agua y al suelo, así como los residuos y los subproductos que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema.

La manera y forma en la que se recopilan estas entradas/salidas se conoce como Inventario de ciclo de vida (ICV), y es la fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas/salidas de un sistema durante su ciclo de vida.

El ACV de un producto debería incluir todas las entradas/salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida.

---

<sup>16</sup> Un sistema de producto es el conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto.

El flujo de producto son productos que entran o salen de un sistema de producto hacia otro y el flujo elemental es la materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del ambiente sin transformación previa, y que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.



Figura 5. Entradas y salidas en un ciclo de vida. Fuente: Enfoque ecológico del Desarrollo Sostenible (www.emaze.com)

### 2.1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ALCANCE DEL ACV

Dentro del concepto de ACV podemos distinguir diferentes tipos, que en general, pueden clasificarse en tres:

1. De la Cuna a la Tumba (Cradle to Grave): el ACV de un producto debe incluir todas las entradas/salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida:
  - Materias primas: incluyendo la extracción, manufactura y transporte.
  - Fabricación: actividades necesarias para el procesado de los materiales necesarios para la manufactura de componentes.
  - Almacenaje: se almacena el producto mientras no es distribuido.
  - Distribución: transporte del producto desde la fábrica hasta el cliente final.
  - Uso del producto: utilización del cliente o consumidor del producto.
  - Disposición: su reciclaje y/o la gestión final, el producto se “devuelve” al medio ambiente como residuo.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Figura 6. Etapas del ciclo de vida del producto de la cuna a la tumba. Fuente: Estévez, 2016 (<http://www.ecointeligencia.com/2016/05/acv-marco-normativo/>)

En este proceso de ACV se analizan todas las etapas del ciclo de vida del producto desde la perspectiva de que todas ellas son interdependientes, es decir, que un proceso conduce al siguiente.

2. De Cuna a Puerta (Cradle to Gate): el alcance del sistema se limita a las entradas/salidas desde que se obtienen las materias primas hasta que el producto se pone en el mercado. Incluye:
  - a. Materias primas: incluyendo la extracción y manufactura
  - b. Transporte a la planta de fabricación/montaje.
  - c. Fabricación: actividades necesarias para el procesado de los materiales necesarios para la manufactura de componentes.
3. De puerta a puerta (Gate to Gate): tiene únicamente en cuenta las entradas/salidas del sistema productivo (procesos de fabricación).
4. De cuna a cuna (Cradle to Cradle): es un modelo que propone la retroalimentación dentro de los ciclos de vida, no genera gasto ni contaminación y supone el cierre completo de los ciclos de productos (al igual que en los ecosistemas del planeta, no existe la basura).

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

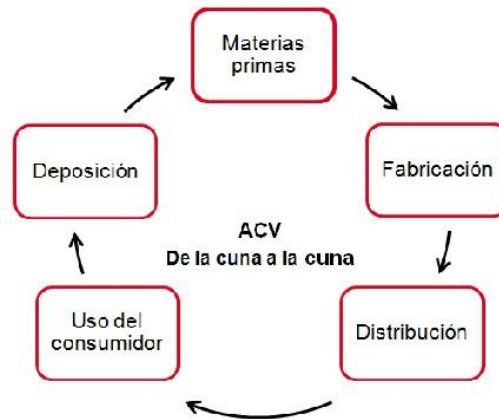


Figura 7. De la cuna a la cuna. Fuente: Ciclo de vida de producto (2014) <https://twenergy.com/a/ciclo-de-vida-de-producto-1398>

A continuación se muestra un esquema en el que se pueden ver los cuatro tipos de ciclo de vida según el alcance del ACV.

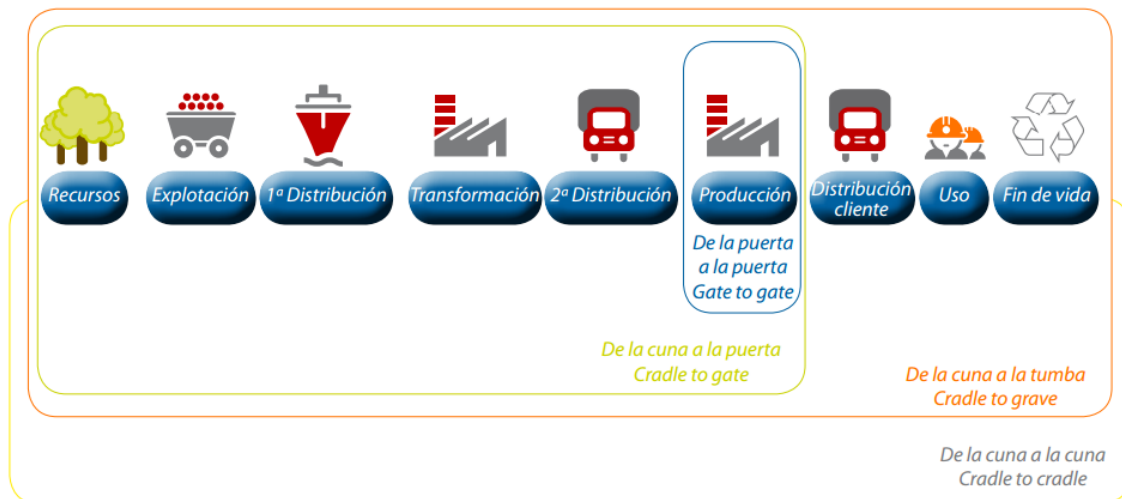


Figura 8. Tipos de ciclo de vida según alcance del ACV. Fuente: Análisis de ciclo de vida e ISO 14001 (<http://asertekgestion.blogspot.com.es/2016/05/analisis-de-ciclo-de-vida-e-iso.html>)

El enfoque “de la cuna a la cuna”, basado en tener en cuenta que las corrientes de salida del Fin de Vida del sistema pueden ser valoradas como materias primas y/o entradas al mismo sistema o a otro, está teniendo un importante reconocimiento en los últimos años, pero aún es complicado de conseguir.

Pero el alcance de todo el ciclo de vida (de la cuna a la tumba) es el único que nos asegura que las cargas medioambientales de una fase no se traspasan a otras fases del ciclo de vida. Esto significa que, por ejemplo, externalizar un proceso de nuestro sistema contratando a un proveedor externo, no nos evita la contabilización de la carga ambiental asociada a ese proceso. Aunque el mismo no esté en nuestra propia planta, el concepto holístico del ACV nos obliga a tenerlo en cuenta.

### 2.1.3 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DEL ACV

La suma total de entradas y salidas analizadas para los tipos de ciclo de vida sienta las bases para un posterior análisis y evaluación de los efectos medioambientales relacionados con el producto.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Esta agregación de recursos y emisiones hacia daños al medio ambiente y al ser humano es lo que se denomina Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

Da una visión general y una perspectiva que permite identificar y evitar cargas ambientales entre las diferentes etapas del ciclo de vida. EL ACV, según su aplicación, puede ser:

- informativo: facilita información para toma de decisiones de empresas, organizaciones gubernamentales, etc.
- comparativo: comparación entre productos para conseguir mejorar el desempeño ambiental, conseguir un etiquetado ambiental, para mejorar o elaborar una estrategia de marketing, etc.

El nivel de detalle y duración de un ACV pueden variar de manera considerable, dependiendo de la definición del objeto y el alcance.

No hay un método único para realizar un ACV. Las organizaciones tienen flexibilidad para implementar un ACV según está establecido en esta norma internacional, de acuerdo con la aplicación prevista y los requisitos de la organización.

La evaluación de los aspectos e impactos ambientales de los sistemas de producto se hace de forma sistemática, desde la adquisición de la materia prima hasta la disposición final, de acuerdo con el objetivo y alcance establecido.

El ACV trata los impactos ambientales potenciales; el ACV no predice impactos ambientales absolutos o precisos debido a:

- La integración de los datos ambientales en el espacio y en el tiempo.
- La incertidumbre inherente al modelar los impactos ambientales.
- Algunos impactos ambientales posibles sean claramente impactos futuros.

La interpretación del ciclo de vida utiliza un procedimiento sistemático para identificar, calificar, verificar, evaluar y presentar las conclusiones basadas en los hallazgos de un ACV, a fin de cumplir con los requisitos de aplicación del estudio. Además establece disposiciones para los vínculos entre un ACV y otras técnicas de gestión ambiental, enfatizando las fortalezas y las limitaciones de un ACV en relación con la definición de su objetivo y alcance.

Dentro de un estudio de ACV existen cuatro fases diferenciadas:

- a) Definición del objetivo y el alcance:
  - Objetivo: especificar aplicación y razones para realizar el estudio.
  - Alcance: depende del tema y del uso previsto del estudio. Es imprescindible que esté bien definido para asegurar que el estudio sea compatible y suficiente para alcanzar el objetivo establecido.
- b) La fase de análisis del inventario (ICV)<sup>17</sup>: es un inventario hecho de la recogida de los datos de entrada/salida para todos los procesos del sistema de producto y así cumplir los objetivos del estudio definido.

---

<sup>17</sup> En la norma 14040 se abarcan dos tipos de estudio: análisis de ciclo de vida (estudios de ACV) y análisis del inventario de ciclo de vida (estudios de ICV). Los estudios de ICV son similares a los estudios de ACV, pero excluyen la fase de EICV. No hay que confundir los estudios de ICV con la fase ICV de un estudio de ACV.

- c) La fase de evaluación del impacto ambiental (EICV): proporcionar información adicional para ayudar a evaluar los resultados del ICV en el que las entradas y salidas de un sistema del producto son traspasados a indicadores de potenciales impactos ambientales al medio ambiente, con el fin de comprender mejor su importancia ambiental.
- d) La fase de interpretación: se resumen y discuten los resultados del ICV o del EICV o de ambos como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

Estas fases son individuales pero están interrelacionadas (se utilizan resultados de otras fases) haciendo que el ACV sea iterativo contribuyendo a la integridad y coherencia del estudio.

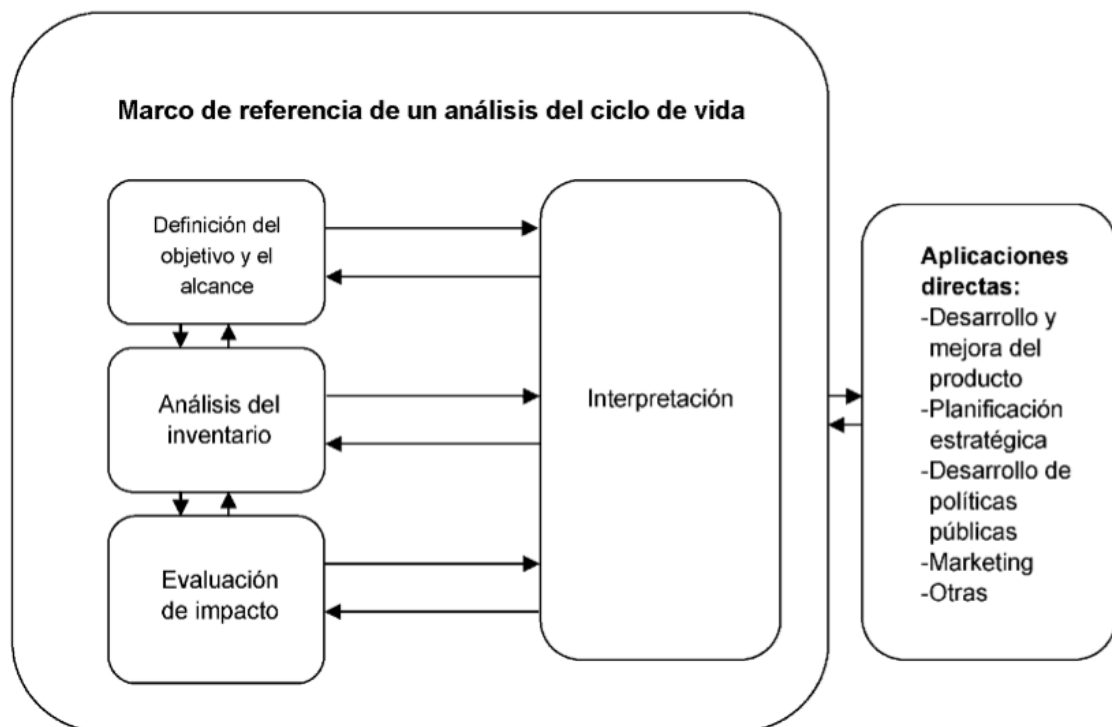


Figura 9. Etapas de un ACV. Fuente: Norma UNE-EN ISO14040: 2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

La técnica de ACV es iterativa, puede que diversos aspectos del alcance para cumplir con el objetivo del estudio tengan que modificarse. Los resultados obtenidos pueden ser entradas útiles para diversos procesos de toma de decisiones ya que considera todos los recursos y aspectos del entorno natural, basándose en un enfoque científico (si es posible) o en juicios de valor, con los que puede identificar y evaluar las compensaciones potenciales necesarias.

## 2.2 METODOLOGÍA DEL ACV

### 2.2.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14040, el objetivo y alcance de un estudio de ACV deben definirse claramente y ser consistentes con la aplicación que se persigue. Aunque el alcance puede tener modificaciones o ajustes durante el estudio.

En cuanto al objetivo se deben especificar los siguientes puntos:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- su aplicación,
- razones para realizar el estudio,
- personas a las que va dirigido, y
- si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público

El alcance deberá definir entre otros aspectos:

- El sistema de producto y sus funciones. Es un conjunto de procesos unitarios con productos que entran o salen conectados material y energéticamente, que puede tener una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto.
- La unidad funcional: proporciona una referencia a partir de la cual se cuantifican los datos de entradas y salidas de un flujo de producto, de materia o de energía. Un ejemplo de unidad funcional podría ser: la vida útil de un edificio es un valor predeterminado, que se utiliza de referencia, pero no esto no significa que sea el valor exacto ya que, por muchas razones, es complicado prever la duración real de un edificio que podría ser mayor o menor a ese valor.
- Los límites del sistema: delimitan los procesos unitarios que serán incluidos dentro del análisis. La selección de los límites debe ser en consonancia con los objetivos del estudio y cualquier decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/salidas<sup>18</sup> se justificará y especificará de forma clara.
- Los procedimientos de asignación.
- Las categorías y metodologías de evaluación del impacto que se van a emplear en el estudio.
- Requisitos de la calidad de los datos: antigüedad de los datos, donde se deben recopilar, fuentes de procedencia, tiempo mínimo en el que se deberán recopilar, etc.
- Tipo de revisión crítica (si hay).
- El tipo y formato del informe requerido para el estudio.

El ACV es un proceso iterativo en el que, mientras se recopilan los datos y se va realizando el estudio, es posible que se tengan que modificar ciertos aspectos del alcance para poder cumplir con el objetivo original del estudio.

### 2.2.2 ANÁLISIS DE INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

El objetivo y alcance del estudio definidos nos proporciona el plan inicial para realizar la siguiente fase del inventario del ciclo de vida de un ACV.

Esta fase incluye la identificación y cuantificación de la entradas (aporte de recursos) y salidas (emisiones al aire, generación de residuos y vertidos al agua y suelo) a lo largo del ciclo de vida del sistema del producto o producto. Esto da lugar a una lista de sustancias o flujos elementales que entran y salen de los límites del sistema.

---

<sup>18</sup> Cuando se establecen límites del sistema, se deben considerar varias etapas del ciclo de vida, procesos unitarios o flujos, como por ejemplo: adquisición de materias primas, entradas y salidas en la secuencia principal de fabricación, transporte, producción y utilización de combustibles o energía, mantenimiento de productos, recuperación de productos utilizados, producción de materiales secundarios, mantenimiento y desmantelamiento de los equipos y operaciones adicionales (iluminación, calefacción, etc.).



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Los flujos elementales de materiales o flujos de energía son los provenientes de la naturaleza sin sufrir ninguna transformación del ser humano (agua, petróleo, etc) o que van directamente a la naturaleza (emisiones de gases efecto invernadero).

La asignación o imputación de entradas y salidas pueden dar lugar a:

- Procesos funcionales: asignación de entradas y salidas aun único producto.
- Procesos multifuncionales: asignación de entradas y salidas a procesos en los que se genere más de un producto.

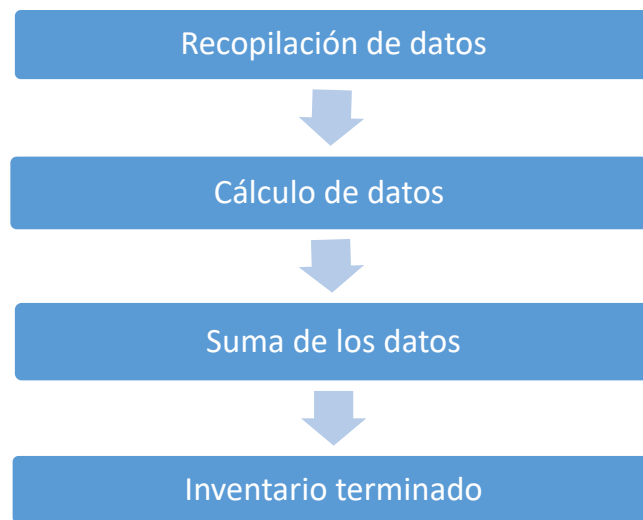


Figura 10. Pasos para realización de un ICV. Fuente: Elaboración propia

Los pasos descritos en el esquema simplificado de arriba se describen a continuación:

1. Recopilación de datos: los datos recopilados se utilizan para cuantificar las entradas y salidas de cada proceso unitario. Pueden ser medidos, calculados o estimados y si provienen de una fuente pública, se debe referenciar la fuente. Los datos pueden clasificarse en cuatro grandes grupos como dice la UNE-EN ISO 14040:2006:
  - Entradas de energía, de materia prima, etc.
  - Productos, coproductos y residuos
  - Emisiones al aire, vertidos al suelo y al agua, y
  - Otros aspectos ambientales

Además se debe declarar si estos datos cumplen o no con los requisitos de calidad de los datos.

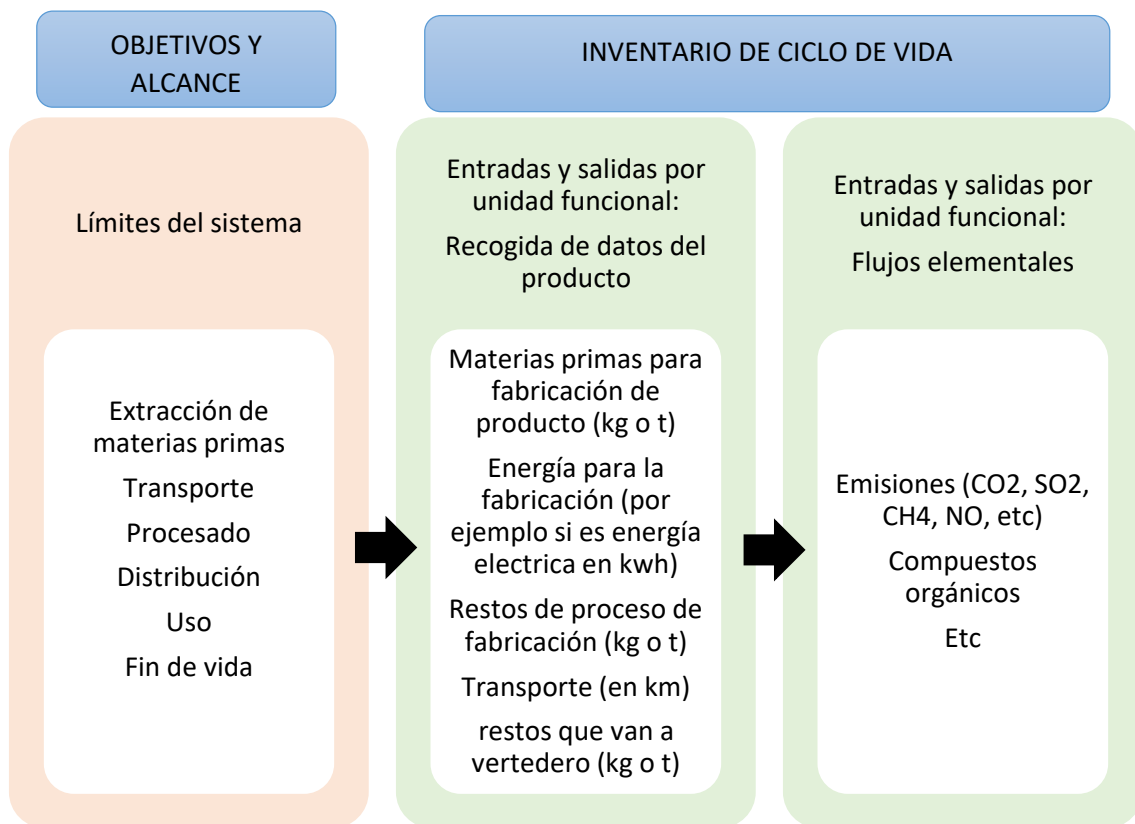


Figura 11. Relación entre datos de actividad, factores de emisión y flujos elementales en el ICV. Fuente: Elaboración propia

2. El cálculo de los datos: todos los procedimientos de cálculo se deben documentar y explicar claramente.

Estos procedimientos de cálculo se divide en:

- Validación de datos recopilados: se confirma que se han cumplido los requisitos de calidad de los datos de aplicación previa. Si se encuentran datos no validos se requieren datos alternativos que cumplan la selección de datos mencionada anteriormente.
  - La relación de los datos con los procesos unitarios y la unidad funcional: la norma UNE-EN ISO 14044:2006 dice que para cada proceso unitario se debe determinar un flujo adecuado. Se deben calcular los datos cuantitativos de entrada y salida del proceso unitario en relación con este flujo y el cálculo debe dar como resultado que todos los datos de entrada y salida del sistema estén referenciados a la unidad funcional.
3. Suma de los datos: debe ser coherente con el objetivo del estudio. Sólo se deberían sumar si están relacionados con sustancias equivalentes y con impactos ambientales similares. Si se requieren una suma más detallada esta debe estar especificada en la fase anterior o en la siguiente fase de evaluación del impacto. Con esta suma conseguimos tener el inventario calculado.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

4. Inventario terminado: en definitiva, podríamos decir, que se trata de realizar un balance de flujos elementales<sup>19</sup> que entran y salen del sistema a lo largo de todo su ciclo de vida para la unidad funcional seleccionada.

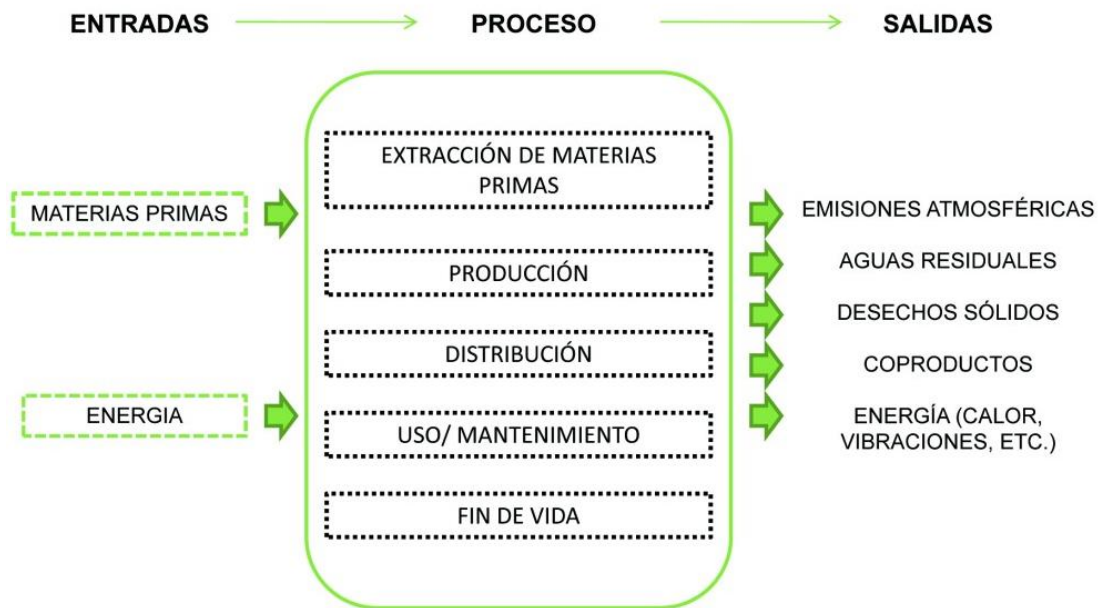


Figura 12. Inventario del ciclo de vida aplicado a un proceso unitario de un sistema. Fuente: Serrano, 2014 (<http://www.certificadosenergeticos.com/analisis-ciclo-vida-diseno-materiales-sostenibles>)

### 2.2.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)

Para conseguir el objetivo y alcance del estudio de un ACV esta fase debe planificarse cuidadosamente y estar coordinada con las otras fases. Tiene como propósito conocer y evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando un método de evaluación para transformar los datos recogidos en el ICV, en resultados de carácter ambiental.

Es la fase que mayor controversia causa debido a que no existe un acuerdo común en la comunidad internacional para el establecimiento de un modelo único de evaluación de impactos ambientales.

La fase de la EICV está constituida por elementos obligatorios y opcionales.

<sup>19</sup> Los flujos elementales son los flujos energéticos y de materiales que provienen de la naturaleza (como por ejemplo, el agua, el petróleo, etc.) sin ninguna transformación, o que van directamente a la naturaleza (emisiones de CO<sub>2</sub>, vertidos en agua, etc.).



Figura 13. Esquema de la Fase de EICV según la norma ISO 14040. Fuente: Análisis de ciclo de vida y huella de carbono (IHOBE, 2009)

Los elementos obligatorios de la EICV son:

1. Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.

Según el tipo de evaluación de impacto que se haya escogido, esta llevará una lista de categorías de impactos asociada (esta debe quedar reflejada también en el apartado objetivos y alcance). En la siguiente tabla se pueden ver las categorías de impacto de más uso en ACV y sus indicadores de impacto ambiental.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

CATEGORÍAS E INDICADORES DE IMPACTO		
Categorías para entradas	Materias primas	kg
	Recursos energéticos	MJ
	Uso de suelo	M <sup>2</sup> /año o m <sup>2</sup>
Categorías para salidas	Calentamiento global	Kg CO <sub>2</sub> eq
	Destrucción capa de ozono estratosférico	Kg CFC11 eq
	Acidificación	Kg SO <sub>2</sub> eq
	Formación de ozono troposférico	Kg C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> eq
	Eutrofización	Kg PO <sub>4</sub> eq
	Ecotoxicidad	Kg DBC eq
	Toxicidad humana	Kg DBC eq
	Ruido Radiación	
Otros flujos de entrada y salida hacia y desde otros sistemas	Materiales para reciclaje o para valorización energética	Kg.MJ
	Residuos peligrosos y no peligrosos para eliminación final	Kg
	Uso de recursos reciclados	Kg
	Uso de recursos reutilizados	Kg

Tabla 1. Categorías e indicadores de impacto más utilizados en ACV. Fuente: Elaboración propia

- Ahora toca hacer la clasificación de los flujos elementales del ICV y asignarles las categorías de impacto que les correspondan.

Todas las entradas y salidas del inventario se clasifican en las diferentes categorías de impacto, de acuerdo con el tipo de cambio que pueden ocasionar en el medioambiente. El resultado final es un inventario agrupado y simplificado donde sólo aparecerán aquellos flujos energéticos y materiales que afectan a las categorías seleccionadas.

- Calculo de resultados de indicadores de categoría (caracterización):

Evaluación de la relevancia de los distintos flujos energéticos y materiales para hacer el cálculo de los indicadores numéricos de cada categoría de impacto (por ejemplo, kg de CO<sub>2</sub> equivalente para el calentamiento global). Se basa en la conversión, para cada categoría de impacto, de los resultados del ICV a unidades comunes utilizando factores de caracterización que representan la cantidad de ese compuesto que, de ser emitido, tendría un efecto en el medio ambiente cuantitativamente comparable a la unidad base de la categoría de impacto (por ejemplo, 1kg de CH<sub>4</sub> tiene el mismo efecto de calentamiento global que 21 kg de CO<sub>2</sub>).

Por ejemplo, en la siguiente tabla se muestran los factores de caracterización que se emplean para conocer los valores de emisiones que contribuyen al calentamiento global de las sustancias de un producto.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Flujo Elemental	Factor	Flujo Elemental	Factor
CFC 11 (triclorofluorometano)	1	CFC 113 (triclorofluoroetano)	0,9
CFC 225cb (dicloropentafluoropentano)	0,017	Bromuro de metilo	0,37
CFC225ca (dicloropentafluoropropano)	0,017	Clorometano	0,2
CFC22 (clorodifluorometano)	0,034	Tetracloruro de carbono	1,2
CFC 142b (clorodifluoroetano)	0,043	Tricloroetano	0,11
CFC 141b (dicloro-1-fluoroetano)	0,086	Halón 2401	0,25
CFC 124 (clorotetrafluoroetano)	0,026	Halón 2311	0,14
CFC 123 (diclorotrifluoroetano)	0,012	Halón 1202	1,25
CFC 12 (diclorodifluorometano)	0,82	Halón 1201	1,4
CFC 114 (diclorotetrafluoroetano)	0,84	Halón 1301	12
CFC 115 (cloropentafluoroetano)	0,4	Halón 1211	5,1

Tabla 2. Factores de caracterización para el agotamiento de la capa de ozono. Fuente: CML 2001

Además de los elementos obligatorios, existen los opcionales indicados en la norma UNE-EN ISO 14044:2006, que son los siguientes:

### 1. La normalización:

Es la conversión de los resultados obtenidos de la caracterización, dividiendo el valor de cada una de las categorías de impacto por un factor de normalización. Con estos factores se indica el grado de contribución de cada categoría de impacto sobre el problema medioambiental global.

En la siguiente tabla se muestra como ejemplo los factores de normalización durante un año para los países OCDE.

Categorías de impacto	Indicador de categoría	Factor
Acidificación	Kg SO <sub>2</sub> eq.	1,31•10 <sup>11</sup>
Cambio climático	Kg CO <sub>2</sub> eq.	2,04•10 <sup>13</sup>
Eutrofización	Kg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> eq.	5,74•10 <sup>10</sup>
Formación de oxidantes fotoquímicos	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.	2,61•10 <sup>10</sup>
Agotamiento de recursos abióticos	Kg Sb eq.	6,91•10 <sup>10</sup>
Destrucción de la capa de ozono	Kg CFC-11 eq.	2,79•10 <sup>8</sup>
Toxicidad humana	Kg 1,4-DCB eq.	1,31•10 <sup>13</sup>
Ecotoxicidad acuática marina	Kg 1,4-DCB eq.	1,31•10 <sup>14</sup>
Ecotoxicidad de agua dulce	Kg 1,4-DCB eq.	1,31•10 <sup>12</sup>
Ecotoxicidad terrestre	Kg 1,4-DCB eq.	1,31•10 <sup>11</sup>

Tabla 3. Factores de normalización para los países de la OCDE. Fuente: CML 2001

Después de la normalización se obtiene un valor sin dimensiones que representa la contribución del impacto, con respecto al valor global, en tanto por cien.

### 2. Agrupación:

Organización y posible clasificación de las categorías de impacto.

### 3. Ponderación:

Por último en caso de que se haya realizado la normalización, se procede a la ponderación. Consiste en la conversión de los resultados obtenidos de los indicadores normalizados de las categorías de impacto a una unidad común tras multiplicarlos por un factor de ponderación.

#### 2.2.4 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

El ACV puede concluir en el ICV o en la EICV, dependiendo del objetivo y alcance por el que se realiza el estudio del ACV.

En esta etapa se proporcionan los resultados del análisis de inventario y de la evaluación de impacto (deben ser coherentes con el resto de fases) para obtener conclusiones y explicar las limitaciones y recomendaciones necesarias.

Dichos resultados se basan en un enfoque relativo, indican efectos ambientales potenciales, no predicen los impactos reales en los puntos finales de categoría, ni si se sobrepasan umbrales, márgenes de seguridad o riesgos.

Dentro de esta fase se incluyen tres puntos fundamentales:

- Identificación de los puntos calientes o puntos conflictivos que tendrán que ser sometidos a medidas de mejora y reducción de impactos.
- Verificación de los resultados: los resultados deben ser completos, de calidad, disponibles para su consulta y coherentes con los objetivos y alcance propuestos.
- Conclusiones, limitaciones y recomendaciones deben ser acordes con los objetivos y alcance propuestos para el ACV.

##### 2.2.4.1 Elaboración de un informe final

Para plasmar los resultados obtenidos de la realización de un ACV de un producto o sistema de producto se realiza un informe, que también si se realiza por encargo se puede entregar como muestra del estudio realizado.

El informe debe ser claro, completo y detallado, pues en él se reflejarán los objetivos del estudio, los datos empleados, los resultados, las suposiciones y las limitaciones del ACV.

Las normas UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN ISO 14044 establecen que: el nivel de detalle requerido en la exposición ha de ser tal que permita que un profesional en ACV pueda reproducir los resultados del informe (siempre que disponga de las mismas bases de datos consultadas en el estudio).

##### 2.2.4.2 Revisión crítica

La realización de la revisión crítica sólo es obligatoria, según la norma ISO 14044, cuando el uso del ACV es para aseveraciones comparativas. En este caso existen dos tipos de revisiones críticas según en qué momento se realiza.

La primera consiste en que un experto vaya opinando en las diferentes fases del ACV, sin abordar la siguiente hasta que llega a un consenso con el equipo realizador del ACV.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

La segunda es la que se realiza una vez finalizado el estudio de ACV, con los comentarios del revisor se corrige el estudio hasta llegar a un consenso con el equipo realizador del ACV.

Es aconsejable su realización aunque no se trate de una comparativa, ya que ofrece una tranquilidad y una garantía sobre el estudio realizado.

### 2.3 HERRAMIENTAS DE ANALISIS DE CICLO DE VIDA

#### 2.3.1 BASES DE DATOS DEL ANALISIS DE CICLO DE VIDA

A la hora de realizar un ACV quizás lo más complicado es la obtención de datos para la realización del inventario, ya que el método del ACV por su forma de desarrollo precisa gran cantidad de información.

Por ello, desde que aparece el ACV surgen con el diversas instituciones dedicadas a la elaboración de Bases de Datos (BBDD, en adelante), con el objetivo de que sean lo más completas posibles para recopilar los datos precisos para el ACV.

Las bases de datos se basan en valores medios disponibles e interpretables debido a que contienen cientos de miles de datos que recogen sólo las actuaciones de impacto ambiental más habituales. En un estudio determinado pueden ser usados datos de una única BBDD o proceder de una combinación de información de diversas bases de datos, ya que los programas permiten editarlas y crear nuevas bases. Es importante a la hora de utilizar las bases de datos, que si, por ejemplo, se está haciendo la comparación entre los ACV de dos productos, en este caso, lo mejor es utilizar la misma base de datos para que no existan alteraciones por utilizar una base de datos diferente para cada producto y trabajar con las mismas hipótesis de trabajo.

Por ello, antes de usar una de las BBDD existentes en el mercado es imprescindible conocer que información es importante a la hora de buscar una y que esta posea unas características que sean las adecuadas para su utilización en un ACV determinado.

Entre las bases de datos más destacadas tenemos: Ecoinvent, BUWAL 250, ATHENA Database, ETH-ESU, IDEMAT, etc.

Las bases de datos disponibles y su explicación se explicaran detalladamente más adelante en el apartado de Metodología de Estudio de un Caso Práctico.

#### 2.3.2 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE CICLO DE VIDA

Para la evaluación del impacto se pueden encontrar numerosas metodologías y se dividen en metodologías que analizan el efecto último del impacto ambiental (endpoint), mientras que otras consideran sólo los efectos intermedios (midpoint).

Las metodologías más empleadas en el ámbito internacional son las metodologías Ecoindicador 99 y CML, entre otras.



Metodología	Descripción	Página web
CLM 2002	Metodología de efecto intermedio	<a href="http://cml.leiden.edu/">http://cml.leiden.edu/</a>
Ecoindicador 99	Metodología de efecto final	<a href="http://www.pre-sustainability.com/content/eco-indicador-99">http://www.pre-sustainability.com/content/eco-indicador-99</a>
TRACI	Metodología de efecto intermedio	<a href="http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/traci/">http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/traci/</a>
EDIP 2003	Metodología de efecto intermedio	<a href="http://www.man.dtu.dk/English.aspx">http://www.man.dtu.dk/English.aspx</a>
IMPACT 2002+	Metodología que alcanza 14 categorías de impacto de efecto intermedio con 4 categorías de punto final	<a href="http://www.epfl.ch/impact">http://www.epfl.ch/impact</a>
EPS 2000	Metodología de efecto final	<a href="http://www.cpm.chalmers.se/document/reports/99/1999_4.pdf">http://www.cpm.chalmers.se/document/reports/99/1999_4.pdf</a>
ReCiPe	Combina los resultados de CLM 2001 y el Ecoindicador 99	<a href="http://www.lcia-recipe.net/">http://www.lcia-recipe.net/</a>

Tabla 4. Metodología de evaluación de ICV. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3 HERRAMIENTAS INFORMATICAS PARA EL ACV

Para facilitar la realización de un estudio de análisis de ciclo de vida durante las fases de inventario y evaluación de impactos producidos por un producto se han creado herramientas software.

Estos software se caracterizan por contener una o varias bases de datos y de metodologías para la evaluación del impacto del ciclo de vida, con gran cantidad de información, para poder ofrecer al usuario del software unos resultados de impacto ambiental en las diferentes etapas del ciclo de vida del producto o proceso a analizar.

Entre las herramientas más destacadas actualmente dentro del mercado son SimaPro y GaBi, ambas poseen información para hacer un estudio de ACV completo de diversos productos y proceso.

El uso alguno de los softwares existentes no son gratuitos y están sometidos a licencias (profesional o estudiante) pero también existen alternativas a estas herramientas informáticas comerciales como el OpenLCA que es un software gratuito y abierto para todos los usuarios que deseen utilizarlo.

*“Este tipo de programas de uso general requiere sin embargo un alto conocimiento de la metodología de ACV, pero también existen otras herramientas específicas para el sector de la construcción como, por ejemplo, ECO-BAT o BEES. Estas herramientas específicas tienen interfaces más adaptadas para facilitar la entrada de datos y la interpretación de los resultados obtenidos.*

*Sin lugar a dudas, el desarrollo de este tipo de herramientas favorece y simplifica la labor de los consultores ambientales en el proceso de análisis de ciclo de vida y de cálculo de la huella de carbono.” (Gazulla, 2012).*

Las diferentes herramientas informáticas se enumeraran y explicaran detalladamente más adelante en el apartado de Metodología de Estudio de un Caso Práctico.

### 2.4 APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Son muchas las empresas que han asumido la sostenibilidad como parte fundamental de sus objetivos de estrategia y competitividad dentro del mercado.

Dentro de una organización, las aplicaciones proporcionan mejoras tanto internamente (mejora de los procesos dentro de la organización) como externamente (mejora la imagen y la forma de comunicación ambiental).

El ACV constituye un soporte técnico para alguna de las siguientes aplicaciones: ecoeficiencia, ecodiseño, etiquetado ambiental, huella de agua, huella ecológica, huella de carbono y compra verde.

#### 2.4.1 LA ECOEFICIENCIA

El World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)<sup>20</sup> define ecoeficiencia como “proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que se reduzca progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta”.

Es decir, la relación entre el total de los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto y su valor económico. Las organizaciones a través de las medidas de ecoeficiencia buscan producir más riqueza con menos recursos (Schmidt-Bleek, 1999).

Para entender el concepto, es importante diferenciar las medidas de ecoeficiencia de las medidas ambientales y las medidas de sostenibilidad.

Las medidas ambientales no tienen en cuenta el valor económico, sólo tienen en cuenta los aspectos ambientales como reducción de residuos, emisiones o control de vertidos y las medidas de sostenibilidad ya ponen en valor los impactos ambientales, económicos y sociales.

La ecoeficiencia supone un paso adelante (tras lo meramente ambiental) hacia la sostenibilidad ambiental y el olvido de que su aplicación equivale a un mayor gasto y restricciones. Una empresa puede ser limpia, pero no producir apenas nada, con lo cual no será sostenible y tenderá a la extinción. Debe, por lo tanto, producir bien, producir más y producir cada vez mejor, lo cual significa producir consumiendo pocos recursos (Lovins, 2005).

$$\text{Ecoeficiencia} = \text{valor del producto} / \text{impacto ambiental}$$

Una empresa que consiga aplicar la gestión ecoeficiente en sus procesos de producción y servicios reducirá:

- Gasto innecesario de productos
- Volumen de residuos y su toxicidad
- Consumo de energías
- Emisión de gases contaminantes
- Riesgo de incumplimiento de leyes en favor del medioambiente.

---

<sup>20</sup> WBCSD es una organización global formada por más de 200 empresas líderes de todos los sectores que trabajan juntas para acelerar la transición hacia un mundo sostenible.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

El ACV es una herramienta que analiza todo el proceso de producción y servicios de un producto o sistema de producto por ello, se puede decir que es una herramienta decisiva para conseguir una gestión ecoeficiente.

### 2.4.2 ECODISEÑO

El ecodiseño es uno de los instrumentos propuestos en el libro verde de la “Política Integrada de Productos” para incorporar criterios y medidas preventivas ambientales en todas las fases de proceso de diseño y desarrollo de cada producto con el objetivo de reducir el impacto ambiental a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo de vida.



Figura 14. Fases donde tener en cuenta el ecodiseño. Fuente: López, 2013 (<http://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/28/>)

Al aplicar la metodología del ecodiseño se pueden adquirir ventajas competitivas, ahorro y alta eficiencia, ya que el ecodiseño además de influir en el impacto ambiental de los productos permite reducir los costes relativos al uso, distribución y eliminación del producto.

La normativa aplicable para la aplicación del ecodiseño es la UNE-EN ISO 14006:2011 “Sistemas de Gestión Ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño” donde se detallan las directrices para ayudar a organizaciones a establecer, documentar, implantar, mantener y mejorar continuamente su gestión del ecodiseño en el marco de un sistema de gestión ambiental.

El proceso de Ecodiseño puede estructurarse en las siguientes etapas:

1. Preparación del proyecto: se selecciona el equipo de trabajo que se va a encargar de identificar los recursos necesarios que deben estar involucrados en el proceso y a continuación se selecciona el producto a diseñar o rediseñar.
2. Análisis ambiental: se trata de analizar el perfil ambiental del producto considerando los diferentes aspectos ambientales que se generan en todas las etapas de su ciclo de vida.
3. Ideas de mejora: generación de nuevas opciones de mejora del producto, basadas en la información generada en las etapas anteriores y congruentes con ellas.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

4. Desarrollo de diferentes conceptos de producto: se definen los diferentes conceptos del nuevo producto teniendo en cuenta las anteriores etapas y, principalmente, las ideas que se pueden plantear a corto plazo.
5. Desarrollo del concepto elegido: a partir de la etapa cuatro, se ha de concretar el producto detalladamente con todos sus componentes, dimensiones, procesos de fabricación, venta, etc.
6. Planes de acción: la empresa implanta las medidas a medio y largo plazo, que no han podido ser implantadas en una primera fase del Ecodiseño.
7. Evaluación de los resultados finales de proyecto: sirve para valorar en qué medida ha influido en la empresa la implantación del Ecodiseño en el nuevo producto o producto reformado.



Figura 15. Resumen de las etapas del ecodiseño. Fuente: CEPYME, 2007 ([http://www.conectapyme.com/files/medio/guia\\_ecodiseno.pdf](http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_ecodiseno.pdf))

Para cada propuesta o mejora de producto, con todas sus etapas, analizadas anteriormente, el ACV juega un papel imprescindible y por ello se deben valorar las siguientes estrategias:

1. Etapa de diseño conceptual: se debe valorar si se cubren las necesidades que se pretenden obtener del producto con el desarrollo de nuevas propuestas.
2. Reducción del consumo y diversidad de materiales: se debe reducir al máximo posible o suprimir la cantidad de materiales utilizados en la fabricación del producto o materiales, que formen parte de él, innecesarios o cuya función no sea importante.

3. Selección de materiales de menor impacto ambiental: selección adecuada de materiales que tengan un menor impacto ambiental como por ejemplo materiales reciclables.
4. Reducción del impacto ambiental de los procesos productivos: para mejorar la eficiencia, si además de seguir las estrategias uno y dos, aplicamos una reducción correcta en las etapas de fabricación de productos se puede conseguir un ahorro de gasto de energía y una menor cantidad de residuos.
5. Optimización de la distribución: un estudio y elección adecuada de las posibilidades logísticas de distribución puede suponer un ahorro importante y un mejor impacto ambiental del producto final.
6. Reducción de los impactos ambientales durante el uso e incremento de la vida útil del producto: la estrategia consiste en reducir todo lo posible el consumo de energía y el impacto que pueda provocar el producto y a través de su correcto mantenimiento y cuidado alargar su período de vida útil.
7. Optimización de la gestión de residuos: si se trata de un producto compuesto facilitar su separación en partes para que sea posible la posterior reciclabilidad de la mayor cantidad de componentes que lo forman.

### 2.4.3 ETIQUETADO AMBIENTAL

Las ecoetiquetas son un mecanismo que permite manifestar mediante símbolos o etiquetas la interacción de un producto o servicio con el medio ambiente antes su usuario.

La norma UNE-EN ISO 14020: 2000<sup>21</sup> es la normativa de referencia que establece una serie de principios generales a tener en cuenta para el desarrollo del etiquetado y declaraciones ambientales.

Dentro del etiquetado ambiental nos encontramos con ecoetiquetas reglamentarias u oficiales y con ecoetiquetas no reglamentarias u no oficiales. Estas últimas son autodeclaraciones ambientales de las propias empresas que intentan dar un valor añadido a sus productos o servicios mientras que, las ecoetiquetas reglamentarias son otorgadas por un organismo oficial, ofreciendo una mayor credibilidad ante el usuario o consumidor del producto.

Para que la diferencia sea clara se han definido tres tipos de etiquetado, cada uno regulado por su correspondiente normativa europea.

#### 2.4.3.1 Etiquetas tipo I.

Son certificaciones expedidas por un organismo oficial (entidad certificadora), que cumplen los criterios establecidos en la norma UNE-EN ISO 14024:1999, que otorga al fabricante la autorización para usar la etiqueta ecológica que le corresponda en su producto y que van dirigidas

---

<sup>21</sup> Norma UNE-EN ISO 14020:2000 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales. Esta norma internacional establece las directrices para el desarrollo y uso de las etiquetas y declaraciones ambientales y está destinada a ser utilizada conjuntamente con otras normas pertinentes de la serie ISO 14020 que son las siguientes:

- UNE-EN ISO 14024:1999 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Etiquetado ecológico tipo I. Principios generales y procedimientos.
- UNE-EN ISO 14021:1999 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Autodeclaraciones ambientales (Etiquetado ecológico tipo II).
- UNE-EN ISO 14025:2006 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

garantizar ante el usuario la calidad ambiental, basada en consideraciones tomadas en su ciclo de vida, que diferencia a ese producto de otros que no poseen ese etiquetado.

Los beneficios ambientales que se otorgan con las etiquetas siempre están a disposición del usuario o consumidor de forma pública y transparente, en cada una de las entidades otorgadoras de etiqueta, para su consulta.

*“Inicialmente se limitaba solo a los productos pero este mecanismo comunitario se ha ampliado a los servicios y garantiza a los consumidores la corrección ambiental de estos con independencia de las afirmaciones publicitarias. La posesión de la Etiqueta Ecológica representa haber cumplido unos criterios ambientales selectivos, transparentes y con suficiente información y base científica para que los consumidores y usuarios puedan escoger aquellos productos o servicios que la incorporan.”<sup>22</sup>*

A continuación se presentan algunas de las etiquetas tipo I existentes.



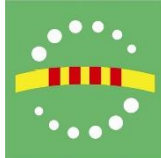
SÍMBOLO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
	Ecolabel EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Web: <a href="http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm">http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm</a></li> <li>- Ejemplos de aplicación: baldosas, pinturas y barnices de interior, productos de limpieza, etc.</li> </ul>
	AENOR Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Web: <a href="http://www.aenor.es">www.aenor.es</a></li> <li>- Ejemplos de aplicación: pinturas, barnices, módulos fotovoltaicos, etc.</li> </ul>
	Garantía de calidad ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Web: <a href="http://www.gencat.cat/temes/cas/medioambient.htm">http://www.gencat.cat/temes/cas/medioambient.htm</a></li> <li>- Ejemplos de aplicación: productos de madera, productos y transformados de corcho, materias primas y productos de plástico reciclado, etc.</li> </ul>

Tabla 5. Etiquetas tipo I. Fuente: Elaboración propia a partir de [http://www.construmatica.com/construpedia/Ecoetiquetas\\_y\\_Declaraciones\\_Ambientales](http://www.construmatica.com/construpedia/Ecoetiquetas_y_Declaraciones_Ambientales)

A nivel Europa además de Ecolabel existen otras como la etiqueta alemana Ángel Azul y en España destacan la etiqueta creada por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) y el distintivo de calidad ambiental creado por la Generalitat de Catalunya.

### 2.4.3.2 Etiquetas tipo II

Son también las llamadas autodeclaraciones, las realizan los propios fabricantes, referida al ciclo de vida o a algún aspecto concreto de un producto.

Se rigen por la norma UNE-EN ISO 14021:1999, que sólo identifica como símbolo el bucle de Moebius, el resto de simbología no está recogido en esta norma, y da una orientación en el uso de

<sup>22</sup> Información obtenida del libro Análisis de Ciclo de Vida y huella de carbono(2012). Cuyos autores son: Diego Ruiz Amador e Ignacio Zúñiga López.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

términos de carácter ambiental como son: reutilizable, bajo consumo de recursos, compostable, etc.

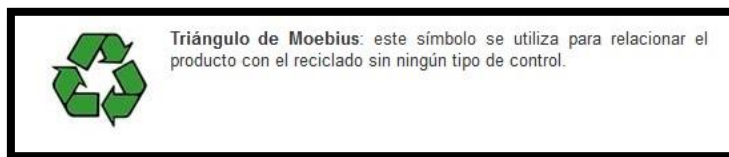


Figura 16. Símbolo de triángulo de Moebius. Fuente: <https://elefectoparaguas.files.wordpress.com/2014/04/no-oficiales.jpg>

Existe una gran cantidad de productos con este tipo de etiquetas en el mercado, pero se debe tener precaución con ellas porque algunas pueden ser engañosas y tratarse de una estrategia de marketing.

### 2.4.3.3 Etiquetas tipo III

Son conocidas también como DAP (Declaraciones ambientales de producto) y son otorgadas por terceros y basadas en el análisis de ciclo de vida del producto, sistema de producto o servicio.

Algunas de sus características son:

- *“Describen de manera cuantitativa el desempeño ambiental del producto desde el punto de vista ACV.*
- *Permite hacer comparaciones entre productos funcionalmente equivalentes.*
- *De forma obligatoria han de ser verificadas por un cuerpo acreditado independiente que garantice la veracidad y credibilidad de la información. En algunos casos (de forma opcional) son también certificados por un tercero.*
- *En algunos casos pueden presentar información con carácter modular por lo que pueden ser usadas para obtener información de productos más complejos formados a partir de componentes.*
- *A diferencia de las etiquetas tipo I, las declaraciones ambientales de producto no definen unos criterios sobre la preferencia ambiental de los productos ni establecen unos requisitos mínimos para cumplir.”<sup>23</sup>*

Estas declaraciones ambientales tipo III proporcionan datos ambientales cuantificados utilizando parámetros predeterminados y, cuando corresponda, información ambiental adicional para los productos.

En la siguiente tabla se muestran algunos programas DAP para el desarrollo del etiquetado tipo III de productos y servicios:

---

<sup>23</sup> Información obtenida del libro Análisis de Ciclo de Vida y huella de carbono(2012). Cuyos autores son: Diego Ruiz Amador e Ignacio Zúñiga López.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

SISTEMA	INSTITUCIÓN	PAÍS	PAGÍNA WEB
 <b>NHO</b>	Naeringslivets Hovedorganisasjon	Noruega	<a href="http://www.epd-norge.no">www.epd-norge.no</a>
 <b>EPD</b> Environmental Product Declaration	The Swedish Environmental Management Council	Suecia	<a href="http://www.environdec.com/paged.asp">http://www.environdec.com/paged.asp</a>
 Institut Bauen und Umwelt e.V. <b>AUB (EPD)</b>	Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliche Bauprodukte	Alemania	<a href="http://www.bauumwelt.com">www.bauumwelt.com</a>
 <b>AIMCC</b> l'Association des Industries de Produits de Construction	Association des Industries et Produits de Construction	Francia	<a href="http://inies.fr/">http://inies.fr/</a>
 <b>bre</b> Environmental Profiles of Construction Products	Building Research Establishment	Reino Unido	<a href="http://www.bre.co.uk/">http://www.bre.co.uk/</a>
 <b>MRPI</b> milieu relevante product informatie	Netherlands Federation of Suppliers to the Construction Industry	Holanda	<a href="http://www.mrpi.nl/">http://www.mrpi.nl/</a>
 <b>RAKENNUSTIETO</b>	Confederation of Finnish Construction Industries RT	Finlandia	<a href="http://www.rts.fi">www.rts.fi</a>
 <b>dap<sup>c</sup></b>	CAATEEB	España	<a href="http://csostenible.net/sistema_dapc/index.php/dapc/esw/inicio">http://csostenible.net/sistema_dapc/index.php/dapc/esw/inicio</a>

Para consensuar las partes todas que permitan desarrollar las declaraciones ambientales de producto se crearon las Reglas de Categoría de Producto (RCP). Estas reglas determinan como se debe desarrollar el ACV asociada a una DAP para una categoría de producto.

Las RCP básicas:



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Definen los parámetros a declarar y la forma en que se recopilan y consignan en el informe;
- Describen qué etapas del ciclo de vida de un producto se consideran en la DAP y qué procesos se van a incluir en las etapas de ciclo de vida
- Definen las reglas para el desarrollo de escenarios
- Incluyen las reglas para el cálculo del inventario del ciclo de vida y la evaluación del impacto del ciclo de vida en que se apoya la DAP, incluyendo la especificación de los datos a aplicar.

El propósito de una DAP en el sector de la construcción es proporcionar la base para evaluar edificios y evaluar e identificar aquellos que causan mejor presión sobre el medio ambiente.

En función de la información de ACV una DAP puede cubrir:

- Solo la etapa de producto. este tipo de DAP cubre el suministro de materias primas, el transporte, la fabricación y los procesos asociados. Estas DAP se denominan “cuna a puerta” y están basadas en módulos de información A1 a A3.
- La etapa de producto y otras etapas seleccionadas del ciclo de vida. Estas DAP se denominan “cuna a puerta con opciones” y están basadas en los módulos de información A1 a A3 además de otros módulos opcionales seleccionados, por ejemplo los módulos de información de fin de vida C1 a C4. En estas DAP se puede incluir el módulo de información D.
- El ciclo de vida de un producto de acuerdo a los límites del sistema. Este tipo de DAP cubre la etapa de producto, la instalación en el edificio, el uso y mantenimiento, las sustituciones, la demolición y el tratamiento de residuos para la reutilización, recuperación, reciclado y eliminación, o eliminación. Estas DAP se denominan “cuna a tumba” y están basadas en un ACV, es decir cubren todos los módulos de información A1 a C4. En estas etapas se puede incluir el módulo de información D.

Es posible tener una DAP para una sustancia o preparado (por ejemplo el cemento), para un producto (por ejemplo una ventana), para un servicio de construcción (por ejemplo el servicio de limpieza considerado dentro del mantenimiento), para un conjunto de productos y/o un elemento de construcción (por ejemplo un muro) y para un equipamiento técnico (por ejemplo un ascensor).

A continuación a modo de resumen de los tipos de etiquetado ambiental se muestra la siguiente tabla:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

	TIPO I EcoEtiquetas ISO 14014	TIPO II Autodeclaraciones ISO 14021	TIPO III Declaraciones Ambientales de Producto ISO 14025 / ISO 21930
La empresa necesita realizar un ACV	✗	✗	✓
Verificación por una 3ª parte independiente	✓	✗	✓
Comunicación al consumidor final	✓	✓	✗
Comunicación entre empresas	✗	✗	✓
Compra verde	✓	✗	✓

Tabla 7. Comparativa de los diferentes tipos de etiquetado ambiental. Fuente: <http://www.adaptasg.com/2014/04/tipos-de-ecoetiquetas/>

### 2.4.4 HUELLA DE CARBONO

#### 2.4.4.1 Concepto de huella de carbono

La metodología de huella de carbono surge del análisis de ciclo de vida, siendo un indicador más del impacto ambiental.

La huella de carbono se puede definir como una ecoetiqueta para describir la estimación de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se liberan a la atmósfera, provocadas por las actividades humanas que contribuyen al calentamiento global.

Es una herramienta que es de gran interés para empresas y tiene un crecimiento constante de estudios realizados, aunque hasta el momento no es obligatorio, las administraciones públicas empiezan a fomentar su aplicación. Toda empresa u organización debe darle importancia especial como herramienta clave para combatir el cambio climático y así entre todos llegar a conseguir cumplir los objetivos del Protocolo de Kioto.

Para cumplir estos objetivos las empresas, a través de un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y su evaluación, decidirán cómo y de donde van a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y GEI.

Es un mecanismo aplicable desde la extracción de las materias primas hasta el fin de vida del producto, lo que lo convierte en una herramienta para que se puedan seleccionar productos según su sensibilización ambiental.

#### 2.4.4.2 Ventajas que aporta el cálculo de la huella de carbono

Las ventajas del cálculo de la huella de carbono descritas en el libro “Análisis de ciclo de vida y huella de carbono” (contenido en la bibliografía) se pueden resumir en los siguientes puntos:

- *“Incorporación del factor “impacto de emisiones” como criterio de selección de proveedores, materiales, diseño de producto, etc.*
- *Al tener una perspectiva de ciclo de vida, la huella de carbono es el mejor indicador del grado de eficiencia energética de la empresa permitiendo optimizar su gestión.*

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- *Cumplimiento de la actual legislación medioambiental y situación en la parrilla de salida para adaptarse a la futura legislación más restrictiva en este sentido.*
- *Identificación de posibilidades de ahorro de costes.*
- *Mejora de la comunicación ya que posibilita a otras organizaciones completar sus huellas de carbono y demuestra ante terceros el compromiso de responsabilidad por la sostenibilidad y el medio ambiente.*
- *Satisface las demandas de los consumidores concienciados ambientalmente ofreciendo una información veraz y fiable.*
- *Supone un cambio de enfoque dentro de la organización y es un mecanismo de promoción de la sostenibilidad de la empresa a nivel interno y externo.*
- *A corto plazo será un importante elemento diferenciador en el mercado frente a competidores aportando valor añadido al producto.”*

Los cálculos de huella de carbono se clasifican en función del foco de emisiones, en directas e indirectas. Las emisiones de GEI a continuación se dividen en 3 alcances para facilitar su detección:

1. Emisiones directas de GEI: emisiones liberadas in situ en el lugar que se produce la actividad. Por ejemplo, las emisiones provenientes de coches, combustión de calderas, etc.
2. Emisiones indirectas de GEI: son las emisiones consecuencia de las actividades como pueden ser las asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por una organización o empresa para la fabricación de su producto.
3. Otras emisiones indirectas: actividades logísticas (transporte de materias primas, transporte de productos terminados).

A continuación podemos ver un esquema de los tres tipos de alcances:

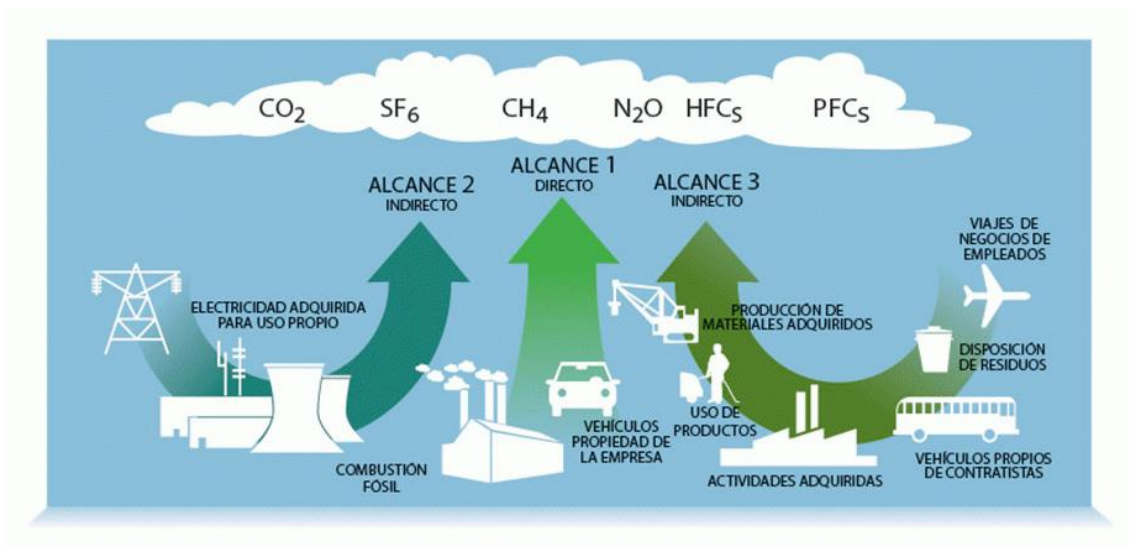


Figura 17. Resumen de alcances y emisiones. Fuente: Protocolo GHG

### 2.4.4.3 Metodología de cálculo:

En una primera aproximación se podría decir que:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Huella de carbono (CO<sub>2</sub> eq)= Dato de Actividad x Factor Emisión

Donde el dato de actividad es el que define la actividad generadora de emisiones de GEI y el factor de emisión es la cantidad de GEI emitidos para esa actividad.

Ahora que se ha explicado un poco como es el cálculo de la huella de carbono, se describen a continuación las metodologías más reconocidas mundialmente para calcular la huella de carbono.

Dentro de enfoque corporativo de empresas u organizaciones:

- GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard): desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), ONG radicada en Estados Unidos y el Consejo Mundial Empresarial para el desarrollo sostenible (WBCSD), es uno de los más utilizados a nivel mundial para cuantificar y gestionar emisiones de GEI.

Este protocolo cubre la contabilidad y reporte de los seis GEI del Protocolo de Kyoto: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub>.

A partir de este protocolo se desarrolla la norma UNE-EN ISO 14064: 2006<sup>24</sup> que se estructura en tres partes y un conjunto de criterios de contabilización y verificación de los GEI.

- La norma UNE-EN ISO 14065:2012. Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento.
- PAS 2060: desarrollado por el British Standard Institute (BSI), sigue el enfoque de PAS 2050 (se explica más adelante en enfoque de producto), está dirigida al cálculo y difusión de huellas de carbono y es aplicada por empresas u organizaciones que quieren convertir sus emisiones de CO<sub>2</sub> en neutras.
- Indicadores GRI (Global Reporting Initiative): participan empresas y gobiernos de todo el mundo y tienen por objetivo establecer un marco de trabajo común a nivel mundial en temas de sostenibilidad con indicadores que permiten disponer información comparable económica, ambiental y social de la empresa u organización.

Los enfoques de producto tienen una mayor relevancia que los corporativos ya que se acercan más al consumidor y son más comprensibles. A continuación se explican algunas metodologías actuales para el cálculo de la huella de carbono de productos y servicios:

- GHG Protocol: fue pionera para el cálculo de enfoques corporativos como se explicó anteriormente pero también es una herramienta para productos y servicios desde el 2008.

---

<sup>24</sup> La norma UNE-EN ISO 14064:2006 se estructura en tres partes:

- ISO 14064-1:2006. Gases de efecto invernadero-Parte 1: Especificaciones para cuantificar, monitorizar e informar sobre emisiones de gases de efecto invernadero (y su remoción) a nivel de Organizaciones.
- ISO 14064-2:2006. Gases de efecto invernadero- Parte 2: Especificaciones para cuantificar, monitorizar e informar sobre emisiones de gases de efecto invernadero (y su remoción) a nivel de proyectos.
- ISO 14064-3:2006. Gases de efecto invernadero- Parte 3. Especificaciones para la validación y verificación de aseveraciones sobre gases de efecto invernadero.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- PAS 2050: elaborada por el British Standards Institution (BSI) en colaboración con el DEFRA<sup>25</sup> y el Carbon Trust<sup>26</sup>. Metodología basada en el ACV y que evalúa cantidades equivalentes de CO<sub>2</sub> generadas a lo largo del ciclo de vida de productos y servicios. Para poder realizar la huella de carbono de un ACV de un producto se han de incluir en el estudio todos los procesos de fabricación, transporte y almacenaje de productos fuera de la planta, el patrón definido de uso para el producto y los procesos de disposición y reciclaje del producto.

*“Los alcances considerados en la especificación son:*

- *De ‘negocio a negocio’ (B2B) orientado a aquellos agentes que deseen calcular la huella de carbono derivada de sus decisiones, diseños, proyectos o prescripciones.*
- *De ‘negocio a consumidor’ (B2C) en el que se realiza un análisis de la cuna a la tumba del producto y que está orientado a la comunicación de la huella de carbono al consumidor final.*

*Según la especificación del proceso ha de llevarse siguiendo los siguientes pasos:*

- *Crear un mapa de proceso de ciclo de vida del producto/servicio identificando las fuentes de emisiones de GEI asociadas al mismo.*
- *Definir los límites y diseñar un cálculo de la huella de carbono ideal que ayude a priorizar esfuerzos.*
- *Recopilar los datos necesarios, como los desplazamientos, materiales, consumos energéticos, etc.*
- *Calcular la huella de carbono del producto/servicio.*
- *Evaluación de la incertidumbre del análisis de la huella de carbono (opcional).”*

### 2.5 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA CONSTRUCCIÓN

En el sector de la construcción, igual que en otros sectores, se producen impactos en el medioambiente durante la realización de los trabajos y operaciones necesarias para construir una edificación.

Algunos de los impactos más relevantes son el sobreconsumo de energía, materiales o productos, y de agua, y la generación de residuos y emisiones contaminantes.

Concretamente, la construcción urbana representa en torno al 60% de las extracciones de materia prima de la litósfera y en España representa en torno al 12% del consumo total de agua. Asimismo, la construcción en España llega a generar cerca de una tonelada de residuos por habitante y año, del que, según el informe Symonds & Ass<sup>27</sup>, tan solo se recicla el 5% y el resto, a pesar de tener

---

<sup>25</sup>DEFRA es el Departamento de medioambiente, alimentos y asuntos rurales.

<sup>26</sup> Carbon Trust es una organización, con sede en Reino Unido, China, México, Brasil, India, Sudáfrica y Estados Unidos, que cuenta con expertos independientes con la misión de acelerar el movimiento hacia una economía sostenible baja de carbono. Después del PAS 2050 desarrollo la herramienta de cálculo Footprint Expert en The Carbon Trust Footprinting Company (TCTFC) que ha obtenido numerosas huellas de carbono.

<sup>27</sup> Informe Symonds & Ass: informe (febrero de 1999) que recoge las medidas utilizadas en la Unión Europea para influir sobre la gestión de los residuos de construcción y demolición y posteriormente se recogen en el Informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (enero de 2002).

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

un gran potencial de reciclabilidad va a parar a un verteredero. (G, Arana- Landín, E. Cilleruelo, J. C. Aldasoro, 2012)

Además, casi el 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> que se emiten a la atmósfera tiene relación directa con la construcción y uso de edificios, con la consecuente incidencia sobre el cambio climático. (Marti i Rague, 2010)

Estas consecuencias e impactos ambientales producidos durante todas las etapas, por las que se pasa para la construcción de edificaciones y su posterior uso, están interrelacionadas, de modo que los impactos en las primeras condicionan los impactos en las siguientes etapas.

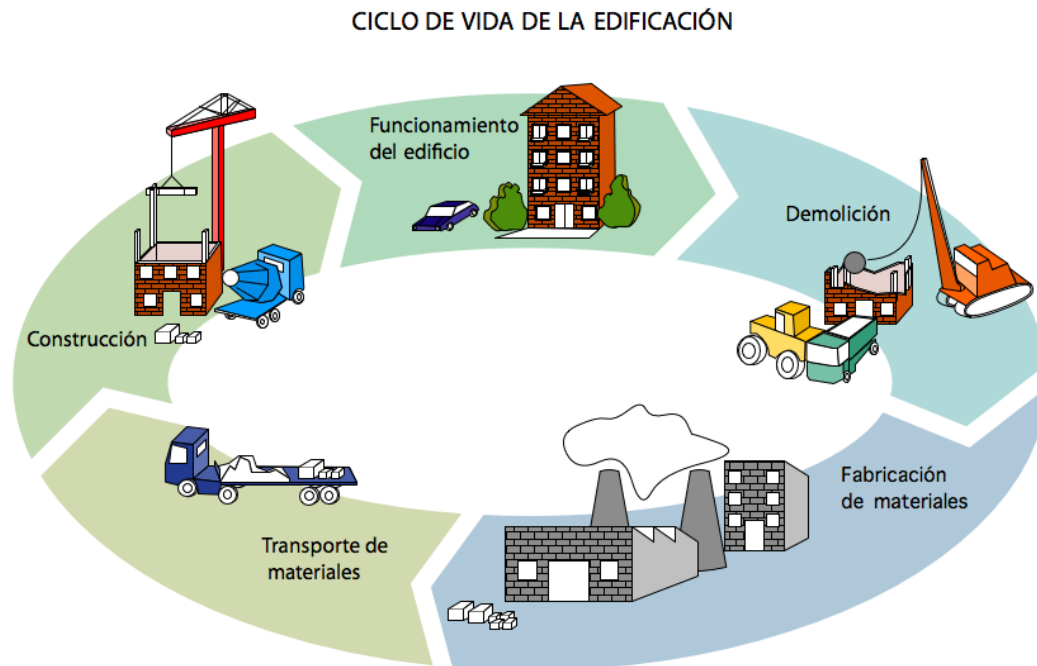


Figura 18. Ciclo de vida de la edificación. Fuente: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos-historico/numeros-antiores/53-edificios-verdes>

En una obra los impactos ambientales existen a lo largo de todo su ciclo de vida, comenzando, ya antes de llegar a ella, por la extracción de materias primas y su transporte, el consumo de energía necesario para la fabricación de los materiales constructivos y su transporte de las plantas de producción hasta la obra. Durante la ejecución de la edificación se producen también con los movimientos de tierra, consumos energéticos y residuos.

Una vez construido, para la satisfacción de las demandas de los usuarios el consumo de energía y agua, el mantenimiento del edificio y finalmente su demolición y disposición final de todos los elementos constructivos al final de su vida útil también producen impactos ambientales.

A pesar del elevado impacto tanto ambiental como energético que se presenta en todas las etapas del ciclo de vida de un edificio, es imprescindible analizarlas bien, con el objetivo de buscar oportunidades de mejora.

Actualmente la disminución de los impactos se estudia y ejecuta en la etapa de uso de los edificios, pero el marco normativo también obligará a que el resto de etapas que forman parte del ciclo de vida cumplan exigencias, especialmente en lo referente al impacto de la producción de los materiales de construcción utilizados.

Además, es importante tener en cuenta que existe una gran diferencia entre un proceso industrial, por ejemplo la fabricación de un producto, y el ámbito de la construcción debido a que la

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

temporalidad y la ubicación en la construcción es variable (forma parte de una industria que realiza sus procesos *in situ*). Una vez que se termina la obra, la industria se traslada y queda afincada a un nuevo espacio, con una permanencia temporal finita y una nueva construcción a realizar distinta, mientras que en un proceso industrial no ocurre.

Los productos utilizados en la construcción, generalmente, son productos resultantes de plantas industriales que tienen su propio ciclo de vida y se unen al ciclo de vida propio de una edificación. Estos productos tienen un largo período de vida útil de existencia hasta la demolición, ya que es difícil hacer una separación de sus componentes, por factores intrínsecos al propio sistema de producción, hecho que dificulta la reutilización o, incluso, hasta el mismo reciclaje. (García-Tornel, 2001)



Figura 19. Ciclo de vida de un producto de construcción. Fuente: <https://oliebana.com/2012/09/23/analisis-de-ciclo-de-vida-acv-en-la-construccion/>

Desde una perspectiva de ciclo de vida, la reducción del impacto medioambiental pasa por el uso de materiales renovables o reciclados en las edificaciones, como la madera, las fibras vegetales, las pinturas y barnices naturales, etc., con un bajo nivel de procesado industrial.

Para la reducción del impacto medioambiental de los edificios es necesaria la aplicación de metodologías de evaluación de impacto adecuadas, con el objetivo de analizar todas las fases del ciclo de vida para poder realizar mejoras, futuras y también actuales.

Así las cosas, en todos los ámbitos del sector de la construcción en general, se hace necesario el desarrollo de sistemas de gestión, formados por un conjunto interrelacionado de elementos (métodos, procedimientos, instrucciones, etc.), mediante los que se planifica y/o ejecuta y/o controla determinadas actividades relacionadas con los objetivos prefijados, que utilicen herramientas y estrategias para reducir estos impactos negativos.

Dentro del sector existen herramientas específicas como son:

- Las herramientas VERDE que permiten evaluar la sostenibilidad de un edificio teniendo en cuenta aspectos regionales o locales, utilizando la técnica de adición de impactos de una forma objetiva. (G, Arana- Landín, E. Cilleruelo, J. C. Aldasoro, 2012)
- Los modelos destinados a reducir fuentes de impacto determinadas como los modelos destinados a reducir el consumo de energía. (G, Arana- Landín, E. Cilleruelo, J. C. Aldasoro, 2012)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Las declaraciones ambientales de producto (EPD) que muestran información cuantitativa sobre el perfil ambiental del producto basada en indicadores de impacto ambiental. Esas declaraciones se basan en estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) elaborados por la empresa y que pueden ser verificados por una tercera parte independiente. (G, Arana-Landín, E. Cilleruelo, J. C. Aldasoro, 2012)
- Los sellos asociados a la norma de ecodiseño. Entre estas herramientas, el ECOPROYECTO permite al redactor del proyecto crear un distintivo basado en una declaración en el que muestra cómo el proyecto ha superado los valores mínimos de ponderación de los impactos asociados a los aspectos ambientales. (G, Arana-Landín, E. Cilleruelo, J. C. Aldasoro, 2012)

Para estos sistemas de gestión se requiere la aplicación de metodologías de evaluación de impacto adecuadas, de carácter global, y que incluyan todas las etapas de la vida de un edificio.

Según la Comisión Europea la metodología del ACV constituye el mejor marco disponible para la evaluación de la sostenibilidad de la construcción de cualquier tipo de actividad, producto o servicio sin límites geográficos, funcionales o temporales, ya que se examinan todos los procesos.

Esta metodología desarrollada principalmente para el diseño de productos o materiales bajo impacto ambiental, ha evolucionado y ya se utiliza para la evaluación ambiental.

A pesar de que existen estudios de ACV de productos industriales desde hace más de 40 años, su aplicación al sector de la edificación es relativamente reciente y requiere de un esfuerzo investigador para la correcta adaptación de la metodología que garantice su uso generalizado por parte de los agentes del sector. (Proyecto Enerbuilca, 2012)

El ACV conlleva innumerables oportunidades para el sector de la construcción, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con vistas a la planificación de estrategias de ecoeficiencia en la edificación, como por ejemplo:

- la identificación de oportunidades para mejorar los impactos medioambientales en el sector de la construcción considerando el ciclo de vida completo de los edificios,
- el establecimiento de prioridades para el diseño ecológico o la eco-rehabilitación de edificios,
- la comparación de distintas opciones de diseño y de productos concretos,
- el establecimiento de estrategias y políticas fiscales para gestionar los residuos de la construcción y el transporte de materiales,
- la definición de nuevos programas de I+D+i y de normativa de ecoeficiencia,
- la implantación de políticas de ayudas a la construcción y a la rehabilitación. (Proyecto Enerbuilca, 2012)

La aplicación del ACV en la edificación conlleva una mayor complejidad con respecto a otros sistemas más sencillos, como es el estudio de la fabricación de un producto del cual se dispone de más información detallada y es más controlable por su menor complejidad frente al ACV de un edificio entero.

Podríamos decir que los edificios son un tipo de “producto” muy especial porque tienen un largo periodo de vida y a menudo pueden sufrir modificaciones en su uso a lo largo de ella. Es muy complicado establecer unos límites del sistema a analizar y la asignación de los impactos medioambientales, ya que la unidad funcional utilizada en el ACV se ve afectada por tener



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

múltiples usos (edificio con viviendas, oficinas, garajes, etc.), contienen una gran cantidad de materiales diferentes que lo componen, son únicos (rara vez se pueden encontrar dos edificios iguales aun estando construidos con los mismos materiales) y están integrados dentro de una urbanización en la que existen diversas infraestructuras varias.

En consecuencia, para la realización del estudio de ACV son necesarios una gran cantidad de datos, por lo que normalmente se utilizan programas informáticos, elegidos en función del tipo de estudio a realizar.

A nivel edificio, las aplicaciones utilizan una serie de parámetros que cumplen con ciertos valores establecidos previamente: recursos energéticos (máximo rendimiento y utilización de las energías renovables), materias primas (mínimo consumo), reciclaje y reutilización de recursos, mínima contaminación y utilización de compuestos tóxicos, residuos (mínima producción), agua (mínimo consumo y máximo tratamiento), emisiones atmosféricas (minimización y control), contaminación acústica y suelos (prevención de la contaminación). Las dos aplicaciones más extendidas en el mercado para la evaluación del impacto ambiental, que permite llevar a cabo un estudio de ACV, en edificación son BREEAM Y LEED. (Carabaño, Bedoya y Ruiz, 2014)

MÉTODOS DE EVALUACIÓN	
BREEAM	LEED
<ul style="list-style-type: none"> <li>- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) es el primer método de evaluación, calificación y certificación de la sostenibilidad de los edificios. En España está afiliada en el Instituto Tecnológico de Galicia.</li> <li>- Se puede aplicar a casi cualquier edificio y ubicación, cuenta con versiones para edificaciones nuevas, edificios existentes, proyecto de remodelación y grandes desarrollos, abarcando todo el ciclo de vida, la planificación de su uso y su posible renovación.</li> <li>- Sus criterios de evaluación cubren los procesos de gestión de energía y agua, la salud y el bienestar, la contaminación, el transporte, materiales y residuos.</li> <li>- Los edificios son calificados en una escala de “Pass”, “bueno”, “muy buena”, “excelente” y “excepcional”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LEED (Leadership in Energy &amp; Environmental Design) es un sistema desarrollado para la certificación de edificaciones sostenibles y basado en el análisis y validación por parte del GBC (Green Building Council).</li> <li>- Está disponible para todo tipo de construcciones, como nuevas construcciones, edificios existentes y remodelaciones, y es de aplicación voluntaria.</li> <li>- Se basa en la incorporación aspectos sostenibles como la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la eficiencia del consumo de agua, buena elección de materiales y la mejora de calidad ambiental interior y de los espacios libres de la parcela donde se encuentre el edificio.</li> <li>- Se clasifican en una escala de: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum).</li> </ul>

Tabla 8. Principales métodos de EICV de edificios. Fuente: Elaboración propia

A nivel de producto, las aplicaciones necesitan, además de los parámetros anteriores, parámetros concretos que vendrán definidos por la metodología de evaluación de impactos. Una diferencia importante entre los diferentes métodos reside en la opción de analizar el efecto último del

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

impacto ambiental (endpoint) o bien considerar los efectos intermedios (midpoint). Entre todas las aplicaciones destinadas a la certificación ambiental de productos o DAP destacan GaBi y SimaPro (se explicarán más adelante) (Carabaño, Bedoya y Ruiz, 2014).

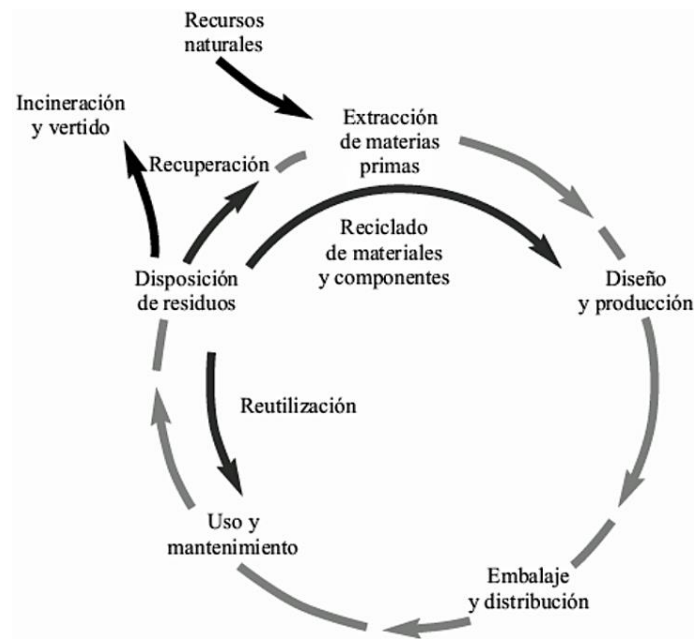


Figura 20. Ciclo de vida de un producto. Fuente: Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al sector de la edificación.

Una gran ventaja de esta metodología es que permite detectar situaciones en las que un determinado producto parece más ecológico que otro simplemente porque transfiere cargas ambientales a otros procesos o zonas geográficas, sin que se produzca una mejora real desde el punto de vista global (Proyecto Enerbuilca, 2012).

Tanto a nivel del edificio como de producto o material los estudios de ACV tienen como objetivo promover la práctica coherente y sensata de la construcción sostenible, pudiendo llegar a facilitar la consecución de un etiquetado medioambiental de los edificios.

Para llevar a cabo la realización de un ACV en el sector de la construcción es necesario conocer y analizar las diferentes etapas del ciclo de vida de un edificio.

Para conocer estas etapas del ciclo de vida se ha consultado la norma UNE-EN ISO 15978: 2012 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Métodos de cálculo.

Esta norma está basada en ACV y otra información ambiental cuantificada, que permite evaluar el comportamiento ambiental de un edificio e indica cómo elaborar un informe y comunicar los resultados de evaluación, explica de forma detallada las etapas de ciclo de vida del edificio, que se explican a continuación.

# CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

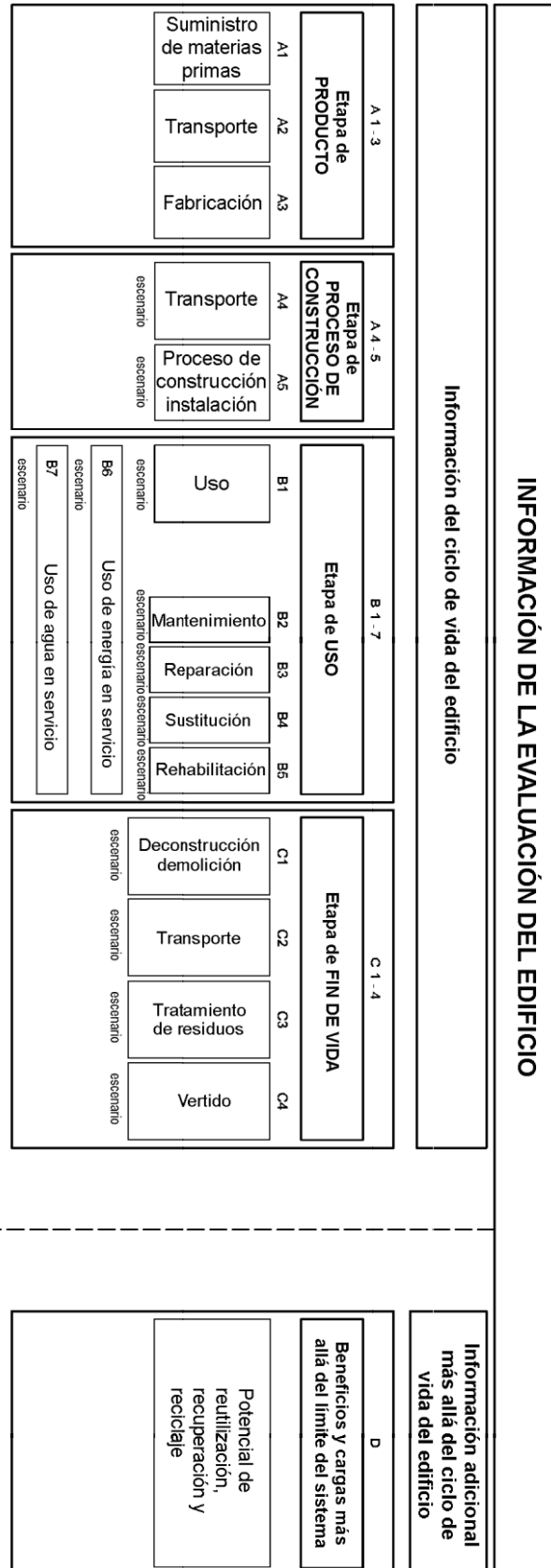


Figura 21. Esquema de los módulos de información para las diferentes etapas de evaluación del edificio. Fuente: Norma UNE-EN ISO 15978:2012 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Según esta norma el ciclo de vida completo de una edificación se divide cuatro etapas formadas por los siguientes módulos de información:

- 1) A1-A3: etapa de producto, módulos de información.

La etapa de producto incluye el suministro de todos los materiales, productos y energía, así como el tratamiento de residuos hasta el estado de fin de residuo o la eliminación del residuo final durante la etapa del producto.

- A1: extracción y procesado de materias primas;
- A2: transporte al fabricante;
- A3: fabricación;

- 2) A4-A5: etapa de proceso de construcción, módulos de información.

La etapa de proceso incluye, además de lo mencionado en el punto 1, los impactos y aspectos relacionados con las pérdidas en esta etapa del proceso de construcción (es decir la producción, el transporte y tratamiento de residuos y la eliminación de los productos y materiales perdidos.

- A4: transporte a la obra;
- A5: instalación en el edificio.

- 3) B1-B5: Etapa de uso, módulos de información relacionados con la estructura del edificio.

La etapa de uso incluye todo lo mencionado en los apartados 1 y 2.

- B1: uso o aplicación del producto instalado;
- B2: mantenimiento;
- B3: reparación;
- B4: sustitución;
- B5: rehabilitación

- 4) B6-B7: etapa de uso, módulos de información relacionados con el funcionamiento del edificio.

La etapa incluye el suministro y transporte de todos los materiales y productos y el suministro de energía y agua, así como el tratamiento de residuos hasta el estado de fin de residuo o la eliminación del residuo final durante la etapa de uso.

- B6: uso de energía en servicio (por ejemplo el funcionamiento del sistema de calefacción y otros servicios instalados vinculados al edificio);
- B7: uso del agua en servicio.

- 5) C1-C4: Etapa de fin de vida, módulos de información.

La etapa incluye el suministro y transporte de todos los materiales y productos, y el uso de energía y agua asociado.

- C1: deconstrucción, demolición;
- C2: transporte hasta el lugar de tratamiento de los residuos;

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- C3: tratamiento de residuos para su reutilización, recuperación y/o reciclaje;
- C4: eliminación.

6) D: Beneficios y cargas más allá de los límites del sistema.

La etapa incluye:

- D: potencial de reutilización, recuperación y/o reciclaje, expresados como cargas y beneficios netos.

En función de esta clasificación (A1-A3, A4-A5, B1-B5, B6-B7, C1-C4, D) la información del ciclo de vida podemos dividirla según su estudio en:

- Ciclo denominado “cuna a puerta”. Solo etapa de producto: suministro de materias primas, el transporte, la fabricación y los procesos asociados.
- “Cuna a puerta con opciones”, etapa de producto y otras etapas seleccionadas del ciclo de vida. Además del suministro de materias primas, el transporte, la fabricación y los procesos asociados incluye otras opciones, como por ejemplo opciones de fin de vida de producto.
- “Cuna a tumba” incluye todas las etapas del ciclo de vida de un edificio que va desde la etapa de producto, la instalación en el edificio, el uso y mantenimiento, las sustituciones, la demolición y el tratamiento de residuos para la reutilización, recuperación, reciclado y eliminación, o eliminación.

### 3 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

##### 3.1.1 GENERALIDADES DE LA MADERA

La madera y sus productos son un excelente material de construcción, su utilización como sistema constructivo o como elemento estructural ha acompañado al hombre a lo largo de toda su historia.

Actualmente, tanto desde el punto de vista estructural como ecológico y medioambiental compite con el resto de materiales ofreciendo garantías fiables y ventajas económicas dentro del mercado.

La madera se define como la materia leñosa y lignocelulósica de los árboles situada entre la medula y la corteza, cuyas características principales son la heterogeneidad y la anisotropía.

Por ser de origen vegetal, su estructura celular se encuentra sometida a las variaciones climáticas, al cambio continuo y su movimiento natural. Es importante valorar las características que posee como son la fortaleza, durabilidad, flexibilidad, etc., que varían enormemente según la especie, variedad y parte del árbol elegida

Al ser un material tan imprevisible, hace necesario, que para el trabajo de la madera, el conocimiento de su composición, propiedades de forma universal y también de forma concreta para cada especie.

Los árboles se caracterizan por su crecimiento, año tras año, formando anillos concéntricos correspondientes al diferente crecimiento de la biomasa según las estaciones, y que están compuestos por fibras de celulosa<sup>28</sup>, sustancia que forma el esqueleto, unidas con lignina, que le proporciona rigidez y dureza.

Más en detalle, si hablamos de componentes moleculares tenemos:

---

<sup>28</sup>La composición de un árbol, aunque puede variar, es:

- La celulosa (presente en un 50%) es un polisacárido estructural formado por glucosa o hidrato de carbono, se encuentra en las paredes de las células de las plantas formando tejidos de sostén y que se puede descomponer rápidamente con la humedad, pero es inalterable en ambiente seco.
- La lignina (20%): polímeros orgánicos que aportan rigidez y dureza en la madera, ya que actúan como cementante uniendo las fibras de la madera entre sí.
- Hemicelulosa( ~20%) es la responsable de la unión fibrosa en la madera, sin influir en la dureza ni en las propiedades mecánicas. Son fácilmente atacables por los hongos.
- Otras: como reninas, almidón, taninos, etc.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

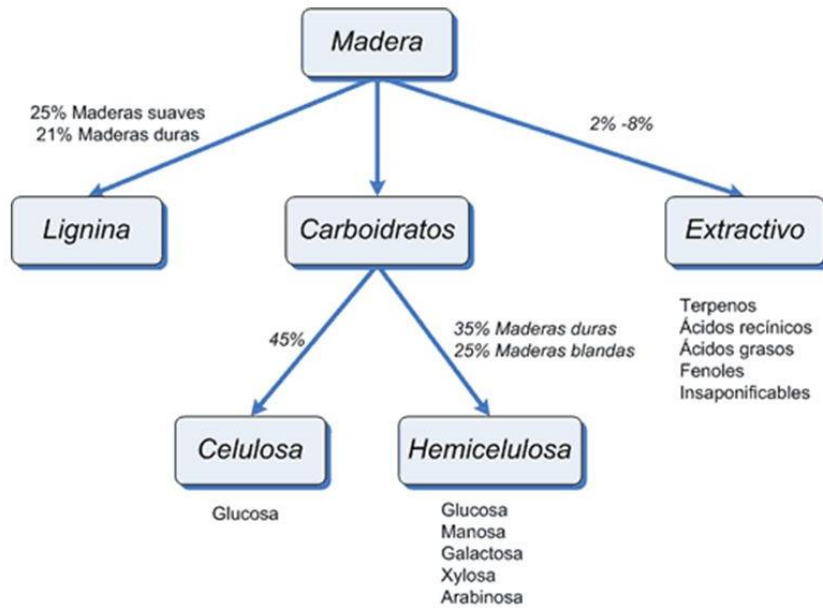


Figura 22. Composición química de la madera. Fuente: CEDRIA, 2015

La estructura de la madera de un tronco de un árbol, desde el exterior hacia el interior, está formada por las siguientes partes:

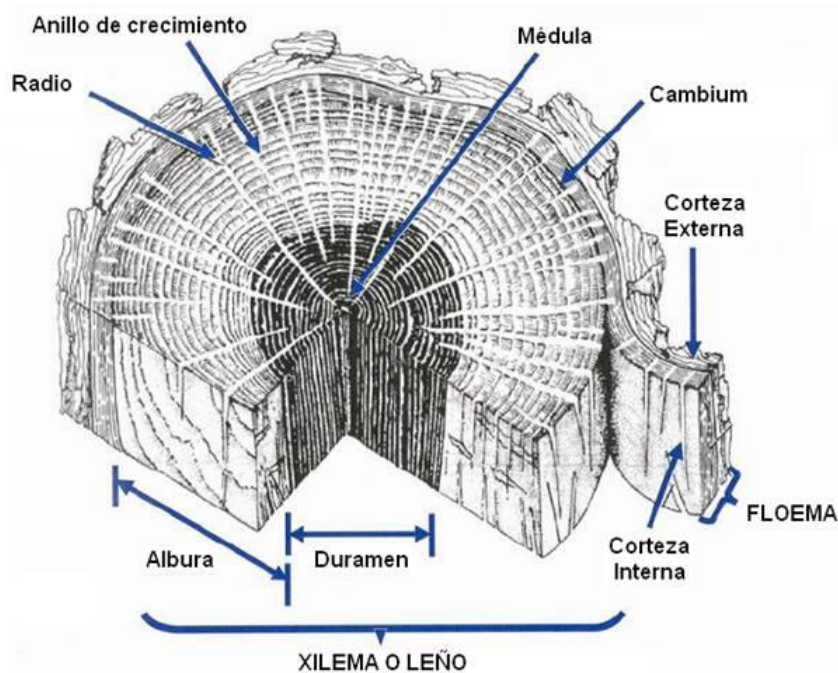


Figura 23. Estructura de la madera. Fuente: [http://forest112.com/appLearning/course/insectos-floefagos-xilofagos-y-mielofagos-en-frondosas/?course\\_type=content&course\\_page=1](http://forest112.com/appLearning/course/insectos-floefagos-xilofagos-y-mielofagos-en-frondosas/?course_type=content&course_page=1)

- a) Súber o corteza exterior: parte que se renueva constantemente y cuya función es dar aislamiento y protección contra los agentes atmosféricos, no permite el paso de agua de lluvia, ni que se produzca una evaporación demasiado fuerte por la incidencia del sol. Además sirve de protección contra otros peligros del exterior como la invasión de hongos e insectos.

- b) Líber, floema o corteza interior: formada por tejido vivo conductor que permite el transporte, hasta las raíces, del oxígeno absorbido y de la savia elaborada y de las sustancias orgánicas fabricadas en la fotosíntesis. Estas células viven un tiempo y luego se convierten en súber, formando parte de la corteza exterior protectora.
- c) Cámbium: esta capa constituye la base de crecimiento del árbol, cada año produce alternativamente células de floema y xilema. Cuando una célula del cámbium se divide para formar células de xilema, la que ocupa una posición más interna de las dos resultantes se transforma en xilema, mientras que la exterior sigue actuando como cambium en la división siguiente. Cuando ésta ocurre, la célula más externa se transforma en célula del floema, y la interna sigue actuando como cambium, y así sucesivamente. Las auxinas, hormonas que se generan en los brotes de las hojas y extremos de las ramas tan pronto como comienzan a brotar en primavera son las responsables que se produzcan los cambios químicos que originan este crecimiento. Otras de funciones es formar tejido cicatricial regenerando el tejido protector del árbol.
- d) Xilema: está formado por tejido leñoso. Dado que las células del xilema producidas en primavera son grandes y las formadas más tarde pequeñas, y que durante el invierno el crecimiento se interrumpe, la madera que se forma cada año adopta la forma de anillo anual o de crecimiento. Se diferencian unos de otros por una diferencia de color que alterna el claro (madera primeriza correspondientes al crecimiento primaveral), y el oscuro (madera tardía correspondiente al crecimiento otoñal más lento), de forma que cada alternancia de anillo claro a anillo oscuro indica un año en la vida del árbol. La anchura de cada anillo se ve afectada por el clima, el tipo de árbol y otras variables.
- e) Albura: la constituyen los anillos claros más jóvenes y su tejido es el encargado de transportar agua y nutrientes minerales desde la raíz a las hojas, desde las que pasan a la atmósfera.
- f) Duramen: a medida que el tronco crece, los anillos del xilema se oscurecen y envejecen formando el duramen o corazón. No es una parte viva pero es la parte central y sustentadora del árbol.

### 3.1.1.1 Clasificación de la madera

Las maderas pueden clasificarse de diferentes formas dependiendo del criterio que se emplee.

#### - MADERA NATURAL:

Cada especie se regirá por unas pautas de conducta que se generan a partir de sus propiedades químicas intrínsecas, dependientes de la naturaleza de la tierra donde se desarrolla; físicas, originadas por el sometimiento del árbol a los agentes atmosféricos de la zona donde se encuentre.

Podemos clasificar la madera natural en dos grandes grupos las angiospermas o frondosas y gimnospermas o coníferas. Emplearemos los términos frondosa y conífera para referirnos a cada grupo de manera más coloquial.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Para diferenciar estos dos grupos vulgarmente se distingue entre maderas duras y maderas blandas, haciendo referencia a frondosas y coníferas, pero estos términos no son exactos, ya que existen especies muy blandas, como la madera de balsa que están incluidas en el grupo de las frondosas y de forma contraria maderas duras pertenecientes al grupo de coníferas, familia Cupressaceae, como el copreso (nombre coloquial a ciprés)



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Maderas coníferas: son de crecimiento rápido, con anillos anchos y que son blandas a la hora de su utilización. Por lo general, son menos costosas que las macizas o duras y se utilizan para la construcción, la carpintería y la fabricación de papel y fibra de madera prensada. Pueden identificarse por sus colores claros que van del amarillo pálido hasta el marrón rojizo. Algunos ejemplos son: álamo, abedul, aliso, pino, alnus incana, cedro, etc.
- Maderas frondosas: pertenecen a las angiospermas, es decir, plantas de hojas anchas con floración. La madera proviene de árboles de crecimiento lento, con anillos estrechos que proporcionan una gran dureza. Por lo general, son más duraderas que las maderas blandas y poseen una mayor variedad de colores, texturas y figuras, son muy buscadas y costosas. Algunos ejemplos son: roble, nogal, cerezo, encina, olivo, castaño, olmo, balsa, fresno, caoba, etc.
- MADERA ARTIFICIAL O PREFABRICADA:

La madera prefabricada se puede definir como: derivados de la madera elaborados a partir de láminas o virutas de madera natural tratadas convenientemente.

Algunas maderas artificiales según su proceso de fabricación las podemos clasificar en:

- Aglomerado: el aglomerado de madera es un material compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, unidas entre sí por algún tipo de resina, cola u otro material y posteriormente prensada a temperatura y presión controlada formando el tablero. El origen de las partículas de madera y de los materiales de unión varía y de ahí que sea más o menos ecológico. Existen varios tipos de aglomerado, los más usados son: DM o MDF, plastificado y chapado.
  - Los tableros DM (Fibras de Densidad Media), están conformados por partículas de madera de tamaño medio prensadas en seco, muy uniformes, muy fáciles de trabajar, muy buenos como base para el lacado y para las chapas de madera ya que son muy estables ante los cambios de temperatura.
  - Aglomerado plastificado es un aglomerado (de 3 capas) que recibe en sus caras un recubrimiento de melamina (es un tipo de plástico) que penetra en los poros del tablero y proporciona un agarre perfecto, puede ser en colores lisos o de imitación a maderas, granitos, etc.
  - Aglomerado chapado es un aglomerado de tres capas al que se le ha pegado en sus caras chapa de madera natural.
- Tablero de partículas: se obtiene de la misma forma que el aglomerado, pero en lugar de virutas de madera se utiliza polvo de serrín.
- Contrachapado: se fabrica mediante la unión encolada y prensada de varias láminas finas de madera, colocándolas con sus fibras perpendiculares entre sí para obtener mayor resistencia en todas las direcciones.
- Laminados: están formados por una base de tablero artificial al que se le ha pegado una lámina muy fina de madera o plástico con un veteado o acabado atractivo.

### 3.1.1.2 Propiedades de la madera

La madera presenta propiedades muy diversas que confieren las características particulares a la materia, definiendo, así mismo, las infinitas variaciones de comportamiento, no solo dentro de cada familia o especie, sino en cada parte del árbol. Las diferencias son también notables dependiendo de la edad del árbol y las condiciones naturales de desarrollo referidas al terreno, clima y otras circunstancias que le afecten directamente.

Destacar, haciendo hincapié en aquellas que consideramos más importantes para este trabajo, las siguientes propiedades:

- a) **Anisotropía:** se define como la desigualdad en el comportamiento en todas las direcciones de las fibras de una misma madera, debida a las diferencias estructurales de los tejidos en los que la actuación de las fuerzas, o presiones externas a las que se someta una madera, determinan el grado de resistencia a las fracturas, dilataciones y contracciones, dependiendo del sentido en que se apliquen.
- b) **Resistencia:** es la propiedad por medio de la que se valora la capacidad de respuesta de las distintas especies de madera frente a la acción ejercida por diversas fuerzas de distinto orden, entre las que se encuentran la resistencia a la tracción, a la compresión, a la flexión, a la cortadura, a la torsión, al pandeo y a la hendibilidad.<sup>30</sup>

La madera es uno de los materiales más idóneos para su trabajo a tracción, por su especial estructura direccional, su resistencia será máxima cuando la sollicitación sea paralela a la fibra y cuando sea perpendicular su resistencia disminuirá.

- c) **Flexibilidad:** la madera puede ser curvada o doblada (dentro de los límites establecidos por las características de cada especie) por medio de calor, humedad o presión. Se dobla con más facilidad la madera joven que la vieja, la madera verde que la seca. Las maderas duras son menos flexibles que las blandas.
- d) **Densidad:** depende de su contenido de agua. Es la relación entre el peso y el volumen de una madera determinada. Se puede distinguir entre densidad absoluta y densidad aparente. La densidad absoluta viene determinada por la celulosa y sus derivados. La densidad aparente viene determinada por los poros que tiene la madera, ya que dependiendo si contienen más o menos agua crece o disminuye la densidad. Depende del grado de humedad, de la época de apeo, de la zona en que esté, etc. ambas densidades unidas dan la densidad real de la madera.
- e) **Dureza:** se define como la oposición de la madera a la penetración de otros cuerpos y la resistencia a la abrasión. Está directamente relacionada con la densidad, a mayor densidad mayor dureza. La zona central de un tronco es la que mayor dureza posee, pues es la más compacta.
- f) **Conductividad:** la madera es mala conductora, dependiendo del nivel de humedad. Por su condición anisotrópica el comportamiento no es igual para las tres direcciones reconocidas<sup>31</sup>, siendo la longitudinal, la paralela al sentido de las fibras, la mayor

---

<sup>30</sup> Es importante conocer los límites de resistencia ofrecidos por la madera, ya sea, de manera general o particular en cada especie, porque de ellos deducimos la capacidad requerida por el material para la realización de un trabajo, que exige unos condicionantes técnicos específicos.

<sup>31</sup> Las tres direcciones principales son:

conductora, seguida de la dirección radial, y en último lugar la tangencial. Son peor conductoras las maderas ligeras y porosas que las densas y pesadas. Deben contemplarse tres tipos de conductividad:

- Térmica: la característica térmica de la madera, viene determinada por su condición estructural, en la que la infinidad de diminutas cavidades celulares producen un efecto aislante del calor.
  - Eléctrica: la madera es un buen aislante eléctrico cuando está seca, ya que es un material mal conductor de la electricidad.
  - Sonora: la madera debido a su estructura porosa, absorbe la energía mecánica transportada por las ondas del sonido que se transforman en calor por el rozamiento, es decir, la madera absorbe las ondas y las transforma, haciendo difícil que atraviesen una masa, convirtiéndose así en un buen aislante acústico.
- g) Higroscopicidad: capacidad de la madera para absorber o ceder agua, fenómeno que está directamente relacionado con el intercambio entre la humedad relativa del aire y la humedad de la madera. Esta propiedad es la responsable directa en la mayoría de las deformaciones físicas que se producen en la madera.
- h) Merma o hinchazón: provocada por la anisotropía y la higroscopicidad. La madera, según la absorción de agua en la microfibras, sufre cambios dimensionales importantes debidos a las variables ambientales.
- i) Plasticidad: es la propiedad que permite a la madera ser doblada en el sentido longitudinal, por la acción de una fuerza, sin que esta vuelva a su posición original después de haber cesado dicha fuerza.
- j) Elasticidad: capacidad de la madera de recuperar su forma original después de haber sido sometida a una flexión. La elasticidad se pierde cuando al desaparecer la fuerza de la flexión la madera no retorna a su posición original, llegado a este punto, se dice que se ha alcanzado el límite de elasticidad.

### 3.1.1.3 Agentes destructores de la madera

Los agentes que pueden atacar a la madera pueden ser:

- Agentes bióticos: organismos que atacan la madera alterando sus características. Los más destacados son:
  - Hongos:

- 
- Dirección axial: paralela al eje del tronco. En esta dirección es donde la madera presenta su mejor comportamiento, sobre todo a flexión y tracción.
  - Dirección radial o transversal: plano transversal al tronco, que pasa por el eje y un radio del tronco. La madera tiene un buen comportamiento a compresión.
  - Dirección tangencial. Plano también transversal, pero tangente al tronco o a los anillos de crecimiento. En este corte es donde la madera presenta mayores alabeos y deformaciones. Por el contrario, es donde se suele presentar las vetas con más belleza.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Xilófagos: microorganismos que no se alimentan de la madera, sino que crean unas encimas que la atacan penetrando por las fisuras que tenga la madera, degradándola.
- Cromógenos: organismos que causan variación en el color superficial de la madera.
- Hongos de pudrición: se alimentan de la madera destruyendo la estructura fibrosa de la madera. Se clasifican en pudrición blanca (afecta a las maderas frondosas) y en pudrición parda (ataca a las coníferas).
- Insectos:
  - Xilófagos: son los más frecuentes en la madera, se alimentan de la madera durante su fase larvaria. A Continuación se muestran las familias más comunes:
    - Isópteros: o más conocidos como termitas (termita común y termita americana).
    - Coleópteros: o más conocidos como carcoma.
  - Agentes abióticos: la madera también se puede degradar por agentes físicos o químicos. Entre los agentes físicos se encuentra la abrasión mecánica o impacto, luz ultravioleta, subproductos de corrosión del metal y entre los agentes químicos se encuentran algunos como los ácidos o bases fuertes.

### 3.1.2 EXPLOTACIÓN DE LA MADERA

Proceso de obtención de la madera:

De los árboles se obtiene la madera, cuyo desarrollo se produce en las zonas forestales, que pueden ser explotados cuando alcanzan el tamaño y desarrollo adecuado.

El proceso desde la extracción de madera de los bosques como materia prima hasta obtener un material para ser trabajado, es el siguiente:

#### 1. Apeo o tala y desrame de la madera:

*“La época de la tala abarca desde la entrada del invierno hasta la primavera (de octubre a abril), ya que por ser este período cuando apenas circula la savia, la madera es menos susceptible de ser atacada por los insectos y enfermedades; además, hay que talar los árboles cuando están en su máximo crecimiento, es decir, ni demasiado jóvenes ni después de que entren en decrepitud.”(Casinello Pérez, Fernando 1973)*

El apeo, corte o tala: trabajo realizado por operarios que consiste en cortar, con herramientas adecuadas como hachas o sierras, transversalmente el árbol y voltearlo hasta que caiga al suelo.

Terminado el proceso de apeado, se procede al desramado del árbol que consiste en cortar las ramas, así se obtiene lo que se denomina tronco.

Al tronco se le puede realizar el descortezado en el bosque con una procesadora o a continuación en un aserradero, que se realiza suprimiendo del tronco toda la corteza, con lo que se obtiene el rollizo.

#### 2. Transporte:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

La madera es transportada desde su lugar de corte al aserradero (también puede ser para plantas de celulosa, canchas o parques y puertos) y en esta fase dependen muchos factores, como la orografía y la infraestructura que haya. Normalmente se extrae con camiones, cuyas dimensiones y características vienen dadas por las condiciones de la vía de acceso.

### 3. Aserrado:

*“En primer lugar se realiza el descortezado realizado con una peladora de cuchillas, que elimina la corteza de los troncos o tronzas, así como, otras impurezas que pueden provocar averías en las siguientes máquinas” (Madeiras Estanqueiro, SL 2016).*

A continuación pasa al carro de serrado principal: se realizan los primeros cortes laterales al tronco para dejar una base de trabajo para las siguientes máquinas. Extrae los costeros (sobrantes del tronco) y corta los anchos de la madera dependiendo de las necesidades y de la calidad de la madera, obteniendo las trozas.

En el carro de serrado siguiente: se sierran las trozas, es decir, se realiza el despiece en tablas o tablones. Consiste en el corte de forma paralela al eje de la pieza, para conseguir el máximo aprovechamiento del tronco.

Los despieces más empleados son:

- “Método de pieza enteriza: el rollo se descortez con la sierra, dado hilos perpendiculares entre sí. Los costeros para piezas más pequeñas, como tablas, virotillos, etc.*
- Despiece en hilos paralelos: es un método empleado para maderas de poca calidad. Se obtienen tablas de igual anchura y sin rastro de corteza.*
- Despiece en cortes paralelos: se obtienen tablones de igual ancho al tronco pero la pieza central se hiende con facilidad. Además las restantes tablas tiende a curvarse hacia la zona periférica en donde aumenta la savia y la humedad.*

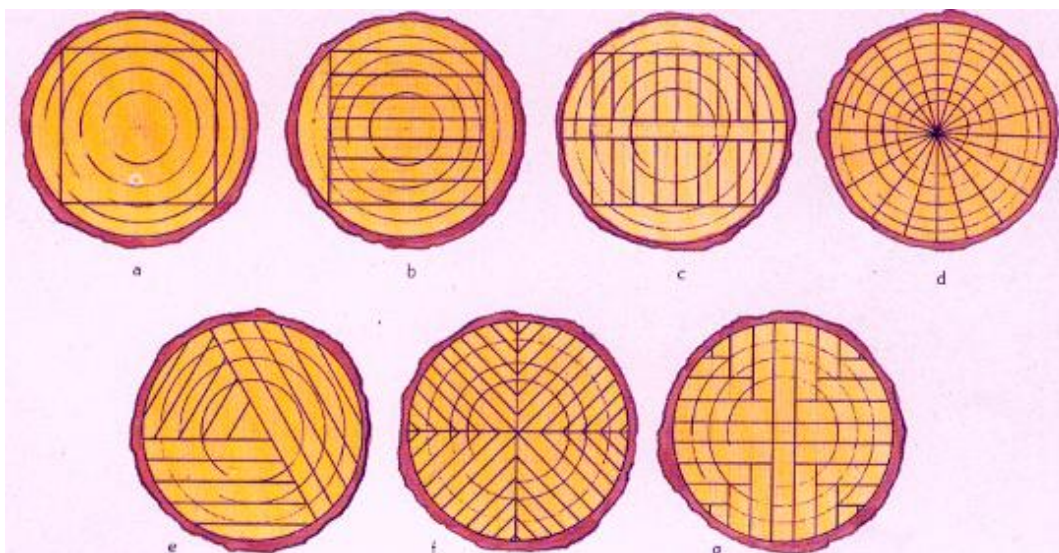


Figura 24. Despieces de la madera. Fuente: Tknika (<http://normadera.tknika.net/es/content/sistemas-para-dividir-un-tronco-en-tablas>)

- Despiece en cortes radiales: es, en teoría, el mejor método para eliminar fendas y alabeos. El corte es radial siguiendo los radios medulares, pero es el método con mayor*

*pérdida si se trata de obtener piezas de sección rectangular. Las piezas así obtenidas conservan las vetas en toda su viveza.*

- e) *Despiece por el método Cantibay: es el método más indicado para eliminar el corazón pero éste se encuentra alabeado o marchito. Se obtienen tablas anchas con un mínimo de desperdicio. Este sistema se emplea en las maderas exóticas.*
- f) *Despiece holandés: es un método muy empleado en maderas de alta calidad ya que se consigue un dibujo y la malla en toda la superficie. Representa una pérdida de madera bastante considerable pero se obtienen tablas de mejores resultados en cuanto a la calidad.*
- g) *Despiece por hilos encontrados: se realizan cortes alternativos en cada cuadrante, paralelamente a los ejes del tronco, reduciendo al mínimo la posibilidad de las deformaciones de las tablas.” (TKnika).*

Si lo que se quiere conseguir son piezas de reducido espesor y gran superficie se realizará un despiece de chapas.

*“El despiece de chapas puede realizarse por cortes: tangenciales, radiales o de rotación.*

*Los cortes tangenciales o radiales se realizan por el sistema de rebanado, en que la troza se mueve verticalmente frente a la cuchilla, cortándose tiras de chapa de veteado muy semejante. Esto permite empalmarlas combinarlas de manera que las vetas resulten simétricas respecto a la línea de unión. Este sistema para chapas de más valor.*

*Los cortes de rotación se hacen por el sistema rotatorio o desenrollo. Consiste en desenrollar la troza como si fuera un rollo de papel, cortándola con una máquina especial llamada torno. Como el corte en este sistema es continuo, la chapa obtenida es más difícil de combinar por su veta, que es menos acusada, pero es el sistema que produce mayor rendimiento.”(Casinello Pérez, 1973).*

#### 4. Secado:

Antes de esta fase, es necesario someter a los paquetes hechos de la madera cortada a una inmersión en un producto protector que proteja la madera del ataque de hongos del azulado.

Esta operación se realiza para quitarle a la madera “verde” el exceso de agua o humedad, en condiciones adecuadas para que no se alteren sus propiedades mecánicas o se ocasionen defectos.

La eliminación de agua de la madera puede hacerse de las siguientes formas:

- *“Secado al aire libre: es la primera etapa del secado, y puede disminuir la humedad de la madera hasta que la humedad del ambiente lo permita. Es recomendable para ciertos productos que se utilizan al CH que les permite el ambiente (durmientes, madera estructural, pisos exteriores). También se utiliza como primera etapa de secado a fin de reducir el tiempo del programa del secado en cámara.*  
*La consideración general para el secado natural es hacerlo bajo techo o cobertura, y de preferencia los extremos de las tablas apiladas no deben estar expuestos a la radiación solar.*  
*El apilado de madera depende de las características de la especie y puede ser: en triángulo horizontal, en talanqueras o caballetes o apilado horizontal con separadores.” (AIDER, 2013).*

- *“Secado artificial o industrial: consiste en colocar la madera apilada en una bodega o túnel cerrado, aislado térmicamente, en el cual el aire caliente es circulado en forma continua sobre las piezas de madera a secar, bien sea con ventiladores o por convención.*

*Estos hornos de secado permiten ejercer un control de los factores que determinan el secado de la madera. Se puede aplicar la humedad relativa y la temperatura adecuadas según la madera. Además es posible controlar los defectos que se puedan ocasionar, variando las condiciones de secado y por último acondicionar la madera para el CH% final.” (Guatibonza Amado, 2010).*

### 3.2 LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

#### 3.2.1 La importancia de madera en la construcción

*“La madera y sus productos son un excelente material de construcción, no siempre bien conocido por prescriptores y usuarios motivo por el cual en entre algunos colectivos no goza de buena imagen, asociándolo de forma errónea con escasa durabilidad y resistencia al fuego. Esta situación es bastante común en los países del Sur de Europa” deduce del “estudio de percepción cualitativa” desarrollado por la Comisión Europeo en colaboración con CEI Bois.*

Sin embargo, en el norte de Europa la madera se usa principalmente como elemento de construcción para viviendas.

Si comparamos Europa con Norteamérica, allí la madera en la construcción tiene una posición mucho más fuerte. *“La razón para esto es principalmente que la ligereza de las construcciones en madera se han considerado muy competitivas en el mercado de la construcción, que tradicionalmente ha sido mucho más eficiente y dirigido al consumidor que en Europa. Esto es parcialmente debido a la uniformidad y gran tamaño del mercado que puede dirigirse hacia sistemas de construcción más estandarizados resultado de economías de escala y mayor eficiencia.”<sup>32</sup>*

En el sector español actualmente, la madera se ha convertido en una gran oportunidad, mejorando su competitividad y apostando por la tecnología y la sostenibilidad.

*“La industria de la madera en España es consciente de sus necesidades de abastecimiento, y es la primera interesada en disponer de recursos suficientes para mantener su actividad, por eso apuesta por una Gestión Forestal que asegure el futuro de los bosques.*

*Los avances tecnológicos aplicados a la madera que se han desarrollado en los últimos años han permitido terminar con uno de los mitos existentes en relación a este material: que el uso de la madera va ligado a las construcciones tradicionales. Nada más lejos de la realidad. Hoy en día, se desarrollan permanentemente obras de ingeniería totalmente vanguardistas realizadas con madera técnica.*

*Los avances tecnológicos aplicados a la madera que se han desarrollado en los últimos años han permitido terminar con uno de los mitos existentes en relación a este material: que el uso de la madera va ligado a las construcciones tradicionales. Nada más lejos de la realidad. Hoy en día, se desarrollan permanentemente obras de ingeniería totalmente vanguardistas realizadas con madera técnica.”<sup>33</sup>*

<sup>32</sup> Confemadera, 2004. <http://www.aemcm.net/archivos/roadmap2010.pdf>

<sup>33</sup> <http://normadera.tknika.net/es/content/la-importancia-de-la-madera-en-la-construccion%20C3%B3n>

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Algunos ejemplos de grandes construcciones con madera son instalaciones deportivas, centros comerciales, restaurantes, bodegas, hoteles, edificios públicos, etc.

Por ello, si buscamos un material versátil, sostenible, renovable, efectivo contra el cambio climático, ligero, resistente y reciclable, ese es la madera.

Desde el punto de vista del impacto ambiental, la madera lleva una clara ventaja frente a sus “rivales” en el sector de la construcción, el hormigón y el acero, debido a que sus características son mejores.

*“Esta perspectiva siempre se ha defendido desde el Cluster Habic<sup>34</sup>, y gracias al proyecto HC Wood<sup>35</sup> desarrollado en 2014, se puede cuantificar cuánto mejor es la madera, y dentro de ésta, la madera local.”<sup>36</sup>*

El sector de la construcción se encuentra en una época de cambio necesaria, y según estas tendencias, más concienciadas con el medio ambiente, la madera está mejor situada para hacer frente a este nuevo escenario frente a sus competidores históricos.

En la actualidad, los mitos sobre la madera santa superados, y la sociedad cada vez está más concienciada, empieza a observar las ventajas que tiene el uso de la madera.

*“No será de extrañar que en un futuro muy cercano se empiecen a exigir Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) para todos los materiales de construcción que participen en la obra, por ejemplo desde el Cluster Habic ya se trabaja en este ámbito para que las empresas del sector estén preparadas para poder desarrollar este tipo de exigencias, y así poco a poco, conseguir que la madera vaya abarcando una mayor presencia en las obras e arquitectura, no solo por pasión sino por convicción.”<sup>37</sup>*

En el mercado internacional, los distintos sectores están trabajando en el ecodiseño, lanzando productos que tienen analizada la huella ecológica, que dejan durante su fabricación, e intentando diferenciarse así de su competencia evolucionando y creando productos con un impacto menor en el medio ambiente. En el sector de la construcción, estos nuevos parámetros también están afectando al modo habitual de construir y en este ámbito han nacido las certificaciones de edificios como LEED o BREAM, entre otros, que analizan los edificios desde distintos puntos de vista como los materiales empleados durante la construcción, el comportamiento energético del edificio, el consumo de agua, etc.

---

<sup>34</sup> Habic es el Clúster del Equipamiento, Madera y Diseño del País Vasco. Agrupa a las principales empresas del sector cuyo ámbito de actuación es el sector de la construcción.

<sup>35</sup> El estudio “HC Wood” demuestra que la madera local es 8 veces más sostenible que el hormigón y hasta 300 veces más que el acero. El proyecto está liderado por el clúster vasco y apoyado por el Gobierno Vasco.

A diferencia de otros proyectos relacionados directamente con la edificación, este está enfocado en las primeras etapas de transformación de la madera, para trabajar así desde las etapas iniciales del producto en su huella ecológica. El resultado del proyecto ha sido una herramienta informática que permite a todos los aserraderos calcular la huella de carbono de las distintas tablas que producen.

<sup>36</sup> <http://www.arquitectura-madera.com/revistas/12/AM12.pdf>

<sup>37</sup> [www.clusterhabic.com](http://www.clusterhabic.com)





Figura 25. Treet. Edificio de 14 plantas en Bergen (Noruega) es de momento el más alto del mundo. Fuente: [www.construible.es](http://www.construible.es) (2017)

### 3.2.1.1 La madera como material de construcción

*“En la construcción la madera podríamos dividirla en tres grupos:*

- 1. Madera de uso definitivo: es aquella que incorporada a una edificación, ya sea a nivel de estructura o terminaciones, cuyo objetivo es cumplir con la vida útil establecido para el edificio, es decir, queda incorporada definitivamente.*
- 2. Madera de uso transitorio: cumple la función de apoyar estructuralmente la construcción del edificio, sin quedar incorporada a su estructura al finalizar la actividad. En esta categoría se encuentra, por ejemplo, toda la madera utilizada en encofrados para hormigón.*

*Madera de uso auxiliar: es aquella que cumple sólo funciones de apoyo al proceso constructivo. En esta categoría se pueden considerar, por ejemplo, la instalación de tablaestacados.”*

Por ello, no toda la madera utilizada en las actividades de construcción debe tener propiedades, especificaciones y requerimientos iguales.

La madera es un material que nos permite, en cierta manera, conocer cómo se va comportar pero no de forma exacta, ya que cada especie se comporta de diferente forma. Además de ello, dentro de un mismo árbol, también existen en sus partes comportamientos que pueden variar sus propiedades intrínsecas, dependientes de donde se desarrolla, los agente atmosféricos de la zona, etc.

También debido a su contacto directo con el medio ambiente la madera esta siempre predispuesta de forma natural a ataques de insectos, hongos, moho, posible acción del fuego y agentes meteorológicos, que pueden acabar con sus propiedades.

*“La madera debe pasar unos controles de calidad ya desde el inicio del procesamiento de la madera y que esta no presente:*

- Ataque de hongos o pudrición alguna*
- Médula, rajaduras ni arista faltante.*
- Agujeros originados por insectos*
- Nudos sueltos*

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- *Defectos de secado, tales como grietas, arqueadura, abarquillado, combado, curvado, revirado, acebolladuras, grietas, rajaduras y colapsos.*”

Para todo ello la aplicación de métodos protectores y de conservación, así como la elección adecuada de la madera para un lugar determinado, pueden retardar o evitar la acción de todos los efectos mencionados factores, alargando la vida útil de este material.

“Una vez tratada deberá presentar los siguientes datos:

1. *Identificación de la empresa de tratamiento*
2. *Método de tratamiento*
3. *Especie de madera*
4. *Protector usado*
5. *Calidad del protector, según análisis químicos de acuerdo con Normas*
6. *Penetración y retención*
7. *Fecha del tratamiento*
8. *Información complementaria*”<sup>38</sup>

Las ventajas de la madera, por sus características, como material de construcción son muchas, entre ellas:

- **Producto natural:** es uno de los escasos productos de origen natural que requiere un bajo consumo energético por serlo en comparación con otros productos industrializados. La madera no es toxica, no genera olores o vapores químicos, por lo tanto, es segura al a tacto y manejo.
- **Renovable y reutilizable:** a diferencia de otras materias primas, la madera cuando envejece o deja de realizar su función, no constituye peligros ambientales, ya que es fácilmente renovable y también permite ser reutilizable después de su período de vida útil (ciclo de vida) como materia prima para fabricar, por ejemplo, tableros o vigas reconstruidas .
- **Bajo consumo energético:** el árbol durante su crecimiento utiliza la energía solar y es un absorbente de emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía durante su transformación, transporte y puesta en obra es mucho menor que el de otros productos. Su reciclaje o reutilización o su valorización energética, evitan el consumo de energías fósiles altamente emisoras de CO<sub>2</sub>.
- **Fácil de trabajar y versatilidad de uso:** es muy versátil y puede ser usada de muchas formas y cumple con ciertas especificaciones de acuerdo con el tipo de aplicación deseada. Se adapta prácticamente a cualquier estilo de diseño, por eso se puede usar para salvar grandes luces, apertura de grandes huecos, adaptación al entorno, texturas, etc. además su ligereza, fácil ajuste y el empleo de piezas prefabricadas en taller permite aminorar los tiempos en la obra y, algo muy importante, permite la construcción en seco, reduciendo los problemas asociados.
- **Propiedades físico- mecánicas:** “*fue el primer material empleado, capaz de resistir tanto a esfuerzos de compresión como de tracción. Tiene una baja masa, baja densidad y alta*

---

<sup>38</sup> <http://www.arquitectura-madera.com/revistas/01/AM01.pdf>

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

*resistencia mecánica. Puede presentar la misma resistencia a compresión de un hormigón de resistencia razonable. La resistencia a flexión puede ser aproximadamente diez veces superior a la del hormigón, así como la resistencia al corte.*”

- Excelente aislante: *“es un aislante natural que puede reducir la cantidad de energía necesaria para la climatización de espacios especialmente cuando se utiliza en suelos, ventanas y puertas. Presenta buenas condiciones naturales de aislamiento térmico y absorción acústica.”*
- Textura: *“su aspecto natural ofrece gran variedad de patrones.”*<sup>39</sup>
- Comportamiento ante el fuego: aunque se trata de un material combustible e inflamable tiene la gran virtud de poseer un comportamiento predecible y de notable resistencia estructural al fuego. Cuando la madera o cualquier material derivado de ella se encuentran sometidos a un incendio generalizado, al ser un mal conductor del calor, la superficie expuesta se inflama creando rápidamente una capa carbonizada aislante que incrementa su protección natural mientras que, el interior mantiene sus características resistentes en condiciones normales.
- Durabilidad: las soluciones constructivas con madera con un buen diseño, una puesta en obra correcta y su resistencia a ciertos químicos, presentan un mejor comportamiento que otros materiales y además es un excelente material que evita costosas labores de mantenimiento y estar en perfectas condiciones mucho tiempo.

En oposición, los inconvenientes de la madera, por sus características, como material de construcción podrían ser:

- Variabilidad: es un material fundamentalmente heterogéneo y anisotrópico. La madera es muy sensible al medio ambiente, aumentando o disminuyendo de tamaño con las variaciones de humedad.
- Vulnerabilidad: es muy vulnerable a los agentes externos y susceptible al ataque de hongos e insectos, y su durabilidad es limitada. Aunque cuando está tratada correctamente y se toman medidas preventivas de mantenimiento periódico adecuado, el riesgo prácticamente desaparece.
- Combustible: puede ser vulnerable al fuego, aunque hoy en día existen tratamientos aislantes que reducen drásticamente la acción del fuego y alargan los tiempos de aguante.
- Dimensiones: son limitadas: formas alargadas, de sección transversal reducida. En la actualidad las edificaciones son de dimensiones limitadas, sobre todo en altura, pero ya existen proyectos de rascacielos en madera.
- Sostenibilidad: si la madera no proviene de explotaciones responsables y sostenibles entonces desaparece gran parte del concepto que este implica.

Estos inconvenientes hicieron que la madera fuera, en una época determinada, superada por el acero y el hormigón armado y se sustituyese en el sector de la construcción.

---

<sup>39</sup> <https://arquigrafico.com/uso-de-madera-en-la-construccion-ventajas-y-desventajas/>

### 3.2.1.2 Productos de madera

La madera se presenta de diferentes formas para su comercialización, lista para su utilización en construcción y carpintería. A continuación se muestran algunos productos obtenidos a partir de madera aserrada. Se denomina madera aserrada a las piezas de madera entera, obtenidas a partir del tronco de un árbol.

Los productos se utilizan principalmente en aplicaciones industriales y estructurales, como parte integrante de una construcción (ensamblajes de madera, suelos, recubrimientos, etc.) y en aplicaciones domésticas para paneles, accesorios incorporados, muebles y acabados.

- Ensamblaje: se engloba todo el trabajo de carpintería, usado en la construcción, incluyendo puertas, ventanas, apuntalamientos, etc.



Figura 26. Ensamblaje de madera de la estructura de una cubierta. Fuente: <http://patxilinaza.com/index.php/kit-estructuras-de-madera-para-cubiertas/>

- Tableros derivados de la madera: existen los tableros de partículas, los tableros de densidad media (MDF) y los tableros de fibras orientadas (OSB).



Figura 27. Tablero MDF. Fuente: <http://www.tableroshuertas.es>



Figura 28. Tablero de partículas. Fuente: [www.tableroshuertas.es](http://www.tableroshuertas.es)



Figura 29. Tableros OSB. Fuente: [www.tableroshuertas.es](http://www.tableroshuertas.es)

Se usan como productos intermedios en una amplia gama de aplicaciones en la industria del mueble, la industria de la construcción (incluyendo suelos), la industria del embalaje, etc.

- Parquet: se puede definir como revestimiento de suelo de madera con una capa superior de grosor mínimo de 2,5 milímetros antes de su colocación.  
*“Europa Occidental tiene más del 80% del consumo europeo total de parquet, con Alemania, España e Italia como los mayores mercados. En Europa del Este, Polonia es el mayor mercado de parquet, beneficiándose de la cada vez mayor disponibilidad de parquet proveniente de la industria local.”<sup>40</sup>*



Figura 30. Colocación de parquet. Fuente: [www.decoparquet.com](http://www.decoparquet.com)

<sup>40</sup> Frente al cambio climático: Utiliza Madera (2009), [www.cei-bois.org](http://www.cei-bois.org)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Productos de madera de diseño especial: dentro de este grupo se incluyen la madera laminada, las vigas I y la madera chapada laminada. Estos productos suponen una verdadera competencia a las vigas de acero y hormigón, y los arquitectos las usan cada vez más en aplicaciones estructurales, especialmente para construcciones de polideportivos, edificios de viviendas, etc.



Figura 31. Viga laminada. Fuente: [www.navarromartinsa.com](http://www.navarromartinsa.com)

- Palets y embalaje: “Alrededor de un 20% de todo el consumo de madera de Europa se usa en palets y embalajes de madera, con más de 400 millones de palets producidos cada año en Europa.”



Figura 32. Palets y embalajes de madera. Fuente: <https://www.maderea.es/nimf15-embalajes-y-palets-madera/>

### 3.3 LA SOSTENIBILIDAD Y LA MADERA

#### 3.3.1 La madera frente al cambio climático

Las emisiones de CO<sub>2</sub> son la causa principal del cambio climático, provocadas por:

1. El efecto invernadero<sup>41</sup>: forma en que se atrapa la radiación infrarroja de la tierra, calentando la atmosfera. No debe confundirse el efecto invernadero natural, con la

---

<sup>41</sup> El efecto invernadero surge cuando la radiación solar alcanza la tierra a través de la atmosfera y calienta su superficie. La energía almacenada es enviada de vuelta al espacio como radiación infrarroja. Sin embargo, al ser menos potente que la radiación entrante, es cada vez menos capaz de cruzar la barrera de ciertos gases atmosféricos específicos conocidos como los gases de efecto invernadero.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

contribución que el ser humano está haciendo para intensificar el efecto, sobre todo a través de emisiones de CO<sub>2</sub>.

2. El calentamiento global: es el resultado del incremento de los gases de efecto invernadero, debido principalmente al CO<sub>2</sub>, proveniente de la quema de combustibles fósiles, pero también debido a la deforestación tropical.

Existen dos formas de reducir el CO<sub>2</sub> de la atmosfera: reducir las emisiones o eliminar y almacenar el CO<sub>2</sub>.

La madera tiene la capacidad de hacer las dos cosas reduciendo las fuentes de carbono y aumentando los sumideros de carbono.

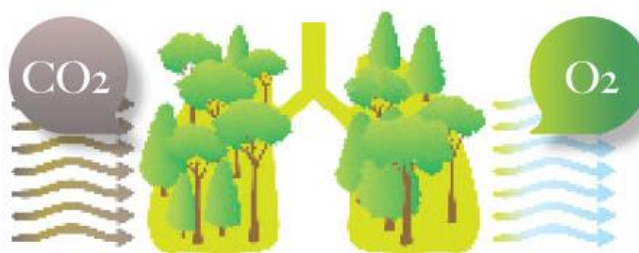


Figura 33. El efecto de la fotosíntesis en el crecimiento de los árboles. Fuente: Revista Ihitza ([http://www.inqurumena.ejv.euskadi.eus/r49-6172/es/contenidos/boletin\\_revista/ihitza35/es\\_ihitza/bitacora.html](http://www.inqurumena.ejv.euskadi.eus/r49-6172/es/contenidos/boletin_revista/ihitza35/es_ihitza/bitacora.html))

- Reducir las fuentes de carbono:

La reducción de las fuentes de carbono puede hacerse de la siguiente manera:

1. Minimización en el uso de energía.

*“La energía usada para crear los materiales que forman un edificio es normalmente un 22% de energía total de la energía total gastada a lo largo de la vida útil del edificio, así que vale la pena prestar atención a los materiales especificados, así como a la eficacia energética de la estructura.”<sup>42</sup>*

Materiales como el acero, el aluminio o el hormigón necesitan grandes cantidades de energía para su producción, mientras que, la madera es un material altamente eficaz desde el punto de vista energético por su naturaleza.

La producción de madera ahorra energía gracias a la fotosíntesis que realizan los árboles para producir madera, secuestrando CO<sub>2</sub> del aire combinándolo con agua del suelo. Además es posible en algunas circunstancias, que la energía necesaria para la transformación y el transporte de la madera sea menor que la energía almacenada mediante la fotosíntesis de la propia madera.

*“Cada metro cúbico de la madera usado como sustituto de otros materiales de la construcción reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en una media de 1,1t de CO<sub>2</sub>. Si añadimos esto a las 0,9t de CO<sub>2</sub> almacenadas en la madera, cada metro cubico de la madera ahorra un total de 2t de*

---

El gas efecto invernadero más importante es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero existen otros que incluyen vapor (H<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) clorofluorocarbonos (CFCs).

<sup>42</sup> Frente al Cambio Climático: Utiliza Madera (2009), [www.cei-bois.org](http://www.cei-bois.org)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

CO<sub>2</sub>. Basándonos en estas cifras, un aumento de un 10% en el porcentaje de casas de madera en Europa produciría ahorro de CO<sub>2</sub> como para equivaler al 25% de las reducciones prescritas por el protocolo de Kioto.”<sup>43</sup>

### 2. Eficacia térmica

“Usar madera también ayuda a ahorrar energía a lo largo de la vida útil de un edificio, ya que su estructura celular proporciona un aislamiento térmico excelente: 15 veces mejor que el hormigón, 400 veces mejor que el acero y 1770 veces mejor que el aluminio. Un tablero de madera de 2,5 cm. Tiene mejor resistencia térmica que una pared de ladrillo de 11,4 cm.”<sup>44</sup>

La madera se está convirtiendo en una solución todavía más competitiva a las demandas térmicas cada vez más exigentes de las normativas europeas de la construcción.

#### - Aumento de los sumideros de carbono

El carbono está presente en la naturaleza en forma de CO<sub>2</sub> mayoritariamente en la atmosfera, en la biomasa de animales y plantas, en rocas y disuelto en los océanos. Pero los humanos estamos contribuyendo a su aumento de forma masiva como se refleja a continuación:

“Cada año, la humanidad contribuye con 7900 millones de toneladas de carbono a la atmósfera, de las cuales los sumideros de carbono absorben 4600 millones de toneladas, lo que resulta en un incremento neto anual de 3300 millones de toneladas.”

Debido a esto son necesarios los sumideros de carbono<sup>45</sup> para hacer frente a este incremento de CO<sub>2</sub> a la atmósfera producido por la acción del hombre y la forma más sencilla de conseguirlo es aumentando la superficie de bosques gestionados y el uso de la madera.

“En cada metro cúbico de madera, hay atrapadas alrededor de unas 0,9 t de CO<sub>2</sub>.

Los bosques gestionados son sumideros de carbono más eficientes que los bosques que se dejan en un estado natural. Los árboles más jóvenes, con un crecimiento vigoroso, absorben más CO<sub>2</sub> que los árboles maduros los cuales finalmente se mueren y se pudren, devolviendo su almacenamiento de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, mientras que la mayor parte del CO<sub>2</sub> de los árboles cortado en un bosque gestionado sigue almacenada a lo largo de la vida útil del producto de madera resultante.”<sup>46</sup>

### 3.3.2 Los bosques sostenibles

Los bosques cumplen con muchas funciones, desde la mejora (mejorar el paisaje y ayudar a la economía local), a la conservación de la naturaleza, la preservación de la biodiversidad, ocio, la fijación de CO<sub>2</sub> y la producción comercial de madera.

---

<sup>43</sup> Frühwald, Welling, Scharai-Rad, 2003, ‘Comparison of wood products and major substitutes with respect to environmental and energy balances’. ECE/FAO seminar: ‘Strategies for the Sound Use of Wood’, Poina Brasov, Romania 24-27 Marzo 2003.

<sup>44</sup> TRADA (Asociación de Desarrollo y la Investigación de la Madera del RU), [www.trada.co.uk](http://www.trada.co.uk).

<sup>45</sup> Los sumideros de carbono son llamados así coloquialmente pero su nombre es sumideros de dióxido de carbono, y son los elementos del ciclo de carbono (interacción entre las distintas fuentes; como animales, plantas, agua, etc., y sumideros de carbono; como árboles) capaces de secuestrar el CO<sub>2</sub> y reducir su concentración en la atmósfera.

<sup>46</sup> Frente al cambio climático: Utiliza Madera (2009), [www.cei-bois.org](http://www.cei-bois.org)



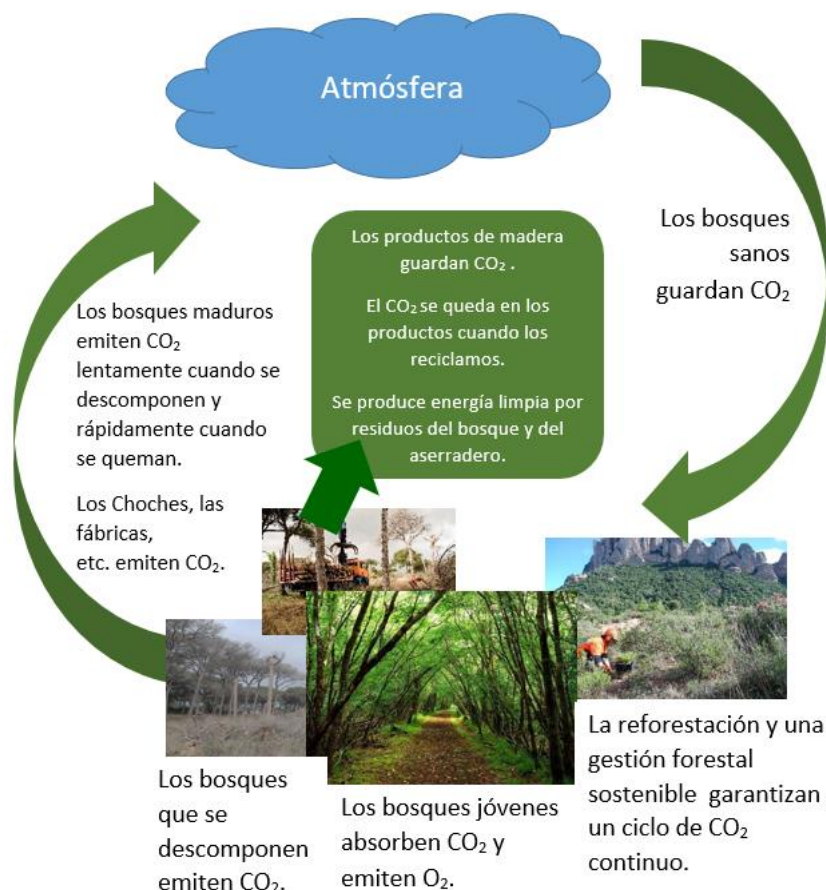


Figura 34. Funcionamiento de los bosques. Fuente: <http://socialforest.org/co2/>

Los bosques naturales tienen vida continua, pero llega un punto en el que el bosque sólo se regenera si los árboles que caen debido a la edad, el fuego, enfermedades, etc. se lo permiten.

*“Aunque la regeneración natural se producirá, los árboles muertos se pudrirán o se quemarán, produciendo CO<sub>2</sub> a partir del carbono almacenado. El crecimiento ocurre a la misma velocidad que la putrefacción, y, sin una gestión forestal, no hay un incremento neto en el almacenamiento de carbono.”*

Cortar los árboles a medida que maduran permite que gran parte de su carbono se almacene a lo largo de la vida útil de los productos de madera resultantes, proporcionando al mismo tiempo un incentivo a la industria para la reforestación. De ahí surgen los bosques gestionados.

El futuro de la industria forestal está vinculado con la protección y expansión de los bosques ya que todos los países cuentan con políticas y prácticas para una gestión forestal en la que se garantice que se planten más árboles de los que se corten.

La industria forestal europea reconoce que su futuro está ineludiblemente vinculado a la protección y expansión de sus bosques. Esto, unido a unas leyes aplicadas con energía y efectividad, asegura que se planten más árboles de los que se corten, para asumir pérdidas naturales y para que los bosques tengan una buena reserva.

### 3.3.2.1 Concepto de Certificación y situación actual

*“Desde principios de los años 90, la certificación de los bosques ha crecido rápidamente. Ya a mediados del 2008, los bosques certificados representan más de 307 millones de ha en todo el*

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

*mundo (o un 23% de las 1360 millones de ha de bosque gestionadas activamente para productos de madera u otros productos)."*

Según el informe "La situación de los bosques del mundo" de la FAO<sup>47</sup>, los bosques cubren alrededor de 3870 millones de ha, el 30% de la superficie terrestre del planeta. De estas 3870 millones de ha, el 95% lo constituyen bosques naturales y el 5% restante corresponde a plantaciones. Dos tercios de las masas forestales del mundo están sometidas al aprovechamiento comercial de su madera.

Los bosques son reservas de diversidad biológica que contribuyen a la mitigación del cambio climático y son fuente de recursos madereros, pero la pérdida de la masa forestal implica la pérdida de los numerosos bienes y servicios que nos proporcionan. Un ejemplo son los bosques tropicales, presentan el mayor índice de deforestación: cada año desaparecen más de 11 millones de hectáreas de estos bosques.

Con la certificación se busca que las empresas puedan acceder a mercados ambiental y socialmente responsables o para demostrar el cumplimiento con políticas públicas o privadas de compra que especifican como requisito el suministro de materiales ambientalmente responsables (sistema LEED, sistema de Etiqueta Ecológica...).

La certificación forestal es un proceso voluntario por el cual una tercera parte, acreditativa, garantiza mediante un documento escrito (certificado) que la gestión de un bosque (ya sea privado, comunitario o concesión) es realizada bajo exigentes estándares sociales, ambientales y económicos, previamente establecidos, y es conforme con una especificación técnica.

El procedimiento se inicia en el bosque –Certificación de Gestión Forestal- y debe continuar a través del proceso productivo, con la verificación de la cadena de transformación y comercialización –Certificación de Cadena de Custodia- de los productos provenientes de los bosques certificados. En tal sentido, mediante un sello o etiqueta se logra identificar la procedencia de un producto forestal. Es importante resaltar que los productos certificados deberán contar con ambas certificaciones (de Manejo Forestal y de Cadena de Custodia) para poder portar el sello o etiqueta.

Exigir esta certificación, como consumidores, es contribuir a que los bosques sigan funcionando como absorbentes de CO<sub>2</sub>, perpetuar el ciclo del agua evitando la deforestación, las sequías y el aumento del calentamiento global.

### - Beneficios de la certificación:

La certificación de la madera es un instrumento capaz de mejorar las prácticas de ordenación forestal, y en consecuencia de incrementar los beneficios que producen los bosques, como la regulación del clima, el equilibrio genético y los efectos positivos sobre el agua, el suelo y el paisaje.

Y también son importantes los beneficios económicos que conlleva como la participación en el mercado, la obtención de un sobreprecio por tratarse de productos ecológicos y la estabilización de las economías forestales asociadas a la mayor seguridad de la base de los recursos.

Los estudios de mercado realizados en el Reino Unido y en los Estados Unidos indican que la cuota de mercado podría ser del 19% y el aumento de precios hasta un 13%. Según la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos "*varios estudios indican que una parte*

---

<sup>47</sup> La FAO (Food and Agriculture Organization) es la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

*importante de la población estadounidense se considera ecologista y preferiría comprar productos que, siendo una calidad y precio comparables, tienen un menor impacto ambiental”.*

### - Tipos de sistemas de certificación:

Existe gran variedad de Sistemas de Certificación, cada suministrador conseguirá el que se adapte, en función de las leyes de su país, a la demanda de mercado.

- Esquema Brasileño de Certificación Forestal (CERFLOR): sistema brasileño, presentado en 2003, basado en los procedimientos ISO (de momento, sólo operativo para plantaciones).
- Canadian Standards Association (CSA): Sistema de certificación canadiense creado a partir de 1994.
- American Tree Farm System (ATFS): sistema voluntario de certificación que desde el año 2000 acordó el reconocimiento mutuo con el sistema de certificación Sustainable Forestry Initiative (SFI).
- Sustainable Forestry Initiative (SFI): sistema de certificación lanzado en 1994 para la industria forestal de Estados Unidos.
- Forest Stewardship Council (FSC): sistema de certificación de ámbito mundial (valido para todo tipo de bosques y situaciones) creado en 1993 y que cuenta con el apoyo de las organizaciones sociales y ambientales y de gran parte de la industria forestal.
- Pan European Forest Certification (PEFC): sistema de certificación forestal nacido en 1998 y creado por la industria forestal y una parte de los propietarios europeos.

En España los sistemas FSC y PEFC son los que tienen mayor presencia.



Figura 35. Logos de certificación FSC y PEFC. Fuente: [www.localescoeficientes.blogspot.com](http://www.localescoeficientes.blogspot.com)

A continuación se analizarán cada uno de ellos por separado.

### - FSC

Nace por la necesidad de promover una gestión forestal responsable y sostenible en todo el mundo para evitar el problema global debido a la deforestación y la degradación del medio ambiente. Para esto era necesario crear un sello único que pudiese garantizar la credibilidad de la certificación a través de unos estándares de aplicación global.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Así nació en 1993, fundado en Canadá, el Consejo de Administración Forestal (Forest Stewardship Council, FSC en adelante) y formado por más de 700 miembros de diferentes países de todo el mundo.

Se trata de un proceso de evaluación voluntaria de una unidad de gestión o empresa forestal, y que es realizada por una entidad certificadora a través de auditorías de campo y consultas con todos los implicados, para conseguir una declaración escrita o un certificado FSC que garantice al consumidor que los productos forestales cumplen unos estándares internacionales de buena gestión ambiental.

Hasta la fecha, es el único sistema de certificación que se puede aplicar globalmente, por lo que, garantiza el acceso de productos forestales en todos los mercados mundiales en condiciones de igualdad.

El FSC emite tres tipos de certificados: Certificación de Gestión Forestal, Cadena de Custodia y Madera Controlada. Los tres se relacionan con las distintas etapas de producción y dónde se sitúa el producto forestal en su cadena de producción/distribución.

- Certificación de Gestión Forestal:

Esta certificación se concede a gestores y propietarios de bosques y confirma que la unidad de gestión forestal está siendo bien gestionada de acuerdo con los Principios y Criterios del FSC.

- Certificación de Cadena de Custodia:

En el camino que va desde el bosque al usuario final, los productos forestales pueden experimentar una sucesión de procesados, transformaciones, fabricaciones y distribuciones.

Comprueba que los productos de bosques certificados FSC estén identificados y separados de otros materiales no certificados a través de esta cadena.

Los requisitos básicos que deberán cumplirse son:

- Identificación del producto a través de la cadena de producción.
- Segregación de los productos a lo largo de la cadena de transformación.
- Trazabilidad de los productos.
- Documentación: registros y controles del sistema.

Permite que las empresas tengan sus productos etiquetados y así los consumidores pueden identificarlos y elegirlos por contener un sistema de gestión forestal responsable con el medio ambiente.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Figura 36. Proceso de certificado de productos de madera. Fuente: [www.ambical.com](http://www.ambical.com)

### - Madera controlada:

La etiqueta de Fuentes Mixtas de FSC permite que los fabricantes mezclen productos certificados FSC con materiales no certificados en condiciones controladas.

Esto ha permitido que los fabricantes puedan gestionar suministros escasos fluctuantes de productos forestales certificados FSC, creando simultáneamente una demanda de madera certificada FSC.

El estándar FSC de Madera Controlada tiene el objetivo de evitar el uso de productos de madera procedentes de fuentes ‘inaceptables’<sup>48</sup> en productos etiquetados FSC.

### - Empresas certificadoras de FSC y presencia a nivel mundial:

Entidades de certificación independientes<sup>49</sup> se encargan de llevar a cabo las evaluaciones, anteriormente explicadas, que conducen a la certificación FSC. El FSC establece los estándares de manejo forestal de cadena de custodia y define los procedimientos que las entidades de certificación deberán seguir en las evaluaciones de certificación que realicen.

En el mes de diciembre de 2013 más de 190 millones de hectáreas certificadas FSC en 80 países mediante 1260 certificados de gestión forestal, y 27246 titulares de Certificados de Cadena de Custodia (CdC) en 114 países.

En España, la superficie forestal gestionada ha experimentado un crecimiento hasta alcanzar las 190.000 ha certificadas de un total de 3.429.343 ha de superficie forestal, suponiendo un 12,39% de la superficie forestal total con la que cuenta nuestro país.

### - PEFC

Program for Endorsement of Forest Certification (PEFC en adelante) es el sistema de certificación forestal más implantado en el mundo: a cierre de 2014 había una superficie certificada de más de 263 millones.

<sup>48</sup> Los productos procedentes de fuentes ‘inaceptables’ son: madera obtenida de aprovechamiento ilegal, madera obtenida de un aprovechamiento de bosques donde las actividades de manejo ponen en riesgo los Altos Valores de Conservación, madera obtenida del aprovechamiento de áreas donde se planten árboles genéticamente modificados y madera obtenida del aprovechamiento de bosques naturales convertidos en plantaciones.

<sup>49</sup> Entidades de certificación como AENOR, BUREAU VERITAS Certification SAU, BM TRADA Certification España S.L. y GFA Certification GmbH.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

El objetivo de PEFC es asegurar que los bosques del mundo sean gestionados de forma responsable y que estén protegidos para generaciones presentes y futuras. Para ello cuenta con la colaboración de propietarios y empresas del sector forestal, que apostando por la certificación de sus bosques e industrias, están asegurando la sostenibilidad del sector.

- Certificación forestal:

La certificación de la Gestión Forestal Sostenible es la única prueba independiente de que el bosque está siendo gestionado según prácticas adaptadas social, económica y medioambientalmente a las condiciones locales.

Es importante destacar que cuando se certifica la Gestión Forestal Sostenible de una superficie forestal se certifican los productos que se obtengan de su gestión.

Los pasos para conseguir una certificación son los siguientes:

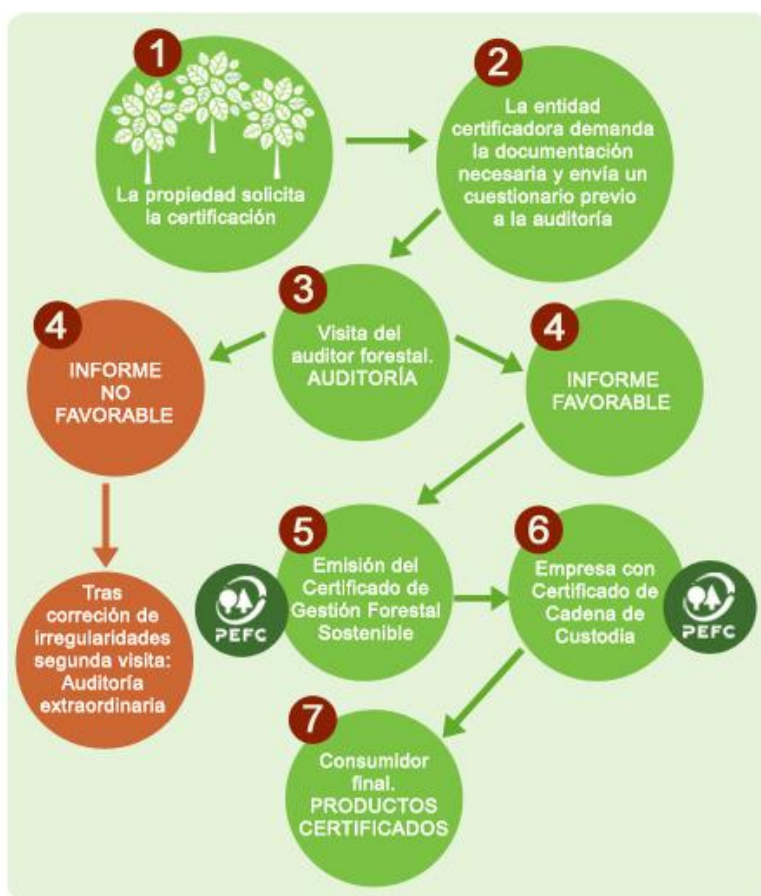


Figura 37. Proceso de certificación de la gestión forestal. Fuente: [www.pefc.es](http://www.pefc.es)

1. La propiedad solicita la certificación
2. La entidad certificadora demanda la documentación necesaria y envía un cuestionario previo a la auditoría
3. A continuación se realizaría la visita del auditor que realiza la auditoría
4. En el caso de que el informe no sea favorable, cabe la posibilidad de realizar una segunda visita tras la corrección de las irregularidades, a las que se denomina auditoría extraordinaria.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

5. En el caso de que el informe sea favorable, se emite el Certificado de Gestión Forestal Sostenible.

- Cadena de Custodia:

Con la certificación de la Cadena de Custodia se verifica que la madera u otros productos forestales utilizados por la industria de transformación, proceden de bosques gestionados de acuerdo a criterios de sostenibilidad. Constituye la etapa posterior a la certificación de bosques y es un procedimiento necesario para poder asegurar, el uso de materias primas legales y sostenibles.

Las empresas deben implantar un control de la trazabilidad de las materias primas forestales que compran certificadas hasta el producto que elaboran y que, solo si se certifican, podrán vender como certificado y con el logotipo PEFC.

Los pasos para conseguir la certificación son los siguientes:

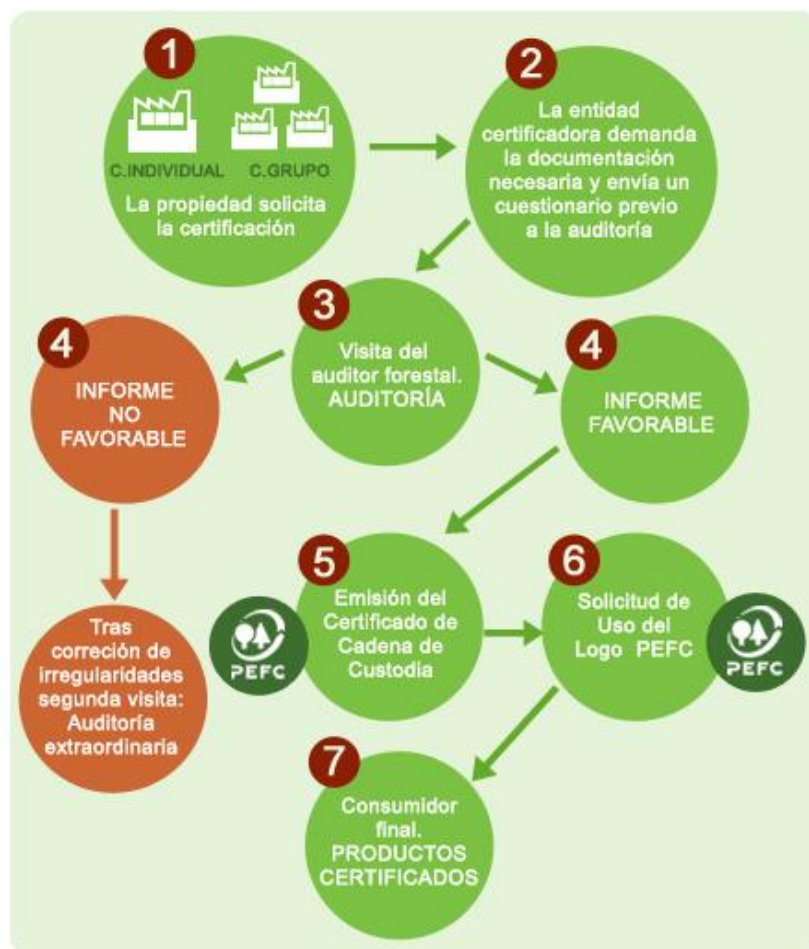


Figura 38. Proceso de certificado de la cadena de custodia. Fuente: [www.pefc.es](http://www.pefc.es)

- Empresas certificadoras y presencia a nivel mundial:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Para la concesión del certificado es necesario superar el proceso de auditoria realizado por la entidad de certificación acreditada<sup>50</sup> elegida por la empresa. La validez del certificado es de 5 años, con auditorias de seguimiento anuales, para verificar el cumplimiento de los requisitos.

La certificación de Gestión Forestal Sostenible PEFC ha aumentado enormemente en los últimos años. Esta evaluación se puede apreciar también en España, donde la superficie certificada en el 2012 era de 1.579.861 hectáreas, y ha seguido creciendo superando los dos millones, situándose en 2017 en 2.064.510 hectáreas de superficie de bosque certificado.

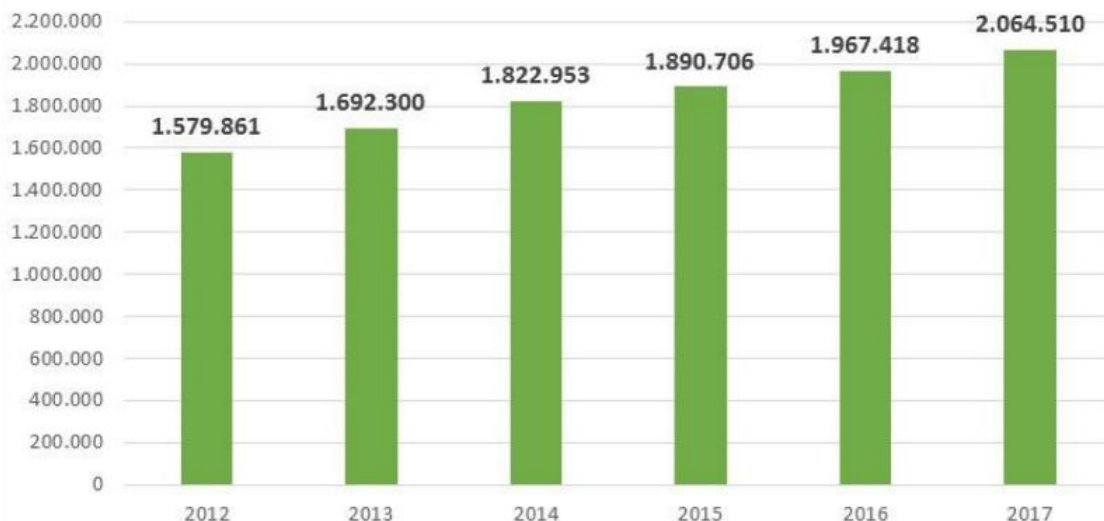


Gráfico 1. Superficie de bosque certificado en España. Fuente: [www.pefc.es](http://www.pefc.es)

Los productos de madera y su papel en el almacenamiento de carbono.

Los productos de madera sirven como almacenes de carbono, más que como sumideros de carbono, ya que ellos mismos no atrapan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

*“Con una reserva de productos de madera europeas estimada en unos 60 millones de t C, el efecto de almacenamiento de carbono de los productos de carbono de los productos de madera juega un papel importante en la reducción de los gases de efecto invernadero.”*

Las 0,9 t de CO<sub>2</sub> almacenadas por metro cúbico de madera siguen sin ser liberadas a la atmósfera a lo largo de la vida inicial de un producto de madera e incluso después, a través de la reutilización y el reciclaje (por ejemplo, como tableros derivados de la madera o madera reconstruida), para volver finalmente a la atmósfera mediante la incineración para conseguir energía o la descomposición.

*“Según estimaciones, la vida media de los productos de madera varía entre 2 meses para periódicos y 75 años para la madera estructural.”* Cuanto más largo el período, mejor para el medioambiente, no sólo porque hace un mejor uso de los recursos forestales, sino también porque reduce la energía necesaria para sustituir los productos en cuestión.

El uso de madera resulta una forma sencilla de reducir el cambio climático por su capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

<sup>50</sup> Entre las empresas certificadoras se encuentran: AENOR, BUREAU Certification SAU, GFA Certification GmbH, B.V. ZWOLLE, LGA INTERCERT TÜV RHEINLAD GROUP, NEPPCON, SCD GLOBAL SERVICES y DIN CERTCO GMB.



### 3.3.2.2 Construir con madera. Las Certificaciones Forestales FSC y PEFC en las Certificaciones de Construcción Sostenible LEED y BREEAM

*“La construcción con madera forma parte de la construcción energéticamente eficiente del futuro. La madera es sostenible, neutral en CO<sub>2</sub> y un aislante altamente eficaz, creando unas excelentes condiciones de vida. Una ventaja específica de la madera es su capacidad para reducir el uso de energía”* (Mayer, Arquitecto BDA).

La madera es un material ligero, resistente, con una buena durabilidad y rendimiento además de ser un producto renovable que requiere poco gasto energético en su fabricación ya que tiene la capacidad de almacenar carbono en su producción y uso. Por eso, es un material muy utilizado en la construcción, y para la obtención de las certificaciones de construcción sostenible LEED y BREEAM, estas solicitan que la madera proceda de bosques certificados.

Es fundamental demostrar que la madera usada en un proyecto constructivo proviene de fuentes sostenibles y certificadas.

La Certificación de Cadena de PEFC demuestra el origen sostenible desde la extracción de madera del bosque hasta la obra, verificando los procesos de producción intermedios.



Gráfico 2. Porcentajes de certificados de cadena de custodia PEFC. Fuente: [www.pefc.es](http://www.pefc.es)

Como se puede ver en el gráfico la madera para construcción es donde mayor porcentaje de madera certificada se utiliza.

*“La FSC es la organización reconocida por LEED para certificar madera. Para obtener el crédito o punto de certificación de la madera para una construcción LEED, es necesario que al menos el 50% de componentes de madera estén certificados de acuerdo a los criterios del FSC.*

*En el caso de BREEAM exige que los productos y materiales estén certificados el proceso clave y/o proceso de cadena de suministro. Los materiales más valorados serán aquellos en los que su certificado cubra el proceso de cadena de suministro los sistemas que dispone de esta, son FSC, PEFC, SGM certificado para proceso clave y/o cadena de suministro.”<sup>51</sup>*

<sup>51</sup> Fuente de información: ECO\_STORE SUSTAINABLE durante el Sexto congreso forestal Español. Consultado en: <http://localesecoeficientes.blogspot.com.es/2013/09/las-certificaciones-forestales-fsc-y.html>

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

En un modelo de construcción sostenible es necesario garantizar el origen sostenible de los materiales forestales. Utilizando productos de madera certificada, se garantiza la calidad del producto y asegura que proviene de una producción responsable y sostenible.



Figura 39. Pabellón de Iniciativas Ciudadanas el Faro, de la EXPO 2008. Fuente: [www.pefc.es](http://www.pefc.es)

### 3.3.3 Los productos de madera ayudan a frenar el Calentamiento Global

*“La madera tiene un papel principal en la lucha contra el cambio climático... Los árboles reducen el dióxido de carbono en la atmósfera, ya que un metro cúbico de madera absorbe una tonelada de CO<sub>2</sub>... Un mayor uso de productos de madera estimulará la expansión de los bosques europeos y reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la sustitución de los productos intensivos en combustibles fósiles. La Comisión está examinando formas de favorecer estas tendencias.”<sup>52</sup>*

Sustituyendo los productos que durante su fabricación requieren un alto consumo de energía y gasto de combustibles fósiles por productos derivados de la madera se consiguen disminuir las fuentes de carbono y además aumenta el sumidero de carbono.

Existen herramientas para evaluar el consumo de CO<sub>2</sub> de los materiales de construcción de un edificio y su impacto medioambiental. El análisis de ciclo de vida es una de las herramientas para medir el impacto ambiental de un producto componente de un edificio.

Los tres aspectos a considerar para los materiales o productos son los siguientes:

1. Energía utilizada durante su fabricación. Cuando se comparan el impacto ambiental y las emisiones de materiales alternativos a la madera como son el acero o el hormigón, incluso cuando son reciclados, la madera tiene un bajo impacto medioambiental y, gracias al efecto sumidero de carbono del bosque, tiene emisiones de CO<sub>2</sub> de cifras negativas.
2. *“Capacidad del producto para ahorrar energía durante la utilización del edificio. La eficacia térmica natural de la madera hace que su uso para la construcción de edificios sea más eficiente energéticamente que los bloques de hormigón, ladrillo o materiales alternativos”* (Pohlmann, 2002).

<sup>52</sup> DG Enterprise de la Comisión Europea, 2003

3. Su reciclaje y desecho final. Se pueden reciclar en forma de serrín, virutas, y recortes de tableros para la fabricación de tableros MDF, entre otros, y también se utiliza para producir energía en lugar del uso de combustibles fósiles.

Cuanto más tiempo permanezca en uso, incluyendo su reutilización, o más reemplacen a otros, los productos de madera más se reducirá el contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

*“Un ejemplo de reducción de CO<sub>2</sub> en construcciones con madera es La Fairmule House de Londres, edificio de 5 plantas en el que se usaron tableros laminados de hasta 12,5m de largo, 2,9m de ancho y 170mm de espesor, que fueron fabricados a partir de recortes de aserradero. El contenido en adhesivo de los tableros es de un 2% y el edificio usa 360m<sup>3</sup> de madera, lo que a su vez secuestra 300t de CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Si se hubiera usado hormigón o acero en lugar de madera, habría unas 720t de emisiones de CO<sub>2</sub>.*

*Junto con la evaluación de ciclo de vida, el cálculo de coste de un edificio, a lo largo de toda su vida, proporciona una evaluación completa de los factores económicos y medioambientales con la que apoyar la toma de decisiones y una estrategia de compra efectiva.”*

Lo que puede hacer una elección inicial de bajo coste puede resultar luego más cara durante su vida de servicio o cuando se convierte en desecho. Por ejemplo, en el 2002, una consultoría llevó a cabo una investigación sobre los costes de ventanas, en las que descubrieron, comparando especificaciones técnicas, que las ventanas de madera de alto rendimiento más caras tenían un coste a lo largo de toda la vida un 14% inferior a las ventanas de PVC.<sup>53</sup>

### 3.4 COMPARACIÓN DE LA MADERA CON OTROS PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

La utilización de madera como material de construcción ha acompañada a la humanidad a lo largo de toda su historia. Al comienzo, junto a la piedra, era el principal elemento constructivo. Posteriormente aparecieron nuevos materiales que relegaron su utilización.

Actualmente la evolución de la tecnología permite obtener productos de madera más fiables y económicos, y mejor comportamiento, tanto desde el punto de vista constructivo como ecológico y medioambiental, permite a la madera competir a un alto nivel con otros materiales.

#### 3.4.1 Comparativa de las propiedades de la madera como material estructural con las del acero o el hormigón

Los tres materiales son los más utilizados en la construcción.

La madera es un material diseñado para trabajar en dirección de la fibra, las mejores prestaciones de este material son trabajando a flexión. El hormigón es un material diseñado para trabajar a compresión y el acero es un material que también presenta una buena resistencia a compresión en estructuras.

Si se comparan las propiedades de la madera como material estructural con las del acero o el hormigón, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Elevada resistencia a la flexión, sobre todo en relación a su peso propio (la relación resistencia/peso es 1,3 veces superior a la del acero y 10 veces la del hormigón).

---

<sup>53</sup> Christian Thompson, WWF-UK, Marzo 2005, ‘Window of Opportunity – the environmental and economic benefits of specifying timber window frames’, <https://woodforgood.com/case-studies/>

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Alta capacidad de resistencia a cortante. Esta limitación se presenta también en el hormigón pero no en el acero.
- Escasa resistencia a compresión y a tracción en dirección perpendicular a la fibra. Sobre todo en tracción, lo que supone una característica muy particular frente a los otros materiales.
- Bajo módulo de elasticidad, mitad que el hormigón y veinte veces menor que el del acero. Los valores alcanzados por el módulo de elasticidad inciden sustancialmente sobre la deformación de los elementos resistentes y sus posibilidades de pandeo. Este valor neutraliza parte de la buena resistencia a la compresión paralela a la cual se ha hecho referencia anteriormente.
- Buen comportamiento en situación de incendio, al contrario que el acero.

En la siguiente tabla se pueden ver las diferencias para el uso estructural:

Material	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Tracción				Cortante (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad medio (N/mm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Precios (euros/m <sup>3</sup> )*
		Compresión		Tracción					
		0°	90°	0°	90°				
Madera- C24	24	14	0,5	21	2,5	2,5	11.000	420	300 – 400
Hormigón- HA25	–	1,79		25		1,79	32.000	2.500	60 – 80
Acero-S275	275	275		275		158	210.000	7.850	8.000

\*Estos precios son solo como referencia, a consultar en función de disponibilidad, acabados, propiedades,...

Tabla 9. Tabla de características de materiales. Fuente: <https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>

### 3.4.2 Comparativa de la madera con otros materiales según la energía consumida para la fabricación del producto

Desde el punto de vista ecológico, si comparamos la energía necesaria para la fabricación de la madera es nula (el árbol utiliza la energía solar para su crecimiento) y la energía consumida en su proceso de transformación es muy inferior a la requerida por otros materiales.

Si la comparamos con el acero (aleación de hierro y carbono, en un porcentaje por debajo del 2%), el acero necesita el procesado de las materias primas y para su fabricación en horno alto una alta cantidad de energía.

A continuación se muestran datos<sup>54</sup> de ejemplo, para la utilización estructural de estos materiales:

<sup>54</sup> [http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_191\\_construccion.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_191_construccion.pdf)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- 1 tonelada de madera: 430 Kwh
- 1 tonelada de acero: 2700 Kwh

En la siguiente gráfica se muestran valores de energía consumida para producir un 1m<sup>3</sup> de material de diferentes materiales:

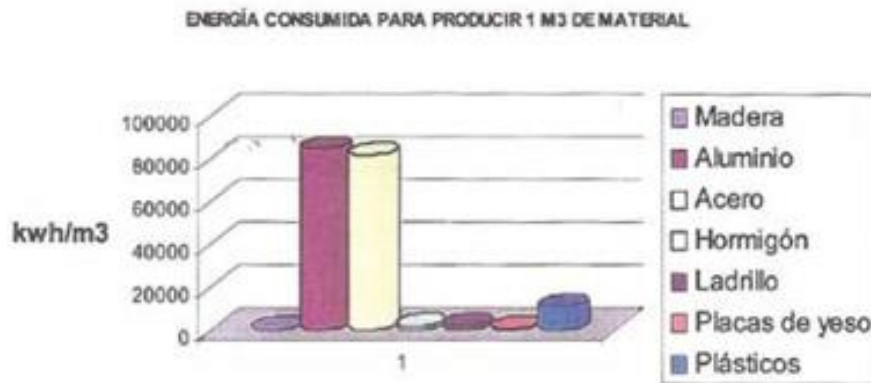


Gráfico 3. Energía consumida para producir 1m<sup>3</sup> de material. Fuente: [http://www.cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=495&Itemid=2](http://www.cadamda.org.ar/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=495&Itemid=2)

La madera es el material que menos energía consume y los materiales que más consumen, con valores muy por encima de la madera, son el aluminio y el acero.

### 3.4.3 Comparativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes producidas por materiales

Otra consideración a tener en cuenta a la hora de elegir un material u otro son las emisiones de CO<sub>2</sub> según el sistema constructivo y el carbono almacenado.

*“Según una publicación de EPA “Environmental Protection Agency” de Estados Unidos del 2016 muestra las diferencias de emisiones netas de CO<sub>2</sub> en la producción de diferentes materiales y el carbono almacenado. Los árboles en su formación y por la fotosíntesis almacenan carbono, además de emitir menos dióxido de carbono en su transformación por ello, frente al acero o hormigón contribuyen a frenar el cambio climático generando menos emisiones e incluso almacenando carbono con emisiones negativas, es decir, almacenando más carbono del que se emite.”<sup>55</sup>*

En la siguiente tabla vemos la comparación entre las emisiones producidas por la madera, el hormigón y el acero.

Material	Emisiones netas (kg CO <sub>2</sub> /t)	Almacenado (kg CO <sub>2</sub> /t)
Madera aserrada	33	490
Hormigón	265	0
Acero	694	0

Tabla 10. Emisiones y almacenaje de CO<sub>2</sub>. Fuente: [www.maderea.es](http://www.maderea.es)

<sup>55</sup> Diferencias entre estructuras de madera, acero y hormigón, [www.maderea.es](http://www.maderea.es)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

La madera emite una cantidad de CO<sub>2</sub> mucho menor que el hormigón, y ambos una cantidad mucho mejor que el acero.

La madera en comparación con los otros dos materiales tiene una gran ventaja ya que funciona también como almacén de CO<sub>2</sub>, compensando así el aporte de emisiones que tiene su procesado, mientras que el acero y el hormigón no funcionan como pueden funcionar como almacenado de carbono.

En España el uso de la madera estructural no está muy instaurado y esto se debe en gran parte al desconocimiento de este material que compite perfectamente con el acero y hormigón, más arraigados a la cultura constructiva de este país.

## 4 ESTUDIO DE UN CASO PRÁCTICO

### 4.1 METODOLOGÍA

#### 4.1.1 BASES DE DATOS PARA REALIZACIÓN DE ACV

Las bases de datos (BBDD, en adelante) se basan en valores medios disponibles e interpretables debido a que contienen cientos de miles de datos que recogen sólo las actuaciones de impacto ambiental más habituales. En un estudio determinado pueden ser usados datos de una única BBDD o proceder de una combinación de información de diversas bases de datos, ya que los programas permiten editarlas y crear nuevas bases. Es importante a la hora de utilizar las bases de datos, que si, por ejemplo, se está haciendo la comparación entre los ACV de dos productos, en este caso, lo mejor es utilizar la misma base de datos para que no existan alteraciones por utilizar una base de datos diferente para cada producto y trabajar con las mismas hipótesis de trabajo.

Para usar una de las BBDD existentes en el mercado es imprescindible conocer que información es importante a la hora de buscar una y que esta posea unas características que sean las adecuadas para su utilización en un ACV determinado.

Antes de empezar a ver las diferentes bases de datos que hay en el mercado hay que conocer información importante para seleccionar una u otra BBDD como es los formatos de datos existentes.

La norma que posee guías y requisitos especiales para la preparación, conducción y revisión de los ACV, así como para la creación de Bases de Datos (BBDD) es la norma “ISO/TS 14048:2002 Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida–Normalización de datos e información para una evaluación de ciclo de vida”.

*“Tiene la función de facilitar una información clara, una interpretación y revisión de la recolección de los datos, un cálculo correcto de los mismos cuando corresponda y dar el mejor marco para asegurar la calidad de los datos y el informe de los mismos. También proporciona herramientas para facilitar el intercambio de datos a través de la especificación y la estructuración de la información que sea relevante.*

*Los formatos de datos están dirigidos a la documentación de procesos, como por ejemplo procesos individuales de producción, producción en línea producción en planta, sistemas de producto, sistemas de gestión de residuos, transportes individuales, rutas de transporte, etc.”*

Los formatos se desarrollan para facilitar el intercambio de datos para el análisis de inventario de ciclo de vida y la elección de conjunto de datos pertinentes.

Las características que tienen que cumplir los formatos de los datos son:

- *“Cada proceso unitario está documentado en un informa independiente.*
- *Un sistema de producto se documenta de la misma manera, pero en referencia a cada uno de los procesos unitarios de los que esté compuesto y sus interrelaciones.*
- *La documentación está dividida en diferentes campos tales como tipo de dato, fecha, etc. para facilitar la documentación y la interpretación del mismo.*

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- *Estos datos también describen las entradas y salidas de cada proceso, de manera que apoyan a los cálculos a realizar en un ACV.*<sup>56</sup>

Entre los formatos de datos encontramos:

- SPOLD (Sociedad para la promoción del Desarrollo del Análisis del Ciclo de Vida): sociedad que desarrolla el formato SPOLD desarrollado para el ICV, que permite el intercambio de datos entre diferentes BBDD y herramientas software compatibles. Además coopera con otras organizaciones como SETAC y CODATA's, grupos especializados en calidad de datos para ICV.
- ECOSPOLD: creado a partir del SPOLD99 es el formato de intercambio de datos basados en XML (eXtensible Markup Language) y que facilita la importación, edición y exportación de datos, además de ser el más extendido entre los existentes. Es el formato de intercambio de datos más extendido de los existentes, ya que las principales herramientas de ACV utilizan este formato para facilitar la importación, edición y exportación de datos.
- SPINE (Sustainable Product Information Network for the Environment): este formato fue creado para crear la base de datos nacional de ACV en Suecia, y posteriormente fue extendido para incluir los datos necesarios para incluir los datos necesarios de acuerdo con la evaluación de impactos ambientales de la norma "ISO 14042:2000 Norma de Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida.

Una vez conocidos los formatos de datos, se detallan a continuación una selección de diferentes BBDD que existen en el mercado:

- a) ETH-ESU: Desarrollada por el Instituto de Investigación ETH-ESU de Zurich (Suiza), abarca desde la extracción de recursos minerales, la producción de materias primas, las emisiones, la producción e importación de recursos, etc.
- b) BUWAL 250: desarrollada a partir de ETH-ESU por el Instituto Suizo de Embalaje, esta base de datos tiene toda su información completamente documentada sobre materiales de empaquetado (aluminio, cristal, plástico,...) los procesos de producción, procesos de distribución y diferentes tipos de eliminación del producto.
- c) ECOINVENT: seis institutos suizos han colaborado para crear una base de datos contiene más de 2500 procesos a partir de la complementación de las bases de datos BUWAL y ETH-ESU (ver [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)). Son una excelente base para los datos esenciales en un ACV, ya que cubren varias áreas, está bien documentada y es consistente. Además, incluye datos de indeterminación. Esto es un verdadero ahorro de tiempo. Se actualiza cada 6 meses.

---

<sup>56</sup> Análisis de ciclo de vida y huella de carbono, Ihobe (2009). [www.ihobe.eus](http://www.ihobe.eus)



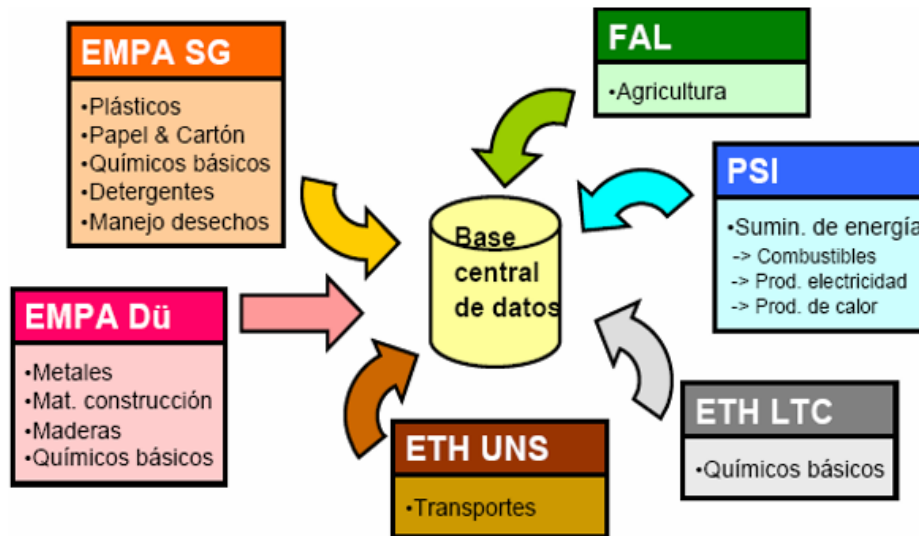


Figura 40. Ecoinvent. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5059/fichero/Memoria.pdf>

- d) IDEMAT: base de datos informatizada que posee mucha información técnica sobre materiales y procesos industriales. Permite seleccionar las materias primas y los recursos empleados en el proceso de diseño de un producto, permite la comparación entre distintos materiales y tiene un acceso sencillo, además de permitir la copia de datos y añadir datos propios.
- e) PROBAS: “datos básicos orientados hacia el proceso de instrumentos de gestión ambiental”. Base de datos accesible al público interesado en este tipo de datos, que cuenta con una biblioteca de datos para el ciclo de vida que contiene amplias funciones de búsqueda y filtro, los más de 8000 registros que buscar o por categorías de procesos (energía, materiales y productos, transporte, eliminación, etc.) o por búsqueda de nombre del proceso a través de texto completo.
- f) BASES DE DATOS INPUT OUTPUT: están basadas en unidades monetarias o en datos económicos que permiten realizar una rápida proyección y estimación de datos. Son una excelente base para datos relativos a servicios, como publicidad, ventas al detalle, etc. Las dos bases de datos más importantes son la DK Input Output Database 99 y la USA Input Output Database 98.

## 4.1.2 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DE ACV

### 4.1.2.1 Introducción

Para facilitar la realización de un estudio de análisis de ciclo de vida durante las fases de inventario y evaluación de impactos producidos por un producto se han creado herramientas software.

Estas herramientas informáticas se caracterizan por contener una o varias bases de datos y de metodologías para la evaluación del impacto del ciclo de vida, con gran cantidad de información, para poder ofrecer al usuario del software unos resultados de impacto ambiental en las diferentes etapas del ciclo de vida del producto o proceso a analizar.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

*“Para el caso de las BBDD, es recomendable que se encuentren bien definidas (grado de conocimiento de los datos disponibles en función del formato de los mismos) y con un período regular de actualización, debido a que los avances tecnológicos provocan un envejecimiento prematuro de la validez de los datos existentes.*

*Para el caso de las metodologías de EICV, es recomendable que la herramienta sea capaz de trabajar con varias de ellas. Con esto se pretende:*

- *Obtener resultados concretos a través de una metodología específica, como por ejemplo, el cálculo de la Huella de Carbono a través de la metodología IPCC<sup>57</sup>.*
- *Para comparar los resultados que proporcionan diferentes metodologías para el cálculo del mismo impacto ambiental, como por ejemplo ver la diferencia de “kg eq. CO2” que dan como resultado el aplicar la metodología IPCC por un lado y la metodología CML 2001 por otro. La utilidad de esta opción radica en que puede ocurrir que los resultados sean muy diferentes aunque el impacto ambiental analizado sea el mismo, ya que las metodologías de EICV tienen sus propios alcances, factores de conversión y suposiciones. A través de esta comparativa se puede enriquecer la interpretación de los resultados y permite evaluar la idoneidad o no de una metodología u otra.*
- *Poder manejar resultados tanto específicos como generales, como por ejemplo obtener resultados sobre el “consumo de energía” y las emisiones de kg eq. CO2 por un lado, y por otro la carga ambiental del sistema analizado en “puntos”.*<sup>58</sup>

Entre las herramientas más destacadas actualmente dentro del mercado son SimaPro y GaBi, ambas poseen información para hacer un estudio de ACV completo de diversos productos y proceso.

El uso alguno de los softwares existentes no son gratuitos y están sometidos a licencias (profesional o estudiante) pero también existen alternativas a estos software comerciales como el OpenLCA que es un software gratuito y abierto para todos los usuarios que deseen utilizarlo.

*“Este tipo de programas de uso general requiere sin embargo un alto conocimiento de la metodología de ACV, pero también existen otras herramientas específicas para el sector de la construcción como, por ejemplo, ECO-BAT o BEES. Estas herramientas específicas tienen interfaces más adaptadas para facilitar la entrada de datos y la interpretación de los resultados obtenidos.*

*Sin lugar a dudas, el desarrollo de este tipo de herramientas favorece y simplifica la labor de los consultores ambientales en el proceso de análisis de ciclo de vida y de cálculo de la huella de carbono.”* (Cristina Gazulla, 2012).

Sin querer favorecer a una herramienta software por encima de las demás se definen y describen a continuación los cinco software más destacados y completos, desde mi punto de vista: SimaPro, TEAM, Umberto, Open LCA, Gabi y Eco-it.

---

<sup>57</sup> IPCC: panel intergubernamental sobre el Cambio Climático creado por un grupo de expertos sobre el cambio climático creado en 1988 para que facilitara evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

<sup>58</sup> Análisis de ciclo de vida y huella de carbono, Ihobe (2009). [www.ihobe.eus](http://www.ihobe.eus)

### 4.1.2.2 Desarrollo de distintos tipos de software

#### A) SimaPro LCA:

Es software líder LCA, de los más utilizados, hasta en más de 80 países, ya que ofrece la estandarización y flexibilidad para un trabajo cómodo con esta herramienta. Además ofrece una variedad de licencias, adaptadas a una amplia gama de necesidades tanto de negocios como educativos.

Permite:

- Analizar ciclos de vida complejos de una forma fácil y sistemática.
- Medir el impacto ambiental producido durante todas las etapas del ciclo de vida del producto o servicio que se somete al ACV.

Este software puede ser usado para una amplia variedad de aplicaciones como:

- Informes de sostenibilidad: es el resultado de un estudio ambiental que evalúa los efectos sobre el medio ambiente de algún producto, servicio o proyecto. El programa ofrece una metodología de determinación de las bases de sostenibilidad que ayuda a medir y comunicar los esfuerzos de sostenibilidad, analizar y proporcionar objetivos y metas, monitorear progresos, y mostrar dentro de cada etapa como y donde se pueden hacer mejoras.
- Huella de carbono: hacer un análisis de la huella de carbono requiere un amplio conocimiento sobre el tema, este software lo hace más sencillo ya que incluye una gran cantidad de datos de antecedentes y factores de equivalencia de dióxido de carbono para muchas emisiones de gases de efecto invernadero. Además permite informar por separado de varios tipos de emisiones de gases de efecto invernadero, como se exige en algunas normas.

Análisis de la aplicación:

- Huella de agua: permite identificar regiones con alto estrés hídrico, identifica los impactos significativos sobre el agua que causan las actividades empresariales y comparan los escenarios en que se produce para la posible reducción de esos impactos.
- Eco diseño y desarrollo de productos: durante la fase de diseño es importante tener una información clara y objetiva de las opciones que permitan mejorar el impacto ambiental que se pueda producir, este software permite identificar y evaluar fácilmente los beneficios e inconvenientes de los diseños.
- Generación de declaraciones ambientales de producto (EPD): permiten comunicar los resultados del análisis de sostenibilidad realizados, SimaPro puede ayudar a simplificar la creación de los EPD de una empresa.

#### B) GABI:

Se trata de una herramienta software que da la posibilidad de hacer el Análisis de Ciclo de Vida para conocer la solución más sostenible de productos o servicios para mejorar la sostenibilidad. Es además un apoyo para las empresas para conseguir la confianza del consumidor a través de la información cuantificada y verificable para verificar sus procesos.

Los objetivos y metas que se consiguen podrían ser:

- Evaluación de ciclo de vida: diseñar productos que cumplan regulaciones ambientales, conseguir una reducción de materiales y energía, desarrollar productos con huellas

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

ambientales más pequeñas, reducir número de emisiones, mejorar la eficiencia de cadenas de producción, diseño, etc.

- Reducción de costes: el diseño y optimización de productos y procesos implica poder hacer una reducción de costes.
- Reporte del ciclo de vida: comercialización de productos sostenibles (con etiquetas verdes, declaraciones ambientales de producto, etc), informes de la sostenibilidad de los productos e intercambio de conocimientos del ACV (informes y análisis para los departamentos internos, la gestión, la cadena de suministro, etc.).
- Desarrollo de procesos de fabricación responsable para el medioambiente para el Ciclo de Vida de un producto.

Permite la utilización de conjuntos de datos juntos ya que cuenta con las siguientes bases de datos:

- Bases de datos GaBi: realizado por el thinkstep GaBi con unos 10000 perfiles de inventario listos para el uso de ciclo de vida.
- Ecoinvent
- LCI de EE.UU.
- Opción de crear una base de datos personalizada.

Es un software aplicable que proporciona en la Evaluación de Ciclo de Vida los siguientes beneficios:

- Determinar los riesgos potenciales de optimización ambiental de productos en una etapa temprana.
- Identificar la magnitud e importancia de cada paso individual dentro de un ciclo de vida de los productos.
- Obtener información válida sobre impactos ambientales de procesos y productos externos que puedan influir en el ciclo de vida.
- Solidificar la necesidad de la acción ecológica sobre el producto analizado.
- Estimular la innovación en el campo del medio ambiente mediante la implementación de la evaluación del ciclo de vida.
- Comprensión del concepto de ciclo de vida e integrarlo en el mercado actual a todos los niveles.

Al igual que la herramienta de software SIMAPRO permite su aplicación para: huella de carbono, huella de agua, declaraciones ambientales de productos, etc.

Además destacar que tiene la posibilidad de hacer el ACV de un edificio dando lugar a:

- Obtención de un análisis e ilustración de los puntos críticos ecológicos de todo el edificio.
- Planificar una construcción ecoeficiente.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Calcular los criterios ambientales que son necesarios para la certificación y valoración DGNB.<sup>59</sup>
- Mejorar el rendimiento de la sostenibilidad mediante análisis comparativos de las diferentes opciones dentro de todas las fases de planificación.

Posibilidades de mostrar sus grandes esfuerzos y contribución a la construcción sostenible.

### C) UMBERTO:

Se trata de un software que como los anteriores permite calcular el ACV, aunque al igual que los anteriores también se puede emplear para Huellas Ambientales de producto (PEF), Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) y para Huellas de Carbono.

El uso de la herramienta se inicia con la generación de una red flujo de materiales a través de las bases integradas de datos que contiene (Ecoinvent o GaBi) para la realización del análisis del inventario del ciclo de vida y la evaluación del impacto del ciclo de vida.

Los métodos de evaluación de impacto del ciclo de vida que se pueden elegir son Eco-Indicador99, LMC, TRACI, IPCC, Impacto2002+, etc

A continuación toca interpretar y evaluar los resultados, para ello el software de ACV tiene funciones para hacerlo más fácil.

Una de estas funciones representa los resultados como un diagrama de Sankey<sup>60</sup>, que da una comprensión intuitiva de los resultados obtenidos.

A partir de ahí se pueden generar informes que contengan:

- Inventarios de materia y energía para todo el modelo de ciclo de vida.
- Descomponer los resultados por fases, por procesos, por clases de materiales, etc.
- Exportación de todos los datos tanto del ICV como de los resultados de la EICV a Microsoft Excel

La conclusión de la utilización de este software es que promueva una mayor comprensión de sistemas y ayuda a crear una mayor transparencia en el mercado.

### D) TEAM:

Tools for Environmental Analysis and Management (TEAM) es un software comercializado por la compañía Ecobilan group que incluye más de 500 módulos de diferentes sectores.

Permite dar una solución de extremo a extremo incluyendo infraestructura, bases de datos (emplea el formato estándar de intercambio de datos SPOLD) gran variedad de representación de datos

---

<sup>59</sup> El sistema de Certificación DGNB es un sistema de certificación sostenible que hace una descripción objetiva y evalúa la sostenibilidad de edificios y distritos urbanos. La calidad se evalúa de forma integral a lo largo del ciclo de vida del edificio. Permite adaptarse de forma precisa a diversos usos de los edificios para que cumplan hasta los 50 criterios de sostenibilidad divididos en: ecología, economía, aspectos socio-culturales, tecnología, flujos de procesos de trabajo y sitio. El sistema se basa en ir voluntariamente superando los conceptos que son comunes o habituales en la actualidad.

Si los requisitos son superados, DGNB otorga el certificado DGNB en bronce, plata y oro.

<sup>60</sup> Diagrama de Sankey es un tipo específico de diagrama de flujo, en el que la anchura de las flechas se muestra proporcional a la cantidad del flujo. Se suelen utilizar para visualizar las transferencias de energía, material o coste entre procesos, a través de flechas que muestran la pérdida o dispersión por transferencia.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

del análisis como diagramas de flujos, procesos, etc. como las anteriores pero destaca por incorporar la posibilidad de introducir información relativa a costes (Life Cycle Cost, LCC).

Cubre todas las etapas de ciclo de vida desde la adquisición de materia prima, fase de fabricación, uso, reutilización, mantenimiento y gestión de residuos.

Ofrece la posibilidad también igual que los programas anteriores de la realización de informes de acuerdo con la normativa ISO 14040 de ACV .

No tiene ningún formato predeterminado, en esencia, proporciona a los usuarios las herramientas de modelado mediante la cual pueden construir sus análisis. Instrucciones paso a paso, no se proporcionan por el software. El software es lo suficientemente flexible como para incluir cualquier tipo de costos, pero no existe una orientación específica proporcionada a los usuarios sobre qué tipos de costos a considerar.

### E) ECO-IT:

Es una herramienta software española desarrollada por IHOBE (Sociedad Pública del Gobierno Vasco) para el Ecodiseño que funciona con indicadores ecológicos que reflejan el impacto de un producto o proceso mediante puntuaciones individuales.

El programa se compone de las siguientes páginas:

1. Ciclo de vida: describir el ciclo de vida del producto a investigar.
2. Producción: introducir la estructura jerárquica el producto, especificando materiales y procesos de producción que se seleccionan de las bases de datos. Estas bases de datos incluyen los indicadores ecológicos siguientes: Recipe e IPPC (Panel Intergubernamental para el cambio climático).
3. Uso: introducir los componentes de energía y transporte
4. Eliminación: permite especificar el tratamiento y gestión del producto una vez terminado su uso.

Tras introducir estos datos obtenemos la información sobre el impacto ambiental que puede ser positiva o negativa.

La base de datos de ECO-IT no puede ser editada o ampliada, lo que asegura la validez de los datos.

Esta aplicación es gratuita para todas las empresas del País Vasco a través de la página web de Ihobe ([www.ihobe.eus](http://www.ihobe.eus)) y para el resto de usuarios está disponible pero en versión demo.

### F) OPEN LCA:

Software libre, gratuito y multiplataforma para realizar análisis de ciclo de vida. Una herramienta que se lleva desarrollando desde 2006, y al ser libre puedes modificar las características para adaptarlo a las necesidades. Esta orientado al ACV pero tambien se puede realizar la Huella de carbono y del agua como en los otros software.

Tiene un bajo coste, una fácil instalacion y uso,

Dispone de la más amplia gama de bases de datos, casi un total de 100.000 diferentes conjuntos de datos, algunos gratuitos y otros de pago.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Existen otros más especializados en edificación que son muy usados, como son: LEGEP, ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS, NovaEQUER, ECO-BAT y BEES.

### A) LEGEP:

LEGEP de GmbH es una herramienta de cálculo alemana para la planificación integrada de los edificios sostenibles. Consta de varios módulos de programa y bases de datos asociadas que permiten el modelado y cálculo, en todo momento, de los proyectos de construcciones desde el diseño hasta la ejecución.

Dentro del software se proporciona, de forma gratuita, un módulo para la evaluación del ciclo de vida a través de una base de datos obligatorios para la certificación de acuerdo con BNB (Sistema de Clasificación para la Construcción Sostenible) o DGNB (Construcción Sostenible de Alemania).

### B) ATHENA IMPACT ESTIMATOR FOR BUILDINGS:

El software canadiense de Athena Instituto permite a los profesionales del sector de la construcción comparar escenarios alternativos de diseño e incorporar consideraciones ambientales que comienzan en la etapa conceptual de un proyecto.

El estimador de Impacto Athena es aplicable para la nueva construcción, reformas y modificaciones en edificios y proporciona un perfil de inventario del ciclo de vida de la cuna a la tumba. Los resultados de inventario comprenden los flujos de energía y materias primas, emisiones al aire, agua y suelo, etc.

Su utilización es sencilla y consiste en: los usuarios describen rápidamente los montajes de construcción a través de cuadros de diálogo que solicitan cierta información, a partir de ahí, el software hace el resto, el cálculo de una lista de materiales y los impactos ambientales asociados. Los usuarios tienen la flexibilidad de añadir materiales según sea necesario. Alternativamente, los usuarios pueden importar su propia lista de materiales de cualquier programa de CAD.

### C) NovaEQUER:

NovaEQUER es un software creado por IZUBAénergies de análisis de ciclo de vida (ACV) que realiza el análisis del medio ambiente de un edificio partiendo de:

- Las características del edificio estudiado: los materiales que constituyen el edificio y sus cantidades, el modo de gestión de residuos, el uso del edificio, etc.
- Una base de datos de evaluación del ciclo de vida con los inventarios de impacto: para materiales, para procesos (transporte de materiales, de tratamiento de agua, etc.) y para portadores de energía.
- Al final del análisis el programa ofrece 12 indicadores ambientales para las 4 fases de vida del edificio (construcción, uso, renovación y demolición) que son: el consumo de energía primaria, contribución al efecto invernadero, agua utilizada, ecotoxicidad acuática, residuos inertes, recursos abióticos, ozono, eutrofización, residuos radiactivos, olor, toxicidad humana y acidificación.

El software permite obtener, de esas 4 fases de ciclo de vida del edificio, los cálculos detallados hasta del elemento más particular del edificio, como por ejemplo el impacto ambiental de un aislamiento térmico en una partición. Estos resultados también se pueden visualizar de forma gráfica para hacer una comparación de los datos obtenidos o para visualizar de una forma más rápida estos impactos ambientales. Todos estos gráficos son exportables a hojas de cálculo o en formato imagen.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

### D) ECO-BAT:

Eco Balance Assessment Tool es una herramienta diseñada para cuantificar los impactos ambientales vinculados a las diferentes fases de ciclo de vida del edificio, desde la fabricación de materiales hasta la eliminación de residuos o su gestión resultante de la demolición, una gran parte de estos impactos proviene de la energía consumida mientras se usa.

ECO-BAT permite modelar rápidamente un edificio y realizar una evaluación completa de los impactos del ciclo de vida. En comparación con los módulos ECO<sup>61</sup> y ECO+<sup>62</sup>, Eco-Bat ofrece numerosas características adicionales y proporciona al usuario unos resultados más detallados.

Como el más completo para realizar el análisis de ciclo de vida es el ECO-BAT, se describe a continuación sus características:

- Es necesario hacer una definición precisa de la composición de los elementos que componen el edificio: paredes, suelos, ventanas, etc.
- Para ver el impacto de los materiales elegidos cuenta con la base de datos Ecoinvent, que es una de las más completas.
- Esta metodología cumple la norma UNE-EN ISO 14040 por la que debe tener en cuenta todas las fases del ciclo de vida del edificio: materiales de construcción, transporte, construcción, uso, eliminación...
- También permite el cálculo de los impactos asociados con el consumo de energía de calefacción, agua caliente, refrigeración, ventilación, iluminación y electricidad durante el uso del edificio.
- Cuenta con indicadores para cuantificar los impactos como son NRE, GWP, Ecoindicator99 o IMPACT2000.
- Tiene la opción de obtener los resultados gráficamente.

### E) BEES:

Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES) es un software utilizado para la selección de productos o materiales de construcción que ofrezcan las mejores opciones ambientales. Ha sido desarrollado por el NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología). Diseñado para ser una herramienta que se basa en las normas y diseñado para ser práctico, flexible y transparente.

BEES mide el rendimiento medioambiental de los productos de construcción mediante el uso del método de evaluación del ciclo de vida que se especifica en la norma UNE-EN ISO 14040:2006. Se analizan todas las etapas del ciclo de vida: obtención de materias primas, fabricación, transporte, instalación, uso, reciclaje y gestión de residuos.

---

<sup>61</sup> ECO : permite al usuario evaluar los impactos ambientales de un edificio modelizado en Lesosai. Proporciona una visualización básica de los resultados del ecobalance y se utiliza normalmente durante la fase de dimensionamiento.

<sup>62</sup> ECO+, también se utiliza junto a Lesosai, proporciona resultados más detallados a nivel de análisis de materiales.



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Contiene una base de datos de rendimientos ambientales y económicos reales para 230 productos de construcción.

La parte económica se mide utilizando el método de coste del ciclo de vida estándar de ASTM<sup>63</sup>, que cubre los costos de inversión inicial, reemplazo, operación, mantenimiento, reparación y eliminación.

Para el análisis completo de BEES, los productos de construcción se definen y clasifican según la clasificación estándar creada por ASTM, conocida como UNIFORMAT II<sup>64</sup>.

### 4.1.2.3 Tablas resumen de las herramientas informáticas de ACV

A continuación se muestran las diferentes herramientas software genéricas de ACV de manera esquemática:

- Principales herramientas informáticas:

1. PRINCIPALES SOFTWARES		
ENFOQUE	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
Genérico	SIMAPRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por PRE-Consultans</li> <li>- Tiene guía para la realización de ACVs.</li> <li>- Posibilidad de modificación de los parámetros del ciclo de vida de un producto.</li> <li>- Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost</li> <li>- Informes de acuerdo con la norma ISO 14040 de ACV</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="http://www.pre.nl/pre/default.htm">http://www.pre.nl/pre/default.htm</a></li> </ul>
	GABI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por Instituto de ciencia y ensayos polímeros (IKP) y la universidad de Stuttgart en Colaboración con PE Europe GMBH</li> <li>- Descripción gráfica de ciclo de vida del producto mediante estructura jerárquica.</li> <li>- Posibilidad de modificación los parámetros de ciclo de vida del producto.</li> <li>- Posibilidad de reutilización de procesos y planes creados en otros proyectos.</li> <li>- Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment, LCC: Life Cycle Cost y LCWT: Life Cycle Working Time.</li> <li>- Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV.</li> <li>- Redacción de informes de acuerdo a ISO14040 de ACV.</li> <li>- Posibilidad de asignación de cargas.</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="http://www.gabi-software.com/spain/index/">http://www.gabi-software.com/spain/index/</a></li> </ul>

Tabla 11.1. Principales software de ACV. Fuente: Elaboración propia

<sup>63</sup> ASTM American Society for Testing and Materials a día de hoy está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO, y mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en varias industrias.

<sup>64</sup> UNIFORMAT II es un estándar de clasificación de la construcción de las especificaciones, estimación de costos y análisis de costos de los EE.UU. y Canadá.

2. PRINCIPALES SOFTWARES		
ENFOQUE	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
	UMBERTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por Ifu Hamburg, GMBH</li> <li>- Permite introducir el ciclo de vida completo, entradas y salidas asociadas a cada proceso y flujos entre procesos.</li> <li>- Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost.</li> <li>- Posibilidad de modificación todos los parámetros del ciclo de vida del producto.</li> <li>- Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV.</li> <li>- Distintas interfaces para la conexión del programa a otras aplicaciones</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="http://www.umberto.de/en/">http://www.umberto.de/en/</a></li> </ul>
	TEAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por ECOBILAN-PRICEWATERHOUSE COOPERS, France.</li> <li>- Muy intuitivo y con ventana de estructura de árbol CV.</li> <li>- Contiene Diagramas de flujos y procesos.</li> <li>- Introducción de datos con características similares a Gabi.</li> <li>- Posibilidad de definición individual de límites del sistema.</li> <li>- Dispone de guía para hacer ACVs.</li> <li>- Posibilidad de modificación todos los parámetros del ciclo de vida del producto.</li> <li>- Posibilita la redacción de informes de acuerdo con la norma ISO 14040 de ACV.</li> <li>- Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV.</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="http://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html">http://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html</a></li> </ul>
	OPEN-LCA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software libre para EICV y sostenibilidad.</li> <li>- Disponible en varios idiomas.</li> <li>- Tiene la mayor base de datos.</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="https://www.aist-riss.jp/old/lca/cie/activity/software/aist/outline.html">https://www.aist-riss.jp/old/lca/cie/activity/software/aist/outline.html</a></li> </ul>
	ECO-IT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por IHOBE</li> <li>- Software español y gratuito</li> <li>- Dispone de base de datos inalterable</li> <li>- Utiliza los indicadores ecológicos Recipe e IPCC.</li> <li>- No permite la alteración o incorporación de datos externos para hacer el ACV.</li> <li>- <a href="http://www.ihobe.eus">http://www.ihobe.eus</a></li> </ul>

Tabla 12. 2. Principales software de ACV. Fuente: Elaboración propia

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Otras herramientas informáticas de ACV:

OTROS SOFTWARE		
ENFOQUE	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
Genérico	CMLCA 4.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holanda</li> <li>- Parte de las bases de datos CML-IA, Ecoinvent y ETH96.</li> <li>- Contiene diferentes métodos de EICV.</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="http://www.cmlca.eu/">http://www.cmlca.eu/</a></li> </ul>
	E3DATABASE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Germany</li> <li>- Herramienta centrada en los sistemas energéticos, sus repercusiones en el ciclo de vida y su coste (Ee Energy-Emission-Economy).</li> <li>- Sistema de gestión Firebird SQL. Software basado en Borlan-Delphi,</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="http://www.e3database.com">www.e3database.com</a></li> </ul>
	EVERDEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.</li> <li>- Herramienta ACV gratuita y disponible online.</li> <li>- Disponible en castellano.</li> <li>- Dispone de base de datos propia.</li> <li>- Proporciona valores para diferentes categorías de impacto.</li> <li>- Permite importar datos.</li> <li>- <a href="http://www.ecosmes.net">www.ecosmes.net</a></li> </ul>
	GEMIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por Oeko Institut (Institute for applied Ecology), Darmstadt Office, Germany</li> <li>- Herramienta de ACV gratuita.</li> <li>- Además de las habituales. Evalúa categorías de impacto no comunes en otras herramientas, como CER (Cumulated Energy Demand), CMR (Cumulated Energy Requirement).</li> <li>- Disponible en castellano.</li> <li>- <a href="http://www.gemis.de">www.gemis.de</a></li> </ul>
	REGIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por Sinum AG, Germany</li> <li>- Software ACV que apoya a la gestión empresarial desde el enfoque de la ecoeficiencia.</li> <li>- Dispone de Ecoinvent y BUWAL entre otras como bases de datos.</li> <li>- Disponible en castellano.</li> <li>- Permite exportar la información.</li> <li>- <a href="https://www.sustainabilityprofessionals.org/regis-23-%E2%80%93-corporate-ecoperformance-software">https://www.sustainabilityprofessionals.org/regis-23-%E2%80%93-corporate-ecoperformance-software</a></li> </ul>

Tabla 13. Otros software. Fuente: Elaboración propia

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Herramientas informáticas de ACV para la construcción:

SOFTWARE PARA LA CONSTRUCCIÓN		
ENFOQUE	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
Construcción y edificación	LEGEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por LEGEP Software GmbH, Alemán</li> <li>- Herramienta muy completa para el sector de la construcción sostenible.</li> <li>- Contiene base de datos propia.</li> <li>- <a href="http://www.legep.de">www.legep.de</a></li> </ul>
	NovaEQUER	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software creado por IZUGAénergies</li> <li>- Realiza el análisis de las 4 fases de ciclo de vida del edificio (construcción, uso, rehabilitación y demolición).</li> <li>- Ofrece 12 indicadores ambientales.</li> <li>- Contiene base de datos.</li> <li>- Los resultados son exportables.</li> <li>- <a href="http://www.izuba.fr/logiciel/novaequer">http://www.izuba.fr/logiciel/novaequer</a></li> </ul>
	ECO-BAT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta para el ACV de edificios</li> <li>- Utiliza la base de datos Ecoinvent.</li> <li>- Permite el cálculo de energías utilizadas durante el uso de edificio (calefacción, ACS, etc.)</li> <li>- Cumple la norma ISO 14040 de ACV</li> <li>- Indicadores de impactos para EICV: Ec99, NRE, GLUP, Impact2002+.</li> <li>- Permite obtener los resultados gráficamente.</li> <li>- <a href="http://www.eco-bat.ch">http://www.eco-bat.ch</a></li> </ul>
	BEES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollado por National Institute of Standards and Technology (NIST), USA.</li> <li>- Contiene 230 productos, clasificados según UNIFORMAT II.</li> <li>- Informes conformes a ISO 14040 de ACV.</li> <li>- Tiene método de análisis de coste de ciclo de vida (LCC, Life Cycle Costing)</li> <li>- Clasifica los materiales según UNIFORMATII</li> <li>- Las bases de datos se pueden exportar a Excel.</li> <li>- Está actualizado y es gratuito.</li> <li>- <a href="http://www.bfrl.nist.gov/oe/bees.html">http://www.bfrl.nist.gov/oe/bees.html</a></li> </ul>

Tabla 14. Software de ACV para la construcción. Fuente: Elaboración propia

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

### 4.1.3 ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA SIMAPRO

#### 4.1.3.1 Introducción

Se pretende ver y conocer el software SimaPro para utilizarlo para la realización de análisis de ciclo de vida.

Para ello se verá la versión demo o una versión registrada de SimaPRO, en este caso para la explicación del programa se ha realizado con la versión SimaPro 8.3.0 Demo.

La versión demo, se diferencia de la completa en que puede solo se puede utilizar el comando guardar 16 veces. Suficiente para explicar cómo funciona sin tener que descargar la versión de pago completa.

Empezaremos explicando una serie de características básicas del programa para, a continuación, explicar a través de un ejemplo como se realiza el proceso entero para hacer un ACV: introducción de datos y construcción de ciclos de vida, análisis de resultados y como realizar un análisis de sensibilidad simple.

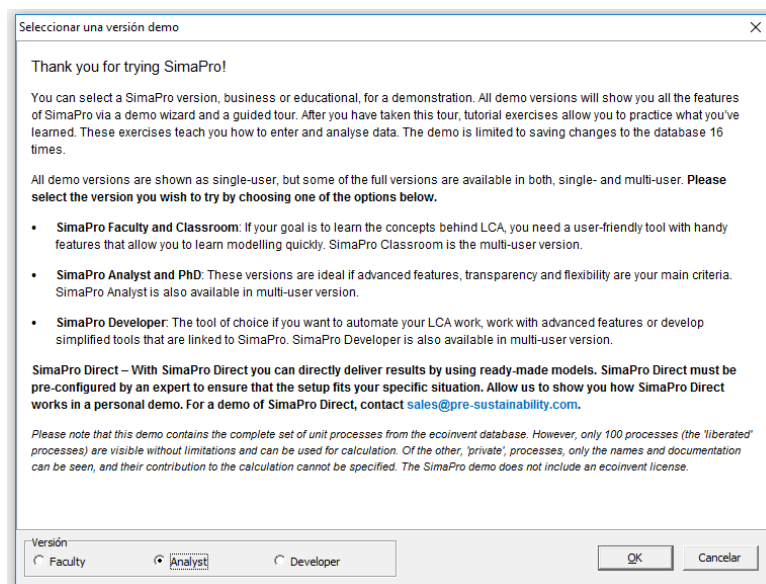
En caso de pérdida el programa cuenta con un manual de teoría básica y conceptos principales a conocer al que se puede acceder a través del menú de ayuda en SimaPro o se puede descargar desde la web de PRé (<http://www.pre-sustainability.com/lca-learning-library>).

La intención es explicar cómo el usuario del programa debe rellenar los datos. Una vez hecho, se habrá creado un ciclo de vida.

No se trata de proporcionar datos precisos completos, se trata de comprender el uso de este programa.

#### 4.1.3.2 Metodología del programa

Al abrir el programa lo primero que encontramos es la siguiente pestaña:



Captura de pantalla modificada 1. Selección de versión

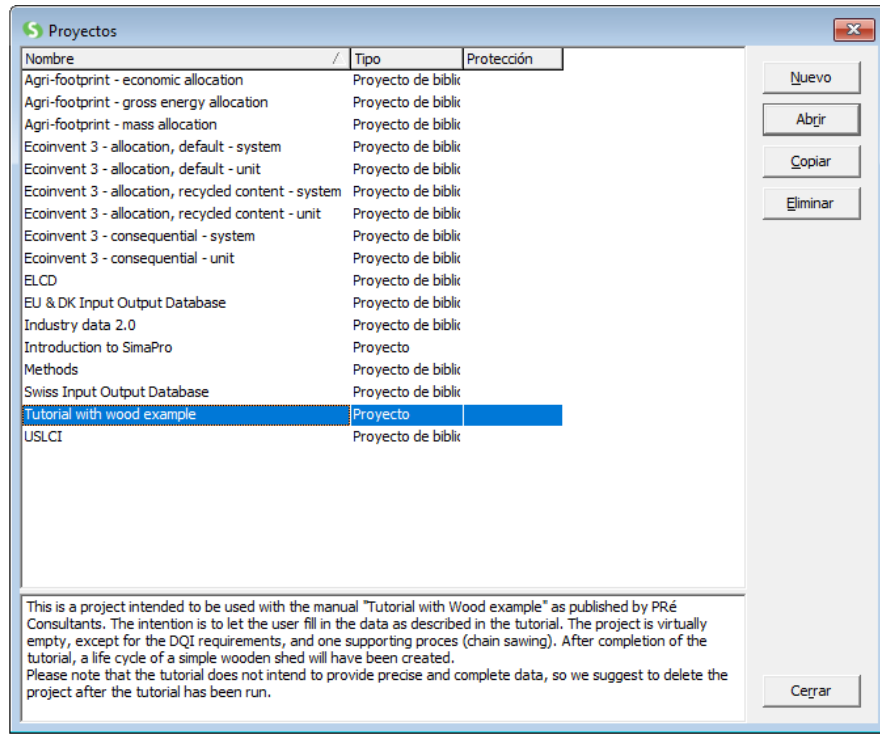
En la cual el programa le preguntará qué versión de SimaPro quiere utilizar:

- Faculty: si su objetivo es aprender los conceptos detrás de ACV, necesita una herramienta fácil de usar con características prácticas que le permiten aprender rápidamente el modelado.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Analyst a: estas versiones son ideales si las características avanzadas, la transparencia y la flexibilidad son sus principales
- Developer: la herramienta de elección si se desea automatizar su trabajo LCA, trabajar con funciones avanzadas, indicada especialmente para expertos.

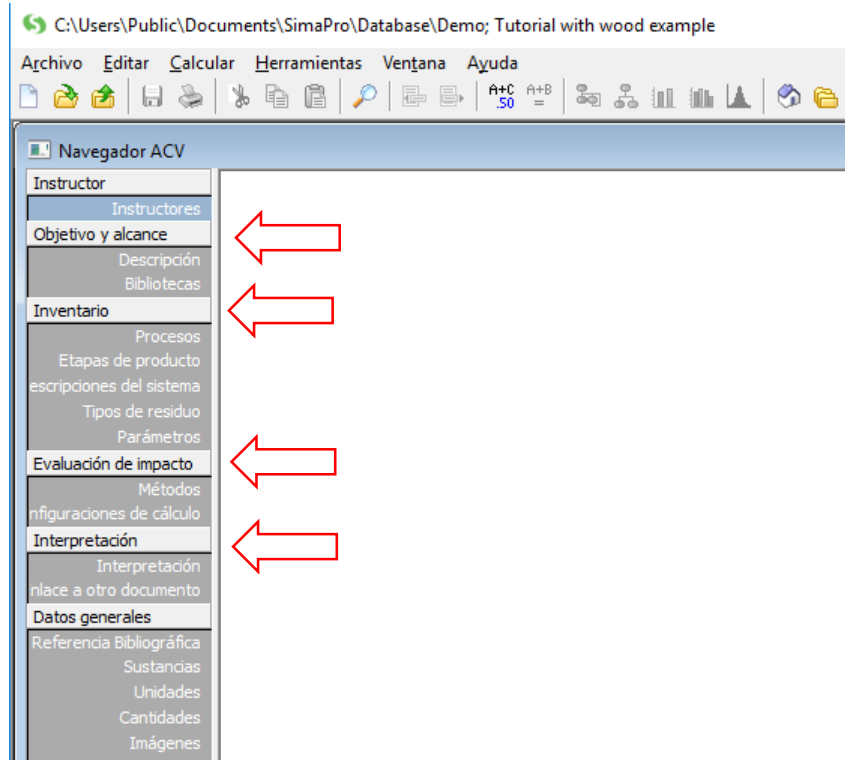
Seleccione la opción “Analyst” (Analista) y le damos a OK. Después, hay que ir al menú archivo en la parte superior de la pantalla y seleccionar “Abrir proyecto” y se selecciona por ejemplo el Tutorial with Wood example (Tutorial con madera) que vamos a utilizar para ver como se hace un ACV con este programa y se pulsa la opción abrir.



Captura de pantalla modificada 2. Abrir proyecto

Entonces a continuación se nos presenta el siguiente menú:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Captura de pantalla modificada 3. Navegador ACV

En este inicio del proyecto vemos cómo se organiza en 4 secciones diferentes como se ve en la captura del explorador de ACV:

- Objetivo y alcance: aquí se describe el propósito del proyecto.
- Inventario: aquí se ingresa y editan los datos.
- Evaluación del impacto: se puede editar, ingresar, seleccionar métodos de evaluación de impacto y guardar configuraciones de cálculo.
- Asistentes: son directrices para que los usuarios menos experimentados.

En la demostración, están predefinidos todos los proyectos que se necesitan, no se pueden crear unos proyectos propios.

- 1) Objetivo y alcance: es la etapa inicial del ACV donde se definen todos los detalles prácticos relacionados con el proyecto. Es muy importante que esté bien definido ya que es un paso relevante para el ciclo de vida del producto. En este ejemplo, estos parámetros ya están definidos para enfocarnos en ingresar datos y construir nuevos procesos en SimaPro.
  - Descripción: contiene la información sobre el objetivo y las opciones más importantes. Los campos de texto se refieren a los temas obligatorios que necesita describir de acuerdo con ISO 14041.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Navegador ACV	
Instructor	Nombre
Instructores	Tutorial de ejemplo con madera
Objetivo y alcance	Fecha
Descripción	01/02/2010
Bibliotecas	Autor
Inventario	MG
Procesos	Comentario
Etapas de producto	Este es un proyecto destinado a ser utilizado con el manual "tutorial with wood example" publicado por Pré Consultants. La intención es dejar que el usuario rellene los datos como se describe en el tutorial. El proyecto está básicamente vacío, a excepción de los requisitos DQI, y un proceso de apoyo (sierra de cadena). Después de la finalización del tutorial, se habrá creado un ciclo de vida.
Descripciones del sistema	Tenga en cuenta que el tutorial no tiene la intención de proporcionar datos precisos completos, por lo que sugerimos eliminar el proyecto después de que se haya ejecutado el tutorial.
Tipos de residuo	Tipo ACV
Parámetros	Internal Screening
Evaluación de impacto	El ACV resumido se refiere a un ACV que se ha hecho en poco tiempo. Normalmente se usan solamente datos disponibles estándar y evaluación de impacto. Análisis de sensibilidad es muy importante.
Métodos	Objetivo
Configuraciones de cálculo	El ACV desarrollado aquí podría tener el siguiente objetivo real: identificar los factores más importantes que determinan la carga ambiental de la madera con un simple mejoramiento. Para este ejercicio el alcance ha sido muy limitado. Por ejemplo, ignoramos el mantenimiento, la vida útil, y solo tenemos un escenario de residuos, que asume que parte de la madera es llevado a vertedero y el resto es quemado en chimenea abierta.
Interpretación	Motivo
Interpretación relacionada a otro documento	la empresa productora quiere conocer la carga ambiental para ver como se puede reducir.
Datos generales	
Referencia Bibliográfica	
Sustancias	
Unidades	
Cantidades	
Imágenes	

Captura de pantalla modificada 4. Introducir descripción del estudio

- Bibliotecas: recursos destinados a utilizar en todos los proyectos a realizar. Se pueden editar, pero en este caso se mantiene como está. Se debe dejar seleccionadas las dos bibliotecas, ya que los datos adicionales, puede ser precisos más adelante. Más adelante se explicará cómo se pueden cambiar las bibliotecas.



# CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

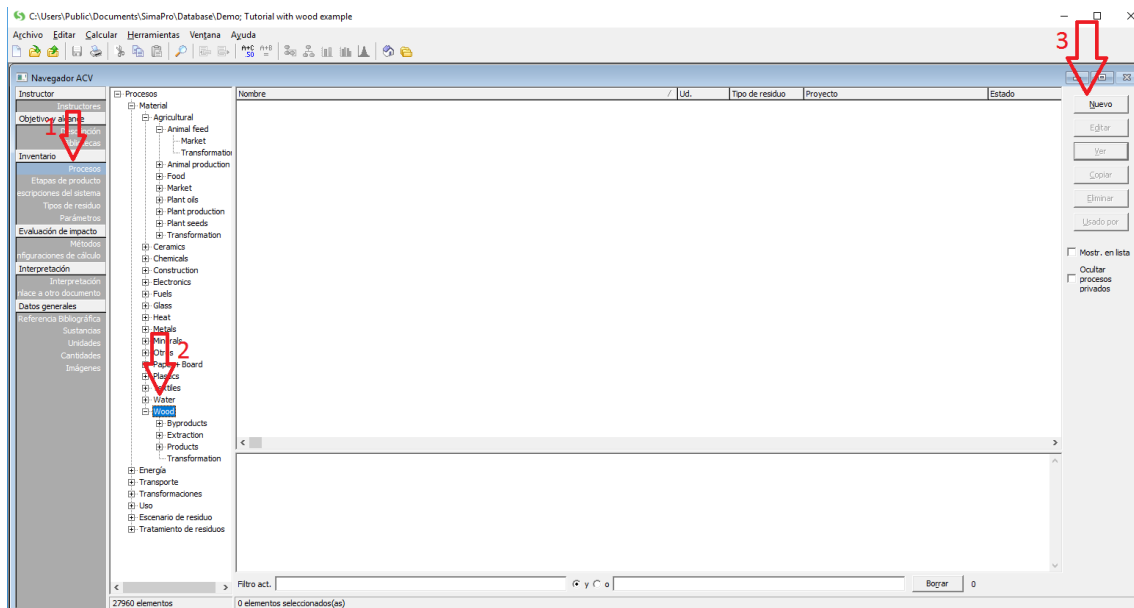
Instructor	Selecciona	Nombre	Protección
Instructores	<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - economic allocation	
Objetivo y alcance	<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - gross energy allocation	
Descripción	<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - mass allocation	
Bibliotecas	<input checked="" type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, default - system	
Inventario	<input checked="" type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	
Procesos	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, recycled content - system	
Etapas de producto	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, recycled content - unit	
Descripciones del sistema	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - consequential - system	
Tipos de residuo	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - consequential - unit	
Parámetros	<input type="checkbox"/>	ELCD	
Evaluación de impacto	<input type="checkbox"/>	EU & DK Input Output Database	
Métodos	<input type="checkbox"/>	Industry data 2.0	
Configuraciones de cálculo	<input checked="" type="checkbox"/>	Methods	
Interpretación	<input type="checkbox"/>	Swiss Input Output Database	
Interpretación enlace a otro documento	<input type="checkbox"/>	USLCI	
Datos generales			
Referencia Bibliográfica			
Sustancias			
Unidades			
Cantidades			
Imágenes			

Captura de pantalla modificada 5. Bibliotecas (bases de datos)

A continuación se describe cómo ingresar datos en la sección Inventario de SimaPro:

En primer paso es describir el proceso. Antes de que podamos ingresar los datos, tendremos que recopilarlos.

Ahora para crear el proceso, se va al lado izquierdo del Navegador de ACV y:



Captura de pantalla modificada 6. Crear nuevo proceso

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

1. Se hace clic en procesos en la ventana de Navegador ACV.
2. En el menú que se abre, se selecciona la categoría, por ejemplo 'wood' (madera).
3. Le damos a Nuevo y nos aparece la siguiente pestaña vacía.

The screenshot shows a software window titled 'Nuevo Material proceso'. It has four tabs: 'Documentación', 'Entrada/salida', 'Parámetros', and 'Descripción del sistema'. The 'Documentación' tab is active. It contains several input fields: 'Proyecto' (Tutorial with wood example), 'Creado el' (04/07/2017), 'Categoría' (Material), 'Última actualización el' (04/07/2017), 'Tipo de proceso' (a dropdown menu), 'Nombre', 'Estado' (Ning.), 'Imagen' (a placeholder box), 'Identidad del proceso' (Standard000008219700001), 'Período' (Unspecified), 'Geografía' (Unspecified), 'Tecnología' (Unspecified), 'Representatividad' (Unspecified), 'Asignación para salidas múltiple' (Unspecified), 'Sustitución de asignación' (Unspecified), 'Reglas de corte' (Unspecified), 'Límite del sistema' (Unspecified), and 'Límite con la naturaleza' (Unspecified).

Captura de pantalla modificada 7. Insertar nuevo material proceso

### 2) Introducción de salidas de proceso (productos)

En la ventana que acabamos de abrir vacía se muestran cuatro pestañas, que dan acceso a cuatro partes diferentes del registro de proceso. Se hace clic en la ficha Entrada/salida.

A continuación se deben seguir los 3 pasos que se muestran en la siguiente figura:

The screenshot shows the 'Nuevo Material proceso' window with the 'Entrada/salida' tab selected. The 'Productos' section is visible, showing a table with the following data:

Nombre	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación %	Tipo de residuo	Categoría
tala de árboles	1	ton	Mass	100 %	no definido	Wood

Below the table, there are sections for 'Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos' and 'Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados', both with a '(Insertar línea aquí)' prompt.

Captura de pantalla modificada 8. Introducir salidas

- 1) Se selecciona la pestaña Entrada/salida
- 2) En el campo nombre, ingrese el texto y se salta a siguiente campo
- 3) Introduzca la cantidad y el campo Unidad mediante la opción desplegable. SimaPro puede convertir unidades, por lo que entiende que ahora acaba de introducir una salida de 1 tonelada de árboles talados. También es posible utilizar metros cúbicos, en ese caso primero debe cambiar la cantidad de masa a volumen.

### 3) Introducción de entradas:

En esta fase se describen las entradas del proceso, es decir, se introducen los datos sobre la cantidad de extracción de un material. Existen 3 líneas en el registro donde se pueden especificar entradas:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Entradas							
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre		Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Nombre		Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Captura de pantalla modificada 9. Introducir entradas

- a) Entradas conocidas de la naturaleza (recursos). Aquí puede enumerar los recursos que se toman directamente de los recursos naturales. En este caso, la madera se extrae del bosque. Todos los datos que se ingresen aquí se incluirán en el inventario.
  1. Clic en el cuadro gris (insertar línea aquí) en Entradas conocidas de la naturaleza (recursos) para seleccionarlo.
  2. Doble clic en el campo azul. Se presenta una lista de recursos predefinidos.
  3. Buscar el materia a analizar y se selecciona en la lista.
  4. Introduzca la cantidad en las unidades correspondientes.
- b) Entradas conocidas de la tecnosfera (materiales y combustibles). Aquí se introduce insumos que proviene de otros procesos industriales y no de la naturaleza. Como por ejemplo en la tala de árboles para la posterior obtención de tableros en aserradero, el insumo seria la motosierra utilizada para cortar el árbol.
- c) Entradas conocidas de la tecnosfera (electricidad y energía). Este campo tiene el mismo propósito que en 2.
- 4) Entradas de emisiones y otras outputs o salidas:

La parte inferior de la ventana se utiliza para especificar emisiones y desechos. Hay ocho secciones diferentes:

Salidas							
Emisiones al aire							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Emisiones al agua							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Emisiones al suelo							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Flujos finales de residuos							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Emisiones no materiales							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Aspectos sociales							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Asuntos economicos							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Salidas conocidas a la tecnósfera. Residuos y emisiones para tratamiento							
Nombre		Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2*DSMín	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Captura de pantalla modificada 10. Emisiones y desechos


1. Emisiones al aire
2. Emisiones al agua
3. Emisiones al suelo (usualmente para expresar la lixiviación)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

4. Flujos de residuos finales, o residuos sólidos, especialmente destinados a controlar el volumen o la masa de desechos (cualquier lixiviación y emisión de los desechos debería especificarse en las demás categorías)
5. Emisiones no materiales, como radiación, ruido, etc.
6. Asuntos sociales
7. Cuestiones económicas
8. Residuos y emisiones enviados a tratamiento.

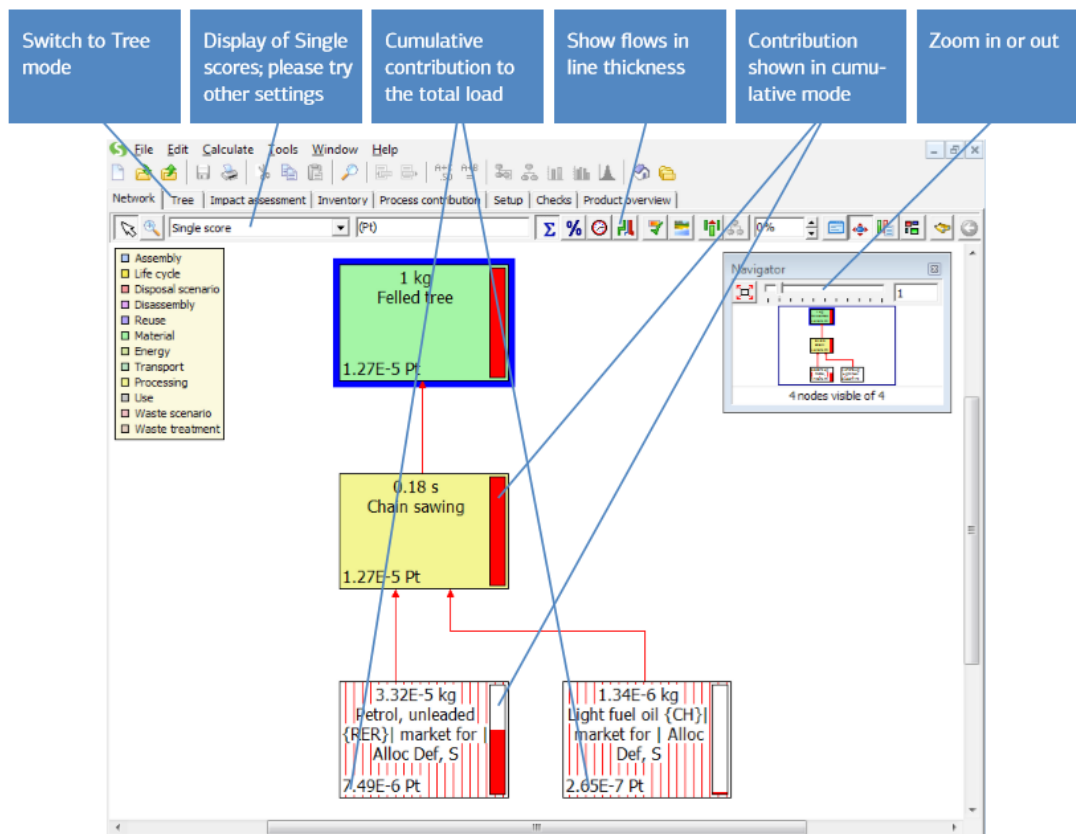
En la última sección se pueden especificar las emisiones y desechos que se tratan en alguna forma de tratamiento de residuos o, por ejemplo, purificación de gases de combustión. Puede describir con precisión cómo se manejan los desechos de producción.

- 5) Retroalimentación rápida, inspeccione el árbol o la red.

Ahora que hemos introducido los datos, podemos hacer clic en el botón de red  y, a continuación, calcular para obtener el primer vistazo a la red que hemos creado.

Y nos encontramos con algo así (esta imagen esta sacada de un ejemplo llamado Tutorial with Wood example) tras realizar el proceso que hemos descrito hasta ahora.

Ahora que tenemos el modo red, podemos hacer clic en la pestaña siguiente y obtenemos el modo árbol.



Captura de pantalla modificada 11. Visualización de los resultados

En el árbol que vemos podemos ver las siguientes indicaciones:

1. 'Switch to tree mode'- Cambiar al modo Árbol.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

2. ‘Display of single scores; please try other settings’- Visualización de resultados individuales; Prueba otros ajustes.
3. ‘Comulate contribution to the total load’- Contribución acumulada a la carga total.
4. ‘Show flows in line thickness’- Mostrar flujos en espesor de línea.
5. ‘Contribution shown in cumulative mode’- Contribución mostrada en modo acumulativo.
6. ‘Zoom in or out’- Ampliar o reducir.

Como se puede ver al ingresar enlaces entre procesos, puede construir árboles completos. También puede jugar utilizando las opciones de zoom y otras funciones.

Algunas de las características de esta ventana son: las barras pequeñas en los procesos y el espesor de la línea muestran la contribución a la carga ambiental. Al hacer clic en el botón Mostrar flujos en espesor de línea indicado en la imagen puede ver la carga de un proceso por el grosor de su línea. La forma en que se calcula esta carga depende del método de evaluación de impacto actualmente seleccionado y del nivel en que se utilice el método. En esta figura, se utiliza la puntuación total (ponderada) de ReCiPe Endpoint. También puede seleccionar alternativas, como utilizar el resultado del indicador de la categoría de cambio climático.

Puede experimentar con estos ajustes tanto como desee. Si ha seleccionado otro método de evaluación de impacto que no tiene una sola puntuación, SimaPro elegirá una de las categorías de impacto que se mostrarán.

Puede volver a la hoja de proceso cerrando la ventana con la red.

### 6) Documentación de un proceso:

Ahora use la pestaña Documentación, situada al lado de la pestaña Entrada/salida, en esta pestaña puede especificar todos los tipos de características de este registro de proceso.

Proyecto	Tutorial with wood example	Categoría	Material
Creado el	04/07/2017	Última actualización el	04/07/2017
Tipo de proceso		Identidad del proceso	Standard000008219700001
Nombre			
Estado	Ning.		
Imagen			
Período	Unspecified		
Geografía	Unspecified		
Tecnología	Unspecified		
Representatividad	Unspecified		
Asignación para salidas múltiples	Unspecified		
Sustitución de asignación	Unspecified		
Reglas de corte	Unspecified		
Límite del sistema	Unspecified		
Límite con la naturaleza	Unspecified		
Proceso de infraestructura	No		
Fecha	04/07/2017		
Registro			
Generador			

Captura de pantalla modificada 12. Documentación

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- El nombre del proceso no es el nombre que encontrará en la lista con procesos. SimaPro utiliza las salidas especificadas en la pestaña Entrada / salida como una etiqueta. De hecho, el nombre del proceso sólo está allí para su propia referencia.
- Bajo la imagen hay campos que puede utilizar para caracterizar el registro. En la figura siguiente, se han introducido los ajustes apropiados.
- El campo de comentario en la parte inferior también se mostrará en la lista de los procesos en el explorador. Es útil agregar algunas características que le ayuden a entender el contenido del registro.

### 7) Parámetros.

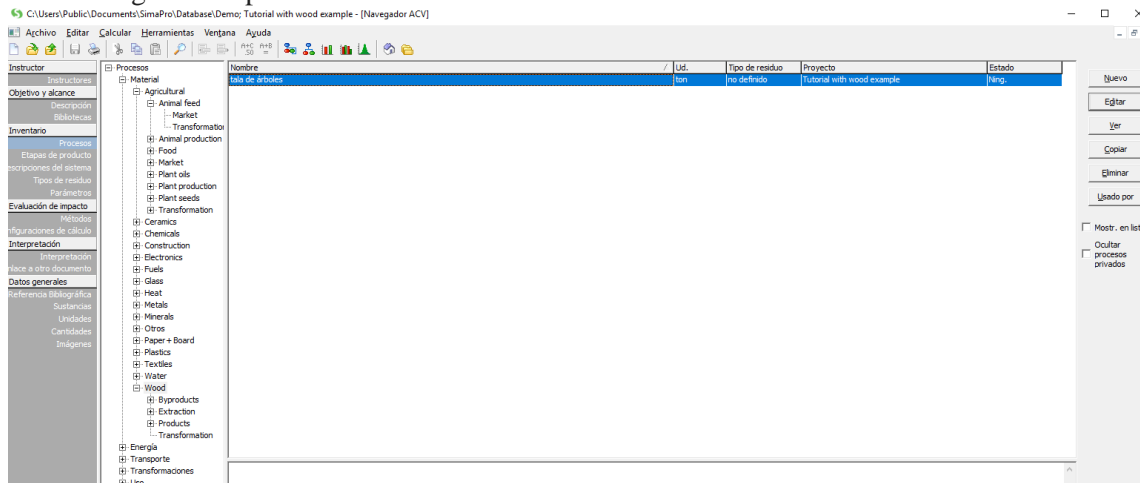
La tercera pestaña se explicara cómo se utiliza más adelante. No es necesaria para el registro de un proceso.

### 8) Descripción del sistema.

La cuarta pestaña en la parte superior del registro de proceso. Los modelos de sistema se utilizan cuando un registro de proceso no describe un solo “proceso unidad”, sino una combinación de procesos de unidad, un llamado “sistema”. Por ejemplo, los procesos de acero en la biblioteca Ecoinvent describen el proceso completo de producción de acero en un solo registro, mientras que de hecho el proceso de producción de acero contiene muchos procesos unitarios. Al presentar estos datos, gran parte de la transparencia dentro de los procesos se pierde.

La descripción del sistema proporciona información básica sobre la forma en que se construyó el modelo del sistema. Es interesante inspeccionar algunas de estas descripciones de sistema en la biblioteca Ecoinvent (u otros).

Por último de esta parte se deben guardar los datos, dándole al símbolo de disquete pequeño en la barra de herramientas para guardar los datos que ha introducido. Ahora puede cerrar la ventana de registro de proceso y volver al índice de proceso. Puede ver que el proceso creado se almacena en las categorías de proceso.



captura de pantalla modificada 13. Inventario-Proceso

Ahora se examina la etapa final de la vida. Se comenzara a desarrollar un escenario de residuos, para muchos materiales de uso común, SimaPro proporciona datos estándar.

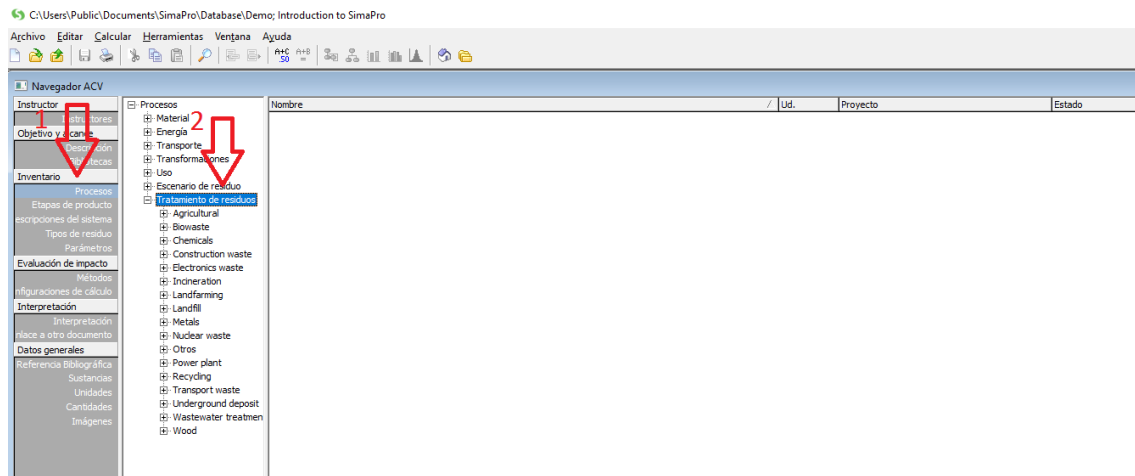
Antes de modelar, debemos también discutir cómo modelamos las emisiones de los residuos.

Describir los impactos de los tratamientos de residuos.

Los escenarios de residuos sólo describen dónde van los flujos de residuos, y no las emisiones que provienen del tratamiento de residuos. Para describirlos, SimaPro tiene otro tipo de proceso en la sección Inventario> Procesos: Tratamiento de residuos. Un registro de tratamiento de

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

residuos contiene datos sobre las emisiones de, por ejemplo, un incinerador de residuos o un vertedero.

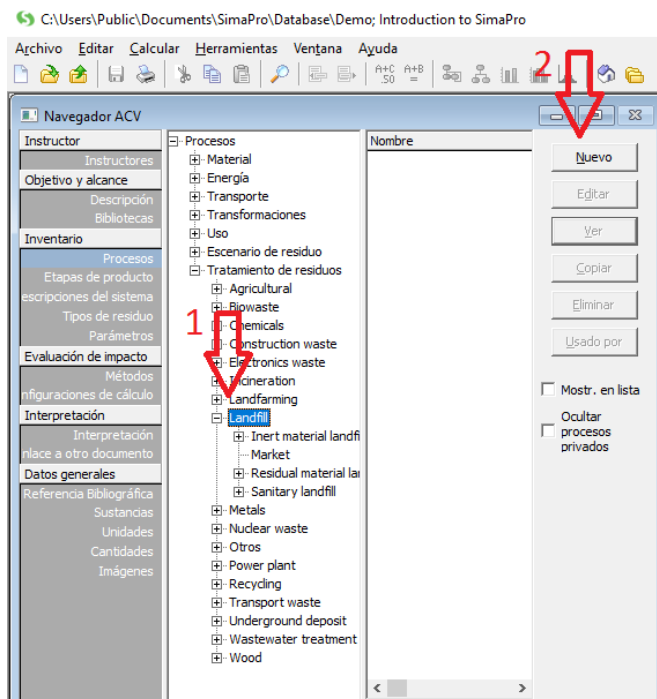


Captura de pantalla modificada 14. Tratamiento de residuos

La forma de introducir datos es bastante similar a la creación de procesos de materiales.

El procedimiento es el siguiente:

1. Vaya a tratamiento de residuos, y selecciona 'Landfill'(vertedero) y le damos a nuevo para crear un nuevo proceso de desecho.



Captura de pantalla modificada 15. Introducir nuevo tratamiento de residuo

2. En la nueva ventana que se abre, se procede a abrir la segunda pestaña 'Entrada/salida' y ahí se introduce el nombre del tratamiento de residuos. Un nombre que se refiere a la entrada y no a la salida del proceso, en un tratamiento de residuos la entrada determina el uso del proceso. E introduzca la cantidad.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Captura de pantalla modificada 16. Tabla de productos

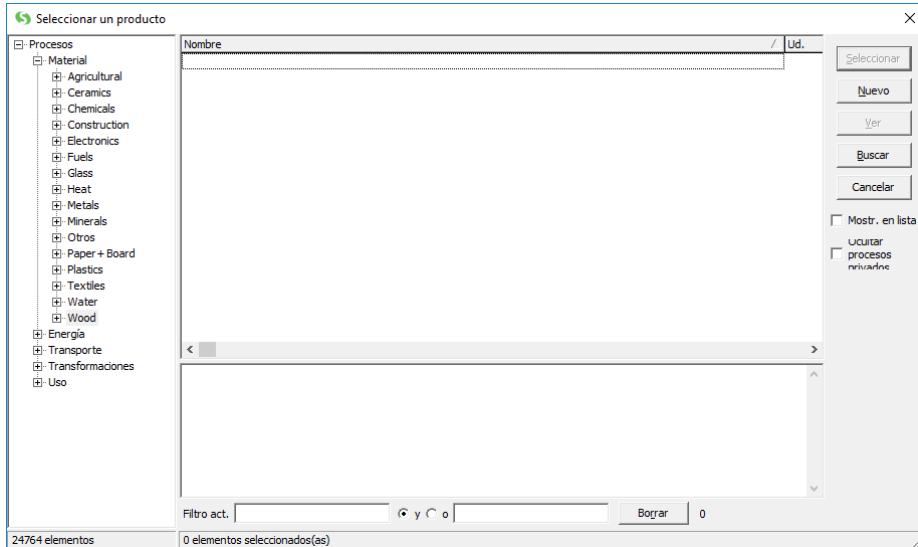
3. Doble clic en el tipo de ‘material por defecto/ tipo de residuo’ para obtener otro cuadro de selección. Aquí se define para qué tipos de residuos este proceso es válido. Haga clic en ‘Tipo de residuo’ para seleccionar el tipo de residuo. Como sugiere el nombre de este campo, también puede optar porque este tipo de residuo sólo sea válido para un material en particular mediante el botón Seleccionar.

Captura de pantalla modificada 17. Definir material

4. A continuación insertaremos en uno nuevo proceso de tratamiento de residuo en la fila denominada ‘Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados’ y aparecerá un cuadro de selección.

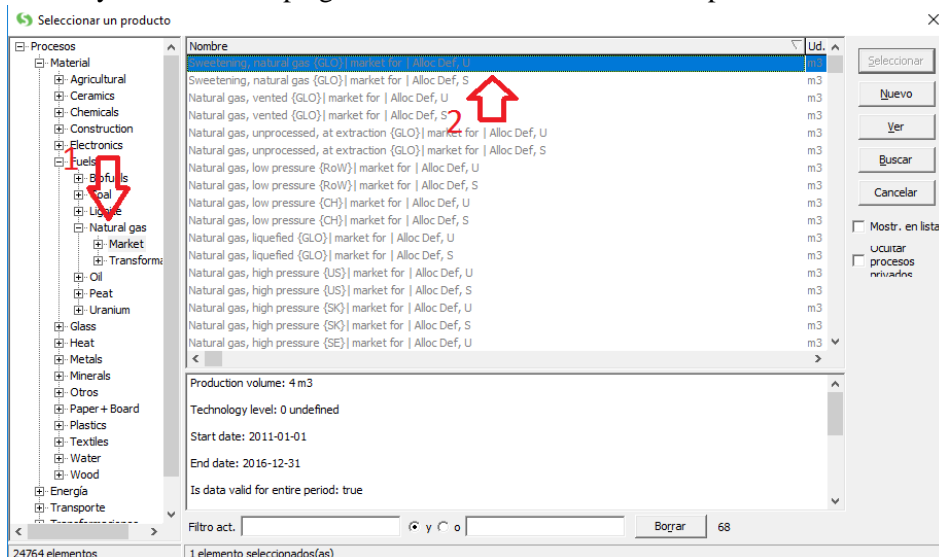


## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Captura de pantalla modificada 18. Selección de producto

5. Por ejemplo se selecciona en 'Fuels' (combustibles) uno de ellos, como podría ser gas natural y dentro del desplegable seleccionamos una de las opciones.



Captura de pantalla modificada 19. Inserción de producto

6. A continuación se introducen las entradas que pueden ser:
  - Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)
  - Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles) como son la distancia, transporte, carga y medio de transporte.
  - Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Entradas							
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)		0		Indefinido			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)		0		Indefinido			
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)		0		Indefinido			

Captura de pantalla modificada 20. Ventana de entradas

### 7. Las emisiones emitidas, se introducen las que se producen:

Documentación	Entrada/salida	Parámetros	Descripción del sistema	Salidas				
Emisiones al aire								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Emisiones al agua								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Emisiones al suelo								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Flujos finales de residuos								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Emisiones no materiales								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Aspectos sociales								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Asuntos economicos								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								
Salidas conocidas a la tecnósfera. Residuos y emisiones para tratamiento								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS <sup>^</sup> 2 or 2 <sup>°</sup> DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)								

Captura de pantalla modificada 21. Insertar entradas

También se podrían especificar algunos residuos restantes bajo flujos de residuos finales.

Una vez rellenado esto, se puede documentar el registro utilizando la pestaña de documentación (como se describió anteriormente) y guardarlo.

Ahora, una vez creados los tratamientos de residuos, se crean los escenarios de residuos. Estos describen cuánto de los residuos va a qué tratamiento.

En procesos se va a la categoría de Escenario de residuo, se selecciona Landfill (vertedero) y se procede a rellenar los siguientes datos de lo que va ser tratado en vertedero:

1. Ingrese el nombre de este escenario y la cantidad
2. Rellene la siguiente tabla:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Nombre	Cantidad	Ud.	Categoría	Comentario
	0	kg	Landfill	

Nombre	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)						

Nombre	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)						

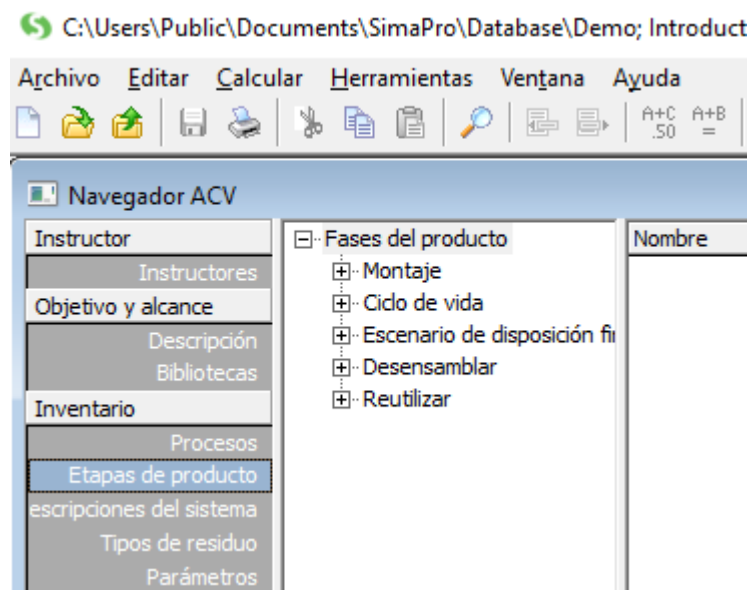
Escenario de residuo/tratamiento	Material/Tipo de residuo	Porcentaje	Comentario
(Insertar línea aquí)			

Escenario de residuo/tratamiento	Porcentaje	Comentario
(Insertar línea aquí)		

Captura de pantalla modificada 22. Nuevo escenario de residuo

Una vez visto cómo se construyen los arboles de proceso en SimaPro, donde hemos descrito un proceso con sus impactos y los tratamientos de residuos necesarios.

El siguiente paso es describir el producto y su ciclo de vida. SimaPro utiliza un tipo diferente de registro para describir productos y ciclos de vida: Etapas del producto. Las etapas del producto no contienen información ambiental, sino que se refieren a procesos.



Captura de pantalla modificada 23. Fases del producto

Y se procede como anteriormente para añadir nuevos. Por ejemplo, se va a la categoría Montaje y se le da a 'Nuevo' y sale la siguiente pestaña que debemos cubrir:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Nuevo montaje

Entrada/salida | Parámetros

Nombre  Imagen  Comentario

Estado


Materiales/Ensamblajes	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)						

Procesos	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2^DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)						

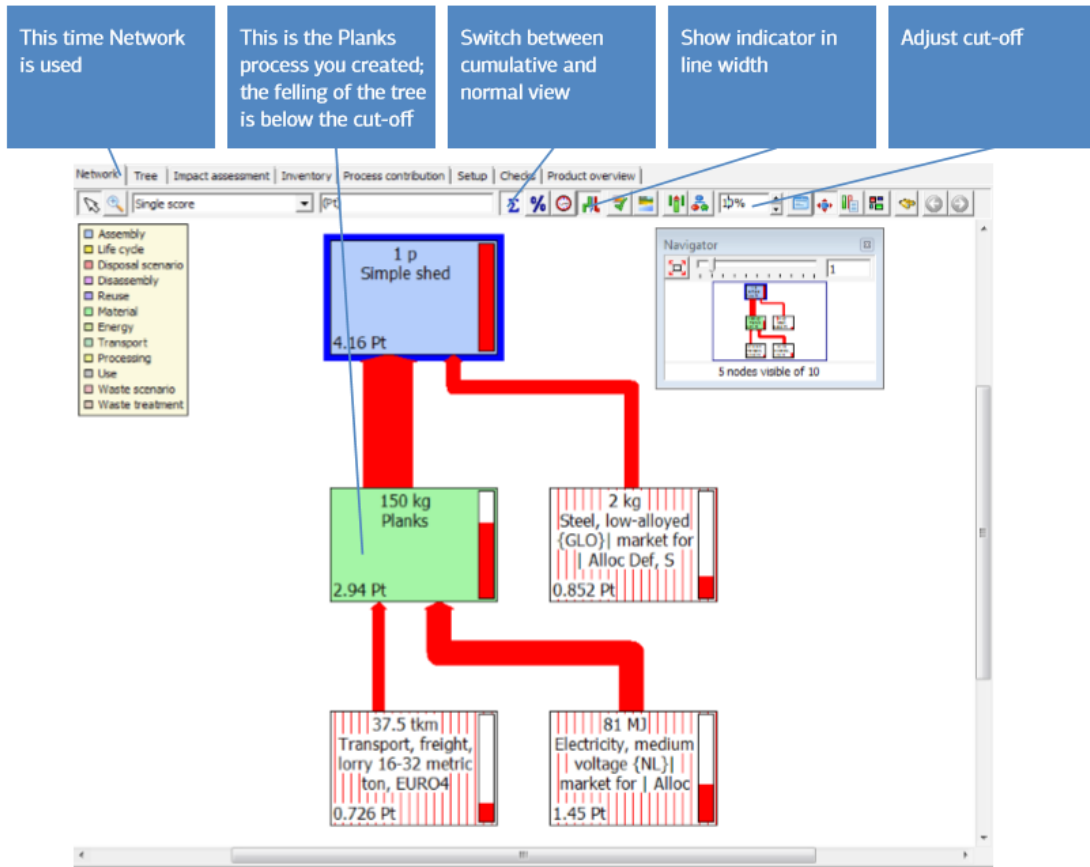
captura de pantalla modificada 24. Insertar nuevo montaje

Donde se introduce:

- Nombre.
- Se seleccionan los Materiales/Emsamblajes, la cantidad y unidades. Por ejemplo :
  - Tablero 150 kg
  - Clavos de Acero 2 kg
- Se selecciona procesos, la cantidad y unidades. Por ejemplo: transporte en camión 10 km.
- A continuación se puede guardar.

Una vez guardado se sugiere que haga clic en mostrar la red . SimaPro le mostrará todos los procesos realizados.

# CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Captura de pantalla modificada 25. Inspección de los resultados del modelo

En la categoría de Ciclo se procede de la forma siguiente:

El ciclo de vida del producto se crea de la misma manera que un montaje. Solo se necesitan tres pasos:

1. En las etapas de producto, elegir Ciclo de vida y darle a crear 'Nuevo' y aparece la siguiente pestaña:

captura de pantalla modificada 26. Introducción entradas/salidas

- Escriba nombre

# CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Haga clic en Montaje y elija uno.
- Rellene el escenario de Residuos/eliminación y seleccione un escenario de residuos para el montaje elegido en el enlace anterior.

Ahora se puede obtener una visión completa del ciclo de vida, y podemos ver el escenario de fin de vida, haciendo clic en el Botón de red, como anteriormente. Se mostrará el montaje en azul, el ciclo de vida en amarillo y el escenario de residuos.

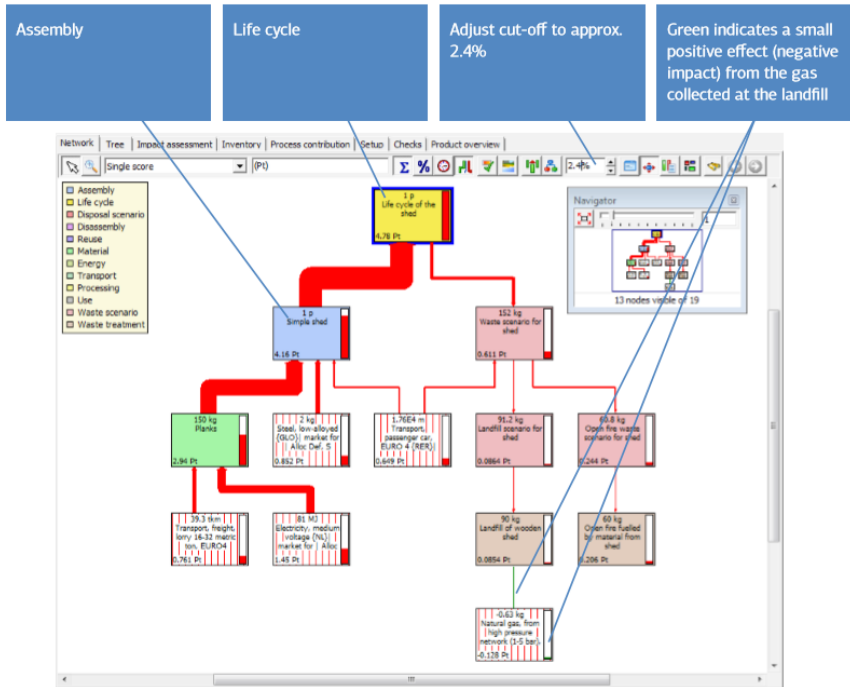


Figure 30: Inspecting the results of your modeling; the life cycle overview

Captura de pantalla modificada 27. Modelo de inspección de los resultados

La siguiente etapa de producto es escenario de disposición final, se hace el mismo procedimiento que anteriormente, rellenando la siguiente ventana:

Nuevo escenario de disposición final

Entrada/salida | Parámetros

Nombre	Imagen	Comentario
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Estado	<input type="text" value="Ning."/>	
Refiriendo a la configuración	Cantidad	Ud.
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>
Procesos	Cantidad	Ud.
<input type="text" value="(Insertar línea aquí)"/>		
Escenarios de residuo	Percentage	
<input type="text" value="(Insertar línea aquí)"/>		
Desensamblajes	Percentage	
<input type="text" value="(Insertar línea aquí)"/>		
Reusos	Percentage	
<input type="text" value="(Insertar línea aquí)"/>		

Captura de pantalla modificada 28. Nuevo escenario de disposición final.

El programa da la opción de en lugar de insertar valores fijos introducir parámetros y permite utilizar esta función para analizar rápidamente el impacto de los cambios de valores.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Teniendo los parámetros del proceso o producto a analizar, SimaPro puede hacer una serie de cálculos, como cálculos de superficies, volúmenes y masa.

Para introducir estos datos, entrar en la pestaña 'Parámetros', introducir los datos y las fórmulas en la imagen que se muestra:

Ingresar parámetros					
Nombre	Valor	Distribución	DS^2 or 2*DSMin	Máx	Oculta/Comentario
	0	Indefinido			<input type="checkbox"/>
(Insertar línea aquí)					

Parámetros calculados		
Nombre	Expresión	Comentario
	= ?	
(Insertar línea aquí)		

Captura de pantalla modificada 29. Parámetros

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

La siguiente tabla ofrece una visión general de las operaciones que puede realizar con los parámetros:

Symbol	Explanation
+	Add
-	Subtract
*	Multiply
/	Divide
^	Power
Div	Divide Int, returns only the integer part of a division
Mod	Modulo (what remains after a division)
>	Greater than
<	Smaller than
=	Equal
<>	Unequal
>=	Greater than or equal to
<=	Smaller than or equal to
And	Logical And
Or	Logical Or
Xor	Logical Xor
NOT	Logical Not

Captura de pantalla modificada 30. Tabla de parámetros



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

También puede utilizar las siguientes funciones matemáticas y lógicas:


Symbol	Explanation
SQR	Square value for x (= $x^2$ )
SQRT	Square root value for x
ABS	Absolute value of x
TRUNC	Integer part of x (same as $\text{int}(x)$ )
INT	Integer part of x
FRAC	Fractional part value of x
ROUND	Rounds x to the nearest integer value
CEIL	Ceil integer value of x
FLOOR	Floor integer value of x
IFF	If $L < 0$ then A else B
MAX	Maximum value of input values x1 x2 x3 ...
MIN	Minimum value of input values x1 x2 x3 ...
EXP	Exponent value for the x
LN	Natural logarithm value of x
LG	Decimal logarithm value of x
POWER	x to a power of y (y is floating point value)
IPOWER	x to a power of y (y is integer value)
SIN	Sine value of x
COS	Cosine value of x
TAN	Tangent value of x
COTAN	Cotangent value of x
ASIN	Arcsine value of x
ACOS	Arccosine value of x
ATAN	Arctangent value of x
SINH	Hyperbolic sine value of x
COSH	Hyperbolic cosine value of x
TANH	Hyperbolic tangent value of x
NOT	Logical NOT of x (if x=0; 1 else 0)

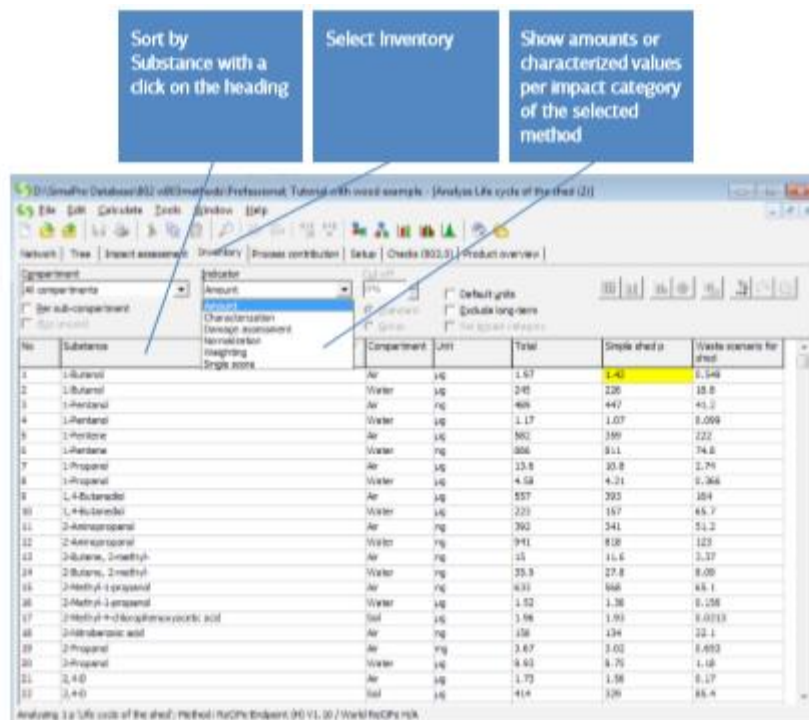
Captura de pantalla modificada 31. Funciones matemáticas y lógicas

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Análisis de los resultados. Inventario de los resultados (LCI):

Hasta ahora, se ha analizado el árbol como una verificación intermedia del trabajo realizado. Ahora se va a discutir algunos de los otros resultados. Solo se mostraran algunas de las muchas posibilidades disponibles en SimaPro y se sugiere la experimentación con otras Funcionalidades. Si existe alguna duda sobre el significado de una ventana, al presionar F1 se obtendrá ayuda. Para ver los resultados del inventario Ciclo de vida del proceso o producto, vaya a 'Etapas de producto', 'Ciclo de vida', y seleccione lo realizado hasta el momento.

Haga clic en el botón  'Analizar', luego en Calcular y haga clic en la pestaña Inventario.



The screenshot shows the SimaPro interface with the LCI results window open. The window displays a table with columns for No., Substance, Compartment, Unit, Total, Simple sheet p, and Waste scenario for sheet. The table lists various substances and their associated compartments and units. The 'Simple sheet p' column is highlighted in yellow, indicating the selected method. The 'Waste scenario for sheet' column is also visible. The interface includes a menu bar, a toolbar, and a sidebar with various options.

No.	Substance	Compartment	Unit	Total	Simple sheet p	Waste scenario for sheet
1	1-Butanol	Air	kg	1.67	1.40	0.148
2	1-Butanol	Water	kg	240	220	18.8
3	1-Butanol	Air	kg	468	447	41.2
4	1-Butanol	Water	kg	1.17	1.07	0.099
5	1-Pentane	Air	kg	392	349	22.1
6	1-Pentane	Water	kg	386	31.1	74.8
7	1-Propanol	Air	kg	13.8	33.8	1.74
8	1-Propanol	Water	kg	4.58	4.21	0.266
9	1,4-Butanediol	Air	kg	557	393	184
10	1,4-Butanediol	Water	kg	223	157	65.7
11	2-Aminoetanol	Air	kg	392	341	51.2
12	2-Aminoetanol	Water	kg	341	818	125
13	2-Butanol, 2-methyl	Air	kg	15	11.6	0.37
14	2-Butanol, 2-methyl	Water	kg	33.8	27.8	8.00
15	2-Methyl-1-propanol	Air	kg	633	666	65.1
16	2-Methyl-1-propanol	Water	kg	1.52	1.38	0.128
17	2-Methyl-2-bis(oximino)acetic acid	Sol	kg	1.98	1.93	0.0113
18	2-Nitrobenzoic acid	Air	kg	138	134	22.1
19	2-Propanol	Air	kg	3.67	3.02	0.693
20	2-Propanol	Water	kg	8.63	8.75	1.18
21	2,4-D	Air	kg	1.75	1.58	0.17
22	2,4-D	Sol	kg	414	320	88.4

Captura de pantalla modificada 32. Ventana de resultados de ICV

En la misma ventana puede obtener rápidamente los resultados de la evaluación de impacto. Simplemente haciendo clic en la pestaña 'Evaluación de impacto'.

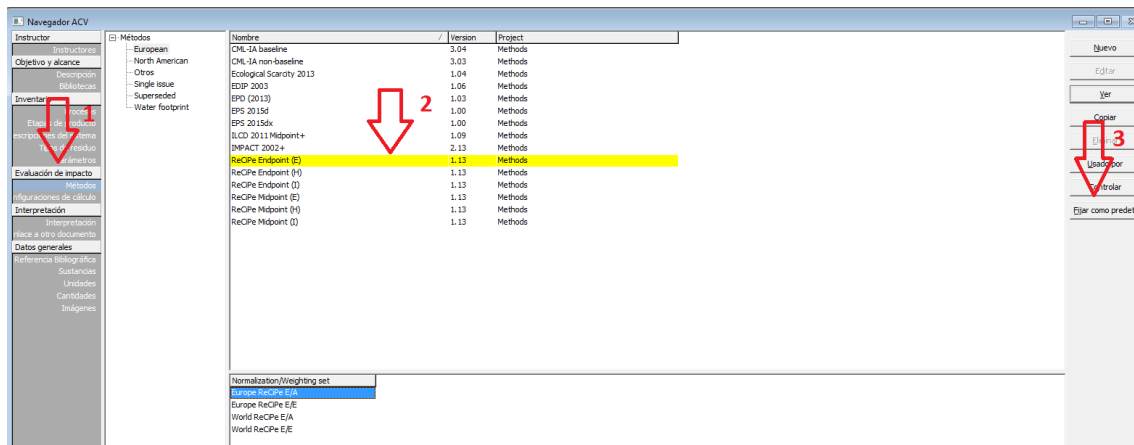
Un ejemplo de muestra es la siguiente figura donde se muestra el resultado de una caracterización de la producción del producto a analizar (en rojo) y del escenario de residuos (en verde). Aquí podemos ver como la producción domina algunas categorías de impacto, mientras que el final de vida domina otras.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO



Figure 34: Results of the characterization step. All impact scores are displayed on a 100% scale. The colors indicate the contribution of production and waste.

También es posible el cálculo de los resultados utilizando otro método de evaluación de impacto. Para seleccionar un método diferente como predeterminado, se deben seguir los tres pasos que se muestran en la ventana de abajo. Es interesante probar diferentes métodos y ver si eso conduciría a Conclusiones diferentes.



Captura de pantalla modificada 33. Evaluación de impacto con otro método de EICV

### Interpretación:

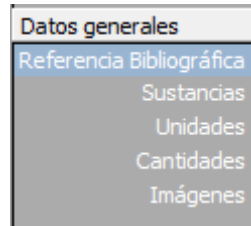
En general, el propósito de un ACV es sacar conclusiones que puedan apoyar una decisión o que puedan proporcionar una base para un punto de vista. Esto significa que el proceso de sacar conclusiones es quizás el paso más importante en cualquier ACV. Los campos a continuación describen las cuestiones relevantes que se mencionan en la norma ISO 14043 sobre interpretación. Forman una autoevaluación del practicante del ACV y pretenden analizar en qué medida las principales conclusiones están verdaderamente apoyadas por el modelo del ciclo de vida, teniendo en cuenta una serie de posibles debilidades.

Enlace a otro documento:

Esta categoría también cuenta con enlaces a otros documentos, que pueden servir para conseguir más información.

# CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

El programa también cuenta con los siguientes apartados:



- Referencia bibliográfica: se muestra la bibliografía de las bases de datos:

Referencia bibliográfica	Name	Document link
Agri-footprint	Ecoinvent 3	
AGRIBALYSE	Erdgas/2007/Faist Emmenegger, M.	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\06_V_Erdgas.pdf
Ecoinvent	Erdöl/2007/Jungbluth, N.	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\06_IV_Erdoel.pdf
EcoSpold	Holzenergie/2007/Bauer, C.	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\06_IX_Holzenergie.pdf
Otros	Life Cycle Inventories of Agricultural Productio	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\15_Agriculture.pdf
USLCI	Life Cycle Inventories of Bioenergy/2007/Jung	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\17_Bioenergy.pdf
	Life Cycle Inventories of Building Products/200	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\07_BuildingProducts.pdf
	Life Cycle Inventories of Chemicals/2007/Alth	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\08_Chemicals.pdf
	Life Cycle Inventories of Highly Pure Chemicals	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\19_HighlyPureChemicals.p
	Strommix und Stromnetz/2007/Frischknecht, R	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\06_XVI_Strommix.pdf
	Wärme-Kraft-Kopplung/2007/Heck, T.	C:\Program Files\SimaPro 7.2\Manual\ecoinventReports\06_XIV_Waermekraftkopp

Captura de pantalla modificada 34. Referencia bibliográfica

En la imagen anterior podemos ver, como ejemplo, las referencias bibliográficas de la base de datos Ecoinvent.

- Sustancias: datos de las sustancias existentes en bases de datos. Se pueden ver a continuación:

Substance	Default unit	CAS number
Acids	kg	
Actinium	kg	007440-34-8
Additives	kg	
Air	kg	132259-10-0
Alloys	kg	
Aluminium	kg	007429-90-5
Anhydrite	kg	014798-04-0
Animal matter	kg	
Antimonite	kg	
Antimony	kg	007440-36-0
Apatite	kg	
Argon	kg	007440-37-1
Arsenic	kg	007440-38-2
Auxiliary materials	kg	
Barite	kg	013462-86-7
Barium	kg	007440-39-3
Basalt	kg	
Bauxite	kg	001318-16-7
Beryllium	kg	007440-41-7
Biomass	kg	
Biomass, feedstock	MJ	
Bismuth	kg	007440-69-9

Captura de pantalla modificada 35. Sustancias

- Unidades: todos los tipos que utiliza el programa.
- Cantidades: cantidad, moneda, energía, etc.
- Imágenes para insertar.



### 4.2 ESTUDIO DE UN CASO PRÁCTICO. ACV DE TABLEROS MDF

#### 4.2.1 INTRODUCCIÓN

Tras la búsqueda e investigación para el desarrollo de este trabajo, se ha visto que en el sector de la madera, a diferencia de otros, prácticamente no hay datos ni ACV realizados para madera o productos derivados de ella. Por ello, la finalidad de este caso práctico es ver aplicados todos los conceptos explicados hasta ahora, la utilidad e importancia de la metodología de ACV para obtener información sobre el impacto ambiental que producen los tableros de madera de densidad media (MDF en adelante).

La elección de un ciclo de vida de cuna a puerta, de un proceso completo de fabricación de tableros MDF, es porque los datos y resultados para hacer un análisis de cuna a puerta se han conseguido a través de la empresa FINSA, mientras que si se hubiera elegido hacer un análisis de un ciclo de vida de cuna a tumba, los datos necesarios para su realización, gran parte no se tendría forma de obtenerlos, por la dificultad de su obtención durante el periodo de uso de los tableros.

FINSA es una empresa pionera en la fabricación de tableros de partículas y tableros MDF en España.

Actualmente, fabrica una amplia variedad de productos a base de madera. En los últimos años, han apostado por ampliar la presencia internacional y en aumentar su capacidad de producción, especialmente en productos con alto valor agregado dentro de la cadena técnica de procesamiento de madera: tableros de partículas y tableros MDF recubiertos de melanina, madera chapada, componentes para muebles, suelos laminados, etc.

Además, es una empresa con una fuerte apuesta por la inversión en innovación y una política ambiental basada en el desarrollo sostenible. El compromiso de FINSA con la sostenibilidad ambiental se extiende más allá de los límites de sus instalaciones de fabricación, desarrollan iniciativas en colaboración con organizaciones públicas y privadas que fomentan la protección y la gestión eficiente de los bosques, de los cuales se extrae la madera que utilizan como materia prima para sus productos.

Sus procesos de producción se optimizan para alcanzar el máximo nivel de ahorro energético a través de la cogeneración (aprovechando la energía y el calor producidos por las propias instalaciones de producción) y lograr un nivel mínimo de residuos. Esos residuos generados por la actividad y que no tienen uso se utilizan para generar energía a través de sus instalaciones de producción de biomasa, tanto en los propios procesos de producción como en la etapa de uso.

Los tableros MDF y los tableros de partículas fabricados por esta empresa cuentan con Declaración Ambiental de Producto (DAP) (disponible en los anexos).

El DAP es un informe que muestra información técnica, estandarizada, objetiva y contrastable basada en una serie de normas ISO 14040 sobre el Análisis de Ciclo de Vida de un producto o servicio. Fomenta el uso de materiales y productos de los que se dispone información de su ciclo de vida y que tienen preferentes en los temas ambientales, económico y social.

Por ello, toda la información y datos para la realización de este caso práctico se han sacado del DAP de tablero MDF de esta empresa.

El modelo del ciclo de vida es el modelo especificado a continuación:



Figura 41. Ciclo de vida. Fuente: [www.grupofinsa.com](http://www.grupofinsa.com)

El objetivo de este análisis es conocer la magnitud y naturaleza de los impactos ambientales durante el ciclo de vida de los tableros MDF (producción, distribución, uso y gestión del fin de vida), con la finalidad de focalizar los esfuerzos en la reducción y mejora de la sostenibilidad del producto frente a otros productos emergentes y materiales competidores.

Otro objetivo del estudio de ACV del tablero MDF a nivel sectorial es disponer de la información de partida para la redacción de las Declaraciones Ambientales de Producto (etiqueta ecológica Tipo III según la clasificación ISO).

Antes de empezar con el caso de estudio, es importante hacer una labor previa de documentación de los procesos, materias primas, etapas, normativa a aplicar, etc. involucrados con el producto, que se describe a continuación.

### 4.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

#### 4.2.2.1 Definición de producto

Los paneles de fibras de densidad media (MDF) son productos fabricados a partir de fibras de lignocelulosa obtenidas cuidadosamente de madera seleccionada, unidas entre sí con resinas sintéticas bajo presión a altas temperaturas.

El resultado es un producto fiable que se utiliza como materia prima para la industria de la construcción y del mueble.

La denominación exacta recogida en la normativa es tableros de fibras fabricados por el proceso seco (MDF). Esta denominación es larga por lo que en el mercado se conoce como tableros MDF. Las siglas MDF se corresponden con las iniciales de Medium Density Fiberboards.

Los tableros de MDF lisos (o sin recubrimiento) y los tableros MDF recubiertos de melamina cumplen las normas EN 622-1<sup>65</sup>, EN 622-5<sup>66</sup> y EN 14322<sup>67</sup>. Para un acabado pulido, se pueden recubrir fácilmente con papeles decorativos, impregnados con melamina, utilizando tecnologías sencillas.

Estas placas MDF se clasifican en diferentes tipos de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma EN 622-5, tanto en función de uso (estructural o no estructural), y según el tipo de ambiente donde se utilizan (seco y húmedo).

### 4.2.2.2 Aplicaciones

Los paneles de MDF son homogéneos y proporcionan buenos resultados en los tipos más exigentes de trabajo de la máquina. Son estables, ya que mantienen su forma y dimensiones a pesar de los cambios de humedad y temperatura en el medio ambiente.

Las múltiples posibilidades que ofrecen en cuanto a encuadre, revestimiento y acabado implican una mayor calidad del producto final y una mayor racionalización en términos de trabajo.

Con el revestimiento adecuado, son el soporte ideal para:

- Construcción: bases de cubiertas, divisiones interiores, tabiques, prefabricados, bases de suelos.
- Carpintería y mueble: la fabricación de puertas, marcos, muebles en general y en general todo tipo de superficies que requieran una superficie sueva y moldurada.

En espesores más pequeños, son tableros de alta densidad, con buen comportamiento de envoltura y fácilmente grapados y curvos. Tienen gran homogeneidad y estabilidad dimensional.

Se han convertido en el aliado más fuerte de diversos sectores: electrónica industrial, respaldo de muebles, estructuras acorazadas para muebles y para paredes de recubrimiento, industria automovilística complementaria, etc.

En mayor espesor pueden ser utilizados para aplicaciones arquitectónicas como columnas, pilares, pasajes abovedados, etc. Otras posibilidades son: estantes, cabeceros de cama, peldaños, bancos, puertas interiores con caras moldeadas, patas de mesa, etc. también pueden ser usados como material básico para chapas de madera y revestimientos de PVC.

### 4.2.2.3 Composición y dimensiones

Los materiales que intervienen en su fabricación son fibras de madera, adhesivos, recubrimientos y aditivos. La composición típica suele ser un 80% de fibras, 10% de resinas sintéticas, 7% agua y hasta un 1% de parafinas.

- Fibras: se utiliza madera verde principalmente de pino y eucalipto, así como residuos de aserradero entre un 80-88%. Los troncos frescos de pino o eucalipto, seleccionados y descortezados. Los rollizos se reducen a astillas, que son lavadas y posteriormente se calientan estas partículas de madera y se fuerza su paso a través de los discos rotativos del desfibrador, posteriormente se secan, se encolan y se forma una manta de fibras a la que se aplica presión y calor para obtener el tablero.

---

<sup>65</sup> UNE-EN ISO 622-1:2004. Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 1: Requisitos generales. Madrid: Aenor.

<sup>66</sup> UNE-EN ISO 622-5:2010. Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 5: Requisitos de los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF). Madrid: Aenor.

<sup>67</sup> UNE-EN ISO 14322:2004. Tableros derivados de la madera. Tableros revestidos con melamina para utilización interior. Definición, requisitos y clasificación. Madrid: Aenor.



- *“Adhesivos: los adhesivos que se utilizan dependen de las características y propiedades del tablero que se quiera obtener y su cantidad para la fabricación de tableros varía 6-10%. Urea –formol (UF), Urea –melanina –formol (MUF), Fenol –formaldehído (PF); últimamente se ha empezado a hablar de las colas de isocianato para su posible utilización en las aplicaciones de exterior.*
- *Recubrimientos (optativo): se utilizan para mejorar su estética y se colocan sobre sus caras. Se pueden utilizar los siguientes: melanina, chapa sintética barnizable, chapa sintética barnizada, papel lacado, rechapado con chapas naturales de diferentes maderas, etc. En muchas ocasiones es necesario emplear productos sellantes especiales para obtener el mismo color en los cantos y en las superficies. Los tableros recubiertos han de quedar equilibrados en ambas caras, utilizando los mismos productos o productos similares, para evitar que se produzcan deformaciones.*
- *Aditivos: son productos químicos que se incorporan durante el proceso de fabricación para mejorar algunas de sus propiedades. Los más usados son las ceras y parafina (se añade a la formulación para mejorar la resistencia al agua), los productos ignífugos, los productos insecticidas, los productos fungicidas y los endurecedores.*

*Dimensiones: existen una gran variedad de longitudes (desde 2.050mm hasta más 4.000 mm), de anchuras (desde 1.220 mm hasta 2.500 mm) y de espesores (desde 2,5 mm hasta 50 mm). Actualmente, con las prensas continuas se pueden obtener tableros de cualquier longitud y espesor, la anchura queda limitada por el ancho de la prensa; además las despiezadoras permiten obtener una gran variedad de anchuras y longitudes bajo pedido. Algunos fabricantes suministran los tableros ya despiezados.”<sup>68</sup>*

#### **4.2.2.4 Normativa aplicable**

- UNE-EN ISO 622-1:2004. Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 1: Requisitos generales. Madrid: Aenor.
- UNE-EN ISO 622-5:2010. Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 5: Requisitos de los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF).
- UNE-EN ISO 14322:2004. Tableros derivados de la madera. Tableros revestidos con melamina para utilización interior. Definición, requisitos y clasificación.
- UNE-EN ISO13986:2006. Tableros derivados de la madera para utilización en la construcción. Características, evaluación de la conformidad y marcado.

Acreditaciones y certificaciones:

- Marcado CE según la norma EN 13986- Certificación EN AENOR, si procede.
- Aitim Certificación 9-3-05/E1 Tableros de fibra de densidad media (MDF) para muebles y carpintería.
- Aitim Certificación 9-6-01 tableros de melanina para aplicaciones interiores.
- Certificación de la cadena de custodia PEFC/ 1435-00006.
- Certificación de la cadena de custodia FSC: Código de certificado: TT-COC-003279

---

<sup>68</sup> La composición y dimensiones que se describe ha sido obtenida en la web [www.aitim.es](http://www.aitim.es) de la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera (AITIM).

- Posible certificación CARB Fase 2 y Certificación NAF (sin formaldehído añadido)
- UNE-EN ISO 14001 – IQNet & AENOR

### 4.2.2.5 Clasificación

Las clasificaciones<sup>69</sup> son muy amplias según la normativa vigente, aunque en el mercado se utilizan sólo unas pocas y los catálogos de los fabricantes hacen referencia especial al acabado superficial y a las condiciones de su utilización.

- Según su utilización recogida en la normativa UNE-EN ISO 622-5:
  - MDF: para utilización general en ambiente seco.
  - MDF.H: para utilización general en ambiente húmedo.
  - MDF.LA: estructurales para utilización en ambiente seco.
  - MDF. HLS: estructurales para utilización en ambiente húmedo.
  - L-MDF: ligeros para aplicaciones no estructurales para utilización general en ambiente seco.
  - L-MDF.H: ligeros para aplicaciones no estructurales utilizados en ambiente húmedo.
  - UL1-MDF: ultraligeros para aplicaciones no estructurales para utilización general en ambiente seco.
  - UL2-MDF: ultraligeros para aplicaciones no estructurales para utilización general en ambiente seco.
  - MDF.RWH: para utilización como subcapas rígidas en muros y cubiertas.
- Según su acabado superficial: sin lijar, lijado, rechapado, melaminizado, lacado a 1 o 2 caras, recubierto de PVC, con un film melamínico (estándar, barnizable, con overlay), etc.
- Otras aplicaciones: con resistencia mejorada frente a ataques biológicos, con mejores prestaciones frente al fuego y con mejores prestaciones de aislamiento acústico.

### 4.2.2.6 Proceso de fabricación

- Extracción y origen de las materias primas:
  - La madera proviene predominantemente de las áreas forestales regionales. Esta madera proviene de bosques situados en un radio aprox. 100km del lugar de producción. Las distancias tienden a ser pequeñas para mantener al mínimo, todos los costos logísticos con la adquisición de materias primas.
  - Se da preferencia a los bosques certificados según las normas FSC o PEFC en el proceso de selección de la madera.
  - Los productos certificados PEFC y FSC pueden ser suministrados bajo petición.

---

<sup>69</sup> Los tipos de tableros que se describen han sido obtenidos en la web [www.aitim.es](http://www.aitim.es) de la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera (AITIM).

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Los agentes adhesivos y las resinas de impregnación o, en su caso, las materias primas para su producción, proceden de proveedores situados a no más de 150 km del lugar de producción.
  - Disponibilidad local y general de materias primas:
  - La madera utilizada en la producción de tableros MDF se obtiene en primer lugar de los bosques gestionados de manera sostenible. Las áreas forestales donde se recoge la madera pueden ser bosques propiedad de la empresa o áreas forestales privadas situadas cerca de las instalaciones de producción de MDF.
  - La selección de la madera incluye madera verde procedente de la tala de bosques y silvicultura, así como desechos de aserraderos (virutas de madera).
  - Todas las resinas utilizadas, así como la emulsión de parafina, se sintetizan en instalaciones de fabricación pertenecientes al Grupo.
- Fabricación de tableros MDF:

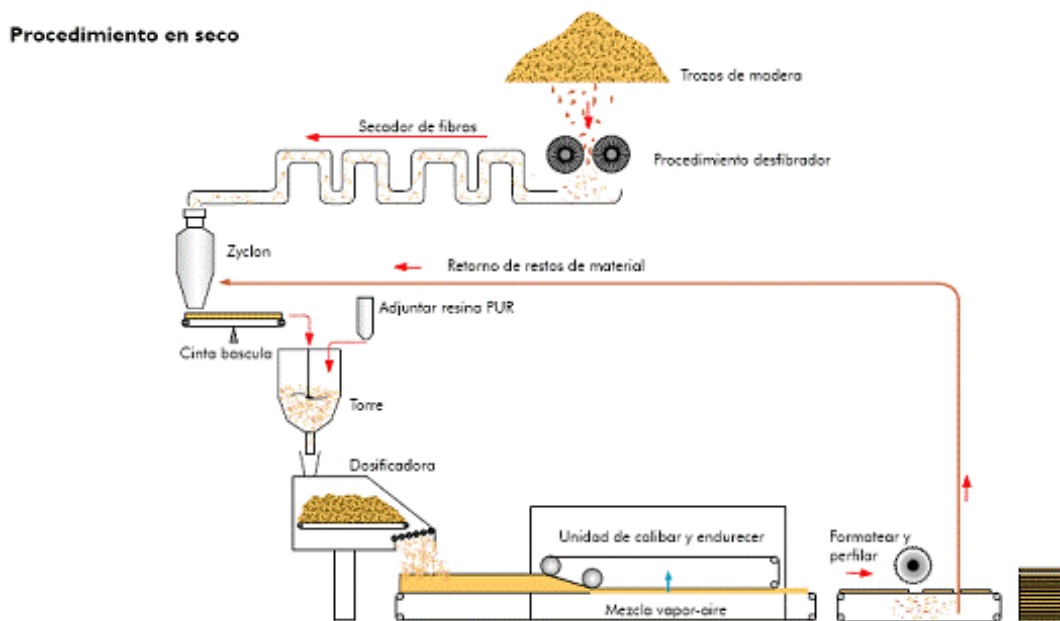


Figura 42. Procedimiento en seco de tableros MDF. Fuente: [www.biohaus.com](http://www.biohaus.com)

### 1. Descortezado de los troncos de madera:

Las trozas son cargadas, desde el patio donde se encuentran almacenados los troncos, en la cinta de la descortezadora.

No hay exigencias en relación con el diámetro y tamaño de las trozas e incluso se permite la inclusión de residuos de aserradero ya que va a ser todo reducido a pequeñas partículas o fibras.



Figura 43. Desplazamiento de los troncos a la descortezadora. Fuente: [www.brico-diy.net](http://www.brico-diy.net)

El descortezado consiste en separar la madera de su corteza, se realiza en una descortezadora de tambor que realiza el descortezado mediante la rotación del cilindro y el golpeo de las trozas contra él.

En esta fase se debe eliminar la mayor cantidad posible de corteza, ya que grandes cantidades de esta consumen mayor energía en el secado, oscurecen el color de los tableros y modifican sus propiedades físicas y mecánicas.

A continuación las cintas transportadoras se encargan de transportar la madera a la entrada de la astilladora.

## 2. Molienda y astillado de la madera.

La astilladora transforma la madera en astillas. Unos cilindros hidráulicos permiten abrir o cerrar la entrada de la astilladora según las dimensiones de las piezas.



Figura 44. Formación de astillas de madera. Fuente: [www.brico-diy.net](http://www.brico-diy.net)

Las astillas transportadas por una cinta son trasladadas a una criba o tamiz para separar las gruesas y ser recicladas antes de pasar al silo de astillas.

## 3. Limpieza de las virutas de madera del sistema de alimentación del almacén de madera.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Las que no pasan se fragmentan posteriormente en otros molinos de martillos centrífugos. Estas astillas podrán formar parte tanto de la fabricación de tableros de partículas como de fibras.

Las partículas todavía húmedas se almacenan temporalmente en silos húmedos. El secado de estas partículas se realiza por contacto directo con aire caliente en grandes cilindros con circulación forzada, que mantienen las partículas en suspensión desarrollando un movimiento helicoidal.

No se desperdicia nada, tanto el polvo como residuos de este proceso, tanto para la fabricación tableros de partículas como tableros de fibras, son transportados a los quemadores, donde serán utilizados como combustible para el proceso de secado o en la planta de cogeneración para producir energía eléctrica.

### 4. Digestión con vapor de astillas de madera:

Las astillas dedicadas a fabricar tableros de fibras son transportadas para ser desfibradas. En la industria española generalmente se utiliza el desfibrado termomecánico.

Las astillas son introducidas en un digestor en el que se inyecta vapor a presión hasta 10 kg/m<sup>2</sup>. En menos de un minuto se eleva la temperatura entre 180° y 190° C y se produce un reblandecimiento de la madera, que la prepara para ser desfibrada.

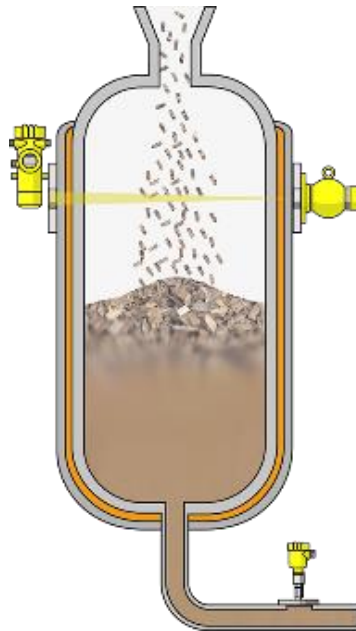


Figura 45. Digestor. Fuente: [www.brico-diy.net](http://www.brico-diy.net)

### 5. Refinación y desfibrado:

El desfibrado se realiza haciendo circular las astillas a presión entre dos discos ranurados y se produce por esfuerzo cortante mientras la madera circula del centro a la periferia. De todos los sistemas de desfibrado es el más efectivo y el de mayor calidad.



Figura 46. Obtención de fibras. Fuente: [www.monografias.es](http://www.monografias.es)

La mayor parte de las instalaciones europeas están equipadas con discos de 46 pulgadas con una producción de 300 toneladas/día aunque se suministran discos desfibradores de 54 pulgadas con los que se alcanza una mayor producción de hasta 600 toneladas/día.



Figura 47. Disco desfibrador de 46 pulgadas. Fuente: [www.spanish.alibaba.com](http://www.spanish.alibaba.com)

#### 6. Fijación de las fibras con adhesivos:

Sobre las fibras todavía húmedas se añaden los adhesivos o colas y aditivos como ceras y parafinas de esta forma quedan incorporados a las fibras antes del secado.

La cola más utilizada para la fabricación de tableros estándar es de urea-formaldehído, aunque en las de melamina y fenólicas también tienen su sitio en el mercado de tableros resistentes a la humedad.

#### 7. Secado de las fibras en aprox. 2-3% del contenido residual de humedad:

Una vez impregnadas las fibras estas siguen un largo camino propulsado por potentes ciclones que rebajan los contenidos iniciales de humedad hasta un 8%. El secado se realiza a temperaturas que no sobrepasan los 180°C y así se evita el fraguado prematuro de la cola que contienen las fibras.

#### 8. Transporte y almacenamiento interno de fibras:

Ya secas son transportadas hasta la formadora. Allí son proyectadas sobre una cinta hasta alcanzar la dosificación necesaria para fabricar el espesor programado.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

### 9. Formación de láminas de fibra:

A la salida de la formadora una manta de fibras provistas de cola todavía sin fraguar se dirige a la prensa. Para favorecer su transporte y que no se desmorone la manta de fibras es pre-prensada en frío.



Figura 48. Formación de láminas de fibras encoladas. Fuente: [www.brico-diy.net](http://www.brico-diy.net)

Si el color de las fibras es de color rojo es que es resistente al fuego y si es de color verde es que es resistente a la humedad.

Tras recorrer la última parte de la formadora la manta está lista para ser prensada.

### 10. Compresión de las hojas de fibra mediante prensado en caliente continuo:

Nuevamente una prensa en continuo de bandas calefactoras soportada por rodillos o por elementos tipo oruga presionan y arrastran al tablero durante unos minutos hasta conseguir el fraguado de la cola. Los tableros prensados son cortados por sierras viajeras y enfriados en gigantescos volteadores antes de ser mecanizados a sus dimensiones definitivas.

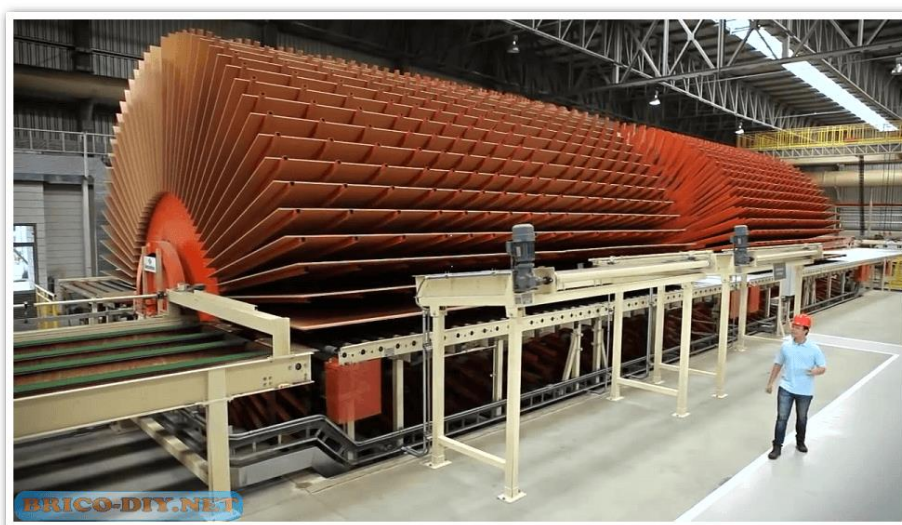


Figura 49. Enfriadores volteadores de tableros. Fuente: [www.brico-diy.net](http://www.brico-diy.net)

### 11. Las operaciones de lijado y escuadrado:

Los empujadores acercan los tableros a unas sierras circulares para escuadrar el tablero, quedando así cortados en longitud y anchura.

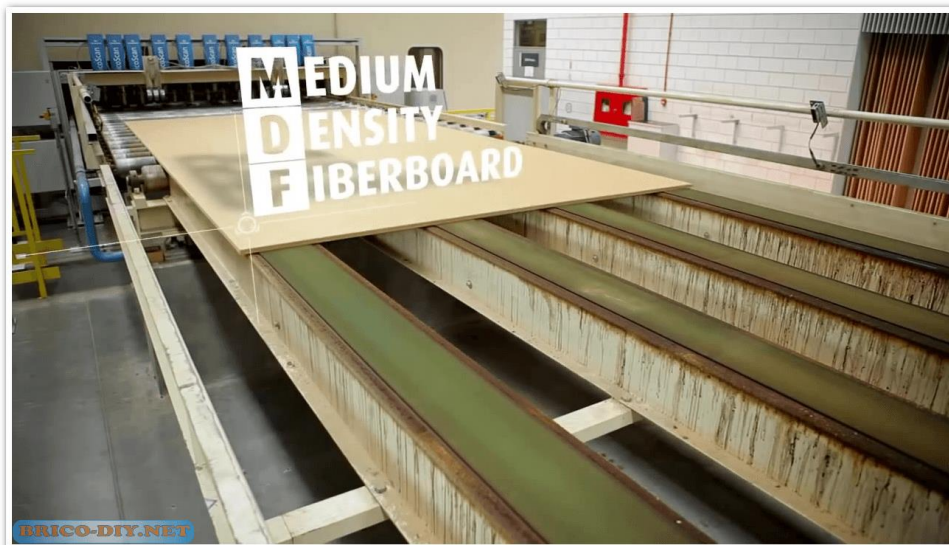


Figura 50. Operaciones de corte y lijado de tablero MDF. Fuente: [www.brico-diy.net](http://www.brico-diy.net)

Por último, unas lijadoras de banda o de rodillo se encargan de eliminar posibles irregularidades de la superficie y de calibrar el tablero en espesor

Hasta aquí, algunos tableros terminan aquí su primera etapa, muchos de ellos serán empleados así y otros serán ennoblecidos recubriéndolos de chapas de madera, pero una gran parte serán recubierto de papel impregnado en melamina. Es el tipo de tablero conocido con el nombre de tablero melaminico.

A partir de la placa de MDF lisa, se añaden las siguientes etapas en las líneas de recubrimiento.

1. Colocar el papel impregnado en el lado superior/inferior de las superficies de la placa (formando el “sándwich”)

Las bobinas de papel de distintos colores imitando madera o no sustituyen a las chapas de madera natural. El papel utilizado con gramajes entorno a  $80 \text{ g/m}^2$  es desbobinado y sumergido, al comienzo de la línea de melaminizado, en unas cubetas que contienen melamina. Posteriormente, en unos secaderos de aire caliente se elimina la parte volátil y el papel queda impregnado de melamina. El papel se ha transformado en frágil y quebradizo pero con la particularidad de poder ser encolado sobre cualquier tipo de tablero. Las hojas de papel impregnado se colocan en ambas caras del tablero.

La melamina funciona como cola para adherir el papel al soporte y como un acabado en la superficie del tablero

2. Presionado con calor

Posteriormente se trasladan a una prensa donde la presión y la temperatura se encargan de adherir las hojas al soporte.



### 3. Recorte del papel extra en los bordes después de presionar.

A la salida de la prensa un escáner se encarga de comprobar la calidad del acabado del tablero. Inmediatamente después los tableros son enfriados en los volteadores hasta comenzar el mecanizado que desbarba el sobrante del papel.

### 4. Clasificación y preparación del producto para su posterior comercialización.

Como todos los productos de primera transformación de la madera antes de su comercialización pasan por rigurosos controles de calidad.

La determinación del contenido de formaldehído asegura el mantenimiento de este producto en su umbral de seguridad. Se hacen ensayos de resistencia a la flexión, resistencia a la tracción o a la abrasión entre otros que permiten valorar las aptitudes del tablero para un uso determinado.

#### 4.2.2.7 Propiedades

Se caracterizan por su uniformidad y homogeneidad en todo su espesor, sus caras son lisas y suaves, no presentan problemas para su corte y se mecanizan y molduran con mucha facilidad.

Densidad: la norma UNE-EN 316 especifica que su densidad debe ser igual o superior a  $450\text{kg/m}^3$ , y la norma UNE-EN 622-1 que la tolerancia sobre la densidad media en el interior del tablero será  $\pm 7\%$ .

Contenido de humedad: el tablero se suministrará con un contenido de humedad comprendido entre el 4 y el 10%.

Estabilidad dimensional: es un material dimensionalmente estable, más que la madera maciza, que los tableros de fibras duros y semiduros y que los de partículas (porque es más compacto). Esta estabilidad, junto con su capacidad de moldurado hacen que haya desplazado al tablero de partículas y a la madera maciza en muchos usos de interior.

Calidad del encolado y resistencia a la humedad: su resistencia frente a la humedad es relativamente baja debido a la capacidad de absorción de agua que tienen las fibras que lo constituyen. Su resistencia se puede mejorar con la incorporación de productos especiales en los adhesivos empleados durante el proceso de fabricación. Estos tableros suelen tener una coloración verde y tienen unas prestaciones y comportamiento mejores frente a la humedad. El hecho de que un tablero haya mejorado su comportamiento frente a la acción de la humedad no le faculta para que sea expuesto a la intemperie sin protecciones adecuadas.

Aislamiento acústico: dependiendo de la densidad y peso del tablero el aislamiento a ruido aéreo mejora. En cuanto a ruido de impacto (caso que puede tener interés cuando se usa como base en suelos laminados) su transmisión es mayor, aunque en relación al conjunto del elemento no es significativa ya que el amortiguamiento se consigue de forma casi exclusiva con la capa flotante.

Su coeficiente de absorción acústica se puede determinar mediante ensayo (EN ISO 354) o utilizar los valores normalizados.

Contenido de formaldehído: existen dos clases de contenido de formaldehído, E1 y E2, definidas en la norma UNE-EN 13986. Desde hace unos años el compromiso de la mayoría de los fabricantes del mundo es el de fabricar tableros con bajo contenido en formaldehído con contenidos muy inferiores a los exigidos para la clase E1.

Resistencia al fuego: su reacción al fuego es similar a la de la madera maciza. Sus valores de Euroclase de reacción al fuego normalizados sin necesidad de ensayo están normalizados variando de:

- D-s2, d0 a D-s2, d2
- Dfl-s1 a E; Efl

Esta clasificación de euroclases se puede mejorar mediante la adición de productos ignífugos en los adhesivos durante su fabricación. Los tableros con reacción al fuego mejorada se les colorea habitualmente de rojo para distinguirlo de los estándar.

Durabilidad – Comportamiento frente a los agentes biológicos: en función de las condiciones ambientales o de la zona geográfica en donde se utilicen pueden ser degradados por los hongos xilófagos (tanto los que causan las pudriciones pardas como los cromógenos) y por los insectos xilófagos (termitas). La presencia de cola impide que sea atacado por los insectos xilófagos de ciclo larvario (carcomas, polillas, etc.), a los que no sirve de alimento. Su comportamiento se puede mejorar, mediante su tratamiento superficial o por la incorporación de insecticidas y/o fungicidas en los adhesivos. Se pueden utilizar en las clases de uso 1, 2 y 3.

Acabado:

- Lijado: presenta una superficie regular y por tanto su lijado no presenta problemas especiales de cara al acabado.
- Lacado y pintado: pueden acabarse con una gran variedad de productos. Debido a que sus cantos son muy absorbentes es necesario sellarlos con lacas sellantes, poliuretano u otras formulaciones con elevados contenidos en sólidos.
- Recubrimientos: los más habituales son chapas de maderas, papeles impregnados, laminados decorativos, etc., se pueden utilizar sin ningún tipo de problemas. La única precaución es que el tablero quede compensado o equilibrado con la incorporación de un material similar en la contracara o cara no vista.
- Absorción superficial: esta propiedad es muy importante para conocer la aptitud del tablero al pintado o lacado. Se determina con la norma EN 382-1.

Resistencia a la puesta y al arranque de tornillos (tirafondos): presentan facilidad para la puesta y una resistencia elevada al arranque de tornillos (similar a la madera maciza y superior al tablero de partículas). El arranque de tornillos y tirafondos se determina con la norma UNE- EN 320.

#### **4.2.2.8 Protección del medio ambiente durante el proceso, interacciones medio ambiente – salud y fin de vida de producto**

- Protección del medio ambiente durante el proceso:

El centro de producción cumple con todas las autorizaciones y permisos definidos por la Ley, emitidos por las autoridades ambientales, tanto con carácter integral como en relación con la protección de los diversos aspectos.

Emisiones a la atmosfera: la instalación limpia los gases de escape de cada proceso a valores muy por debajo de los valores límite de emisiones. El control de calidad del aire ambiental es supervisado por la red oficial de vigilancia de la calidad del aire. Cuando sea posible, FINSA exige que sus proveedores muestren que cumplen con los requisitos legales para la cadena de vapor.

Protección del agua y del suelo: es un proceso con escaso flujo de agua y existe una estación de tratamiento para el procesamiento de todas las aguas que luego son devueltas al medio ambiente dentro de los valores límite establecidos por las autoridades ambientales.

Existen sistemas de protección para aguas de drenaje, tanto para los parques de madera como para la planta.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Los suelos son impermeables y tienen tanques secundarios de retención.

Además, en los almacenes de almacenamiento de químicos, se cumplen todas las normas aplicables.

Protección contra el ruido y las vibraciones: se han adaptado medidas de prevención y protección para garantizar que se cumplen todos los requisitos legales que se han definido, tanto dentro como fuera de las instalaciones.

- Interacciones medio ambiente – salud:

Protección medio ambiente: de acuerdo con el estado actual de conocimientos, con el uso apropiado del producto no hay riesgos para el agua, el aire o el suelo. Las pequeñas cantidades de formaldehído son inofensivas para la salud humana, no se detectan emisiones de contaminantes.

Protección de la salud: no se prevén daños o limitaciones relacionados con la salud en condiciones normales de uso.

- Fin de vida de producto:

Reutilización: por ejemplo, al final de una etapa de uso de un edificio dado, las tablas pueden ser separadas y pueden ser reutilizadas para las mismas aplicaciones.

Recuperación/reciclaje: por ejemplo, al final de una etapa de uso de un edificio dado, las tablas pueden ser separadas y pueden ser reutilizadas para aplicaciones que difieren de sus aplicaciones originales.

Generación de energía: todas las tablas de madera deben ser reutilizadas o recicladas siempre que sea posible. Siempre que esto no sea posible, su fin de vida será la generación de energía en planta de biomasa, lo cual es siempre preferible al envío a un vertedero.

### 4.2.3 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LOS TABLEROS MDF

El estudio de ciclo de vida de los tableros MDF a nivel sectorial se lleva a cabo de acuerdo con las normas ISO sobre ACV (UNE-EN ISO 14040:2006 y UNE-EN ISO 14044:2006)

A continuación se describen los aspectos relativos a la metodología de ACV y las fases en las que se estructura el análisis: definición de los objetivos y el alcance del estudio, análisis del inventario, evaluación de impactos, e interpretación de los resultados.

#### 4.2.3.1 Objetivo y alcance

- Objetivo:

Se pretende realizar un estudio de ACV para determinar la huella de carbono de los tableros MDF lisos y los tableros MDF recubiertos de melamina.

La información generada por el estudio tendrá dos usos claramente diferenciados, uno con carácter externo y otro interno. El primero de ellos consistirá en la comunicación del valor de la huella de carbono a los posibles compradores de producto (arquitectos, promotoras, empresas, etc.). El segundo objetivo es la generación de información acerca de los impactos producidos por el producto con el fin de disponer de criterios para proponer acciones eficientes de mejora ambiental por parte de FINSAs.

- Alcance:

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Para conseguir una profundidad, detalle y amplitud del estudio del caso, se definen los siguientes aspectos:

- Función del sistema:

La función de los tableros MDF puede ser revestir (revestimiento para paredes), utilizarse para falsos techos, para fabricación de muebles, etc.

- Unidad funcional (UF):

La unidad funcional del estudio consiste en tableros que pueden ser de fabricación de 1 m<sup>3</sup> para tableros MDF lisos (sin recubrimiento) y 1m<sup>2</sup> de recubrimiento con melamina para los tableros MDF, con densidad media.

La densidad media es de 840KG/m<sup>3</sup> ( $\pm$  20 kg, con una humedad relativa de alrededor del 7%)

- Sistema del producto analizado:

En el estudio se han analizado los comportamientos ambientales de los tableros y del recubrimiento de melamina de los tableros MDF.

El sistema se ha dividido en las etapas acordes con los procesos cronológicos en los que se divide el ciclo de vida de un tablero MDF. Las etapas están compuestas cada una de ellas de procesos interconectados que sirven para modelizar el producto.

Los procesos observados en detalle fueron los siguientes:

1. La etapa forestal, para la adquisición y transporte de madera.
2. El transporte de todas las materias primas relevantes para el proceso
3. El proceso de fabricación de tableros MDF lisos y tableros MDF recubiertos de melamina. Es el mismo proceso ya que el recubierto solo es añadirle el recubrimiento de melamina al tablero liso.
4. El proceso de envasado y el uso térmico como cierre final del ciclo de vida.
5. Los procesos de infraestructura quedan fuera del alcance del sistema.

La etapa relacionada con el uso de tableros de MDF lisos y tableros MDF recubiertos de melamina no ha sido investigada en la presente declaración. Se supone que el final del ciclo de vida es la recuperación de energía en una planta de biomasa (considerada como el cierre del ciclo: de la cuna a la tumba).

Nota sobre la etapa de uso: no se estudiaron las condiciones de uso, así como cualquier posible efecto poco frecuente asociado, al valorar el análisis del ciclo de vida.

Todos los procesos unitarios quedan interconectados material y energéticamente. La representación visual es un diagrama de procesos interconectados entre sí por flujos describiendo el producto bajo estudio a lo largo de todo su ciclo de vida.

Estas etapas y procesos se muestran en el siguiente diagrama de flujo:

# CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

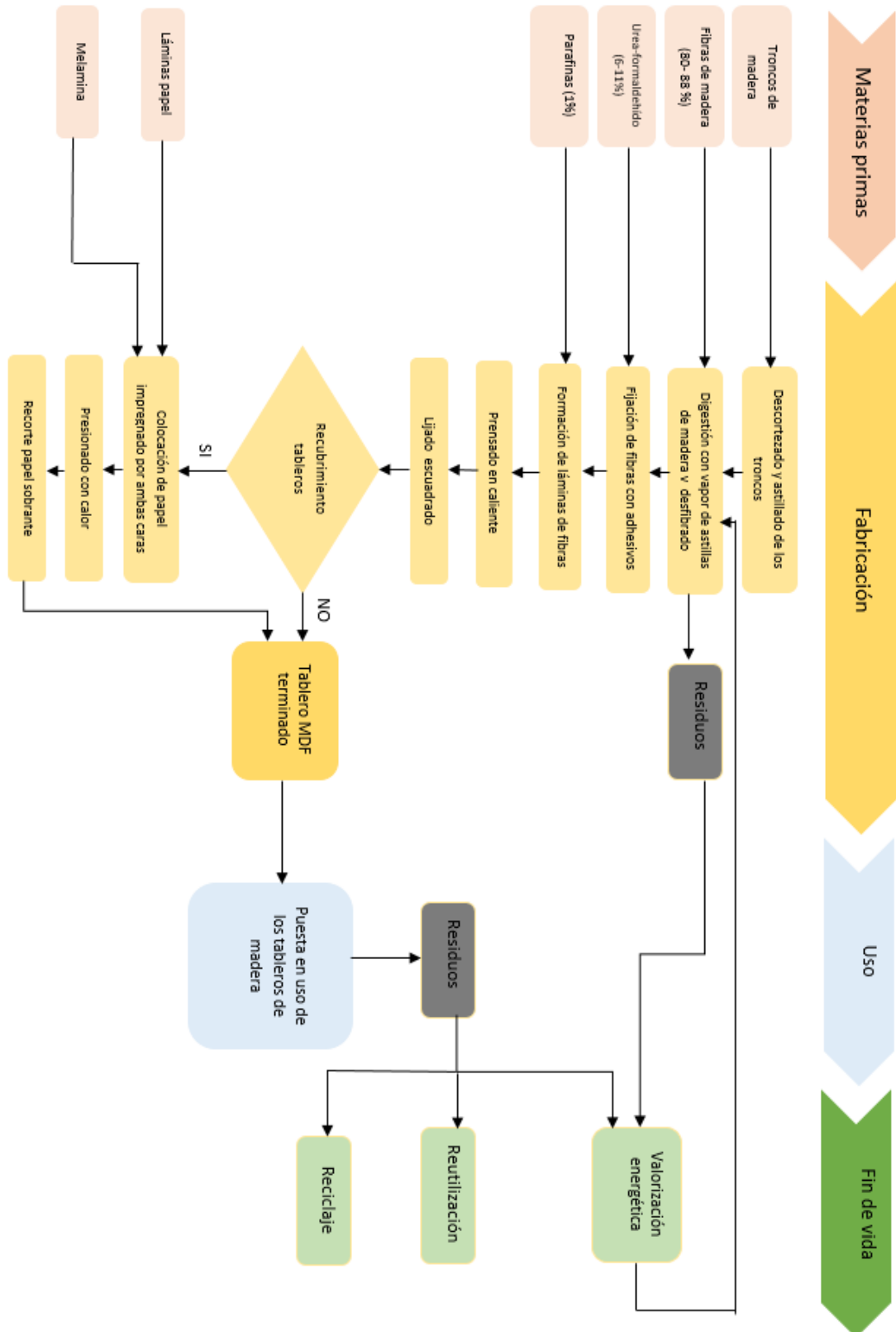


Figura 51. Diagrama de etapas de ciclo de vida de Tablero MDF. Fuente: Elaboración propia

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

### - Límites del sistema:

Los límites que se han seleccionado para el sistema cubren la fabricación de tableros MDF recubiertos de melamina, incluyendo la producción de materias primas hasta el punto del producto final embalado en la puerta de fábrica (ciclo de vida designado de la cuna a la puerta).

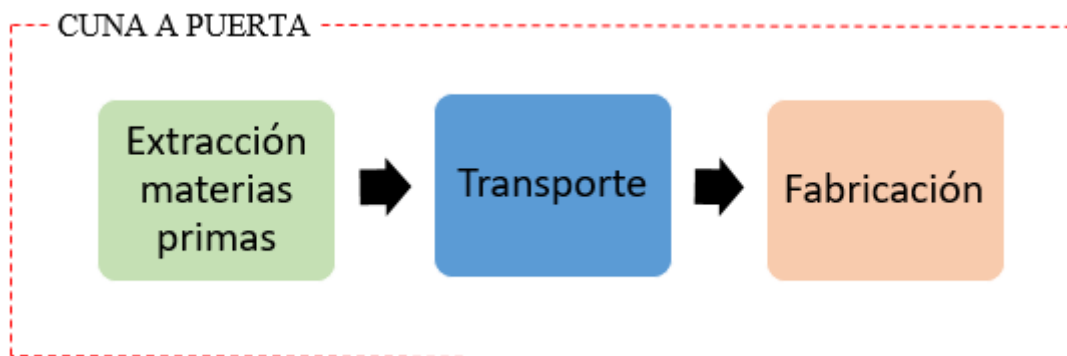


Figura 52. Etapas de ciclo de vida incluidas en los límites del ACV. Fuente: Elaboración propia

La elección de incluir las etapas de ciclo de vida del producto, que cubre desde la extracción de materias primas hasta el momento en el que el producto se pone en el mercado (a la salida de la planta de fabricación, es conocer las cargas ambientales que se producen, gracias a los datos específicos y fiables que se tienen de estas etapas (la obtención de datos fiables para estudios de cuna a tumba son muy complicados de tener sin hacer un estudio muy detallado de todas sus etapas).

Quedan dentro de los límites del sistema todos aquellos procesos relacionados con la generación y transporte de la energía necesaria para cada una de las etapas del ciclo de vida de los tableros MDF.

En el caso de la electricidad es la contratada y suministrada por la red eléctrica, se incluirán los kwh consumidos durante la fabricación de los tableros.

La energía térmica para el secado de las láminas frescas durante del proceso de fabricación se obtiene por la valorización energética de residuos (astillas no válidas, polvo, etc.) propios de la fábrica. Se incluye su clasificación, su transporte, su suministro hasta el lugar de consumo y su combustión.

En cuanto a los insumos materiales se incluyen dentro del sistema la extracción de materias primas (troncos procedentes de la tala de árboles), el transporte en camión hasta el centro de procesado y su procesado primario.

En el caso del transporte de las materias primas, este se realiza a través de camiones que funcionan con diésel se incluye el transporte hasta el centro de procesado, la combustión del gasóleo del camión y su transporte al usuario final.

Quedan fuera de los límites del estudio los bienes de capital, como las instalaciones y la maquinaria empleados en todas las fases de ciclo de vida.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

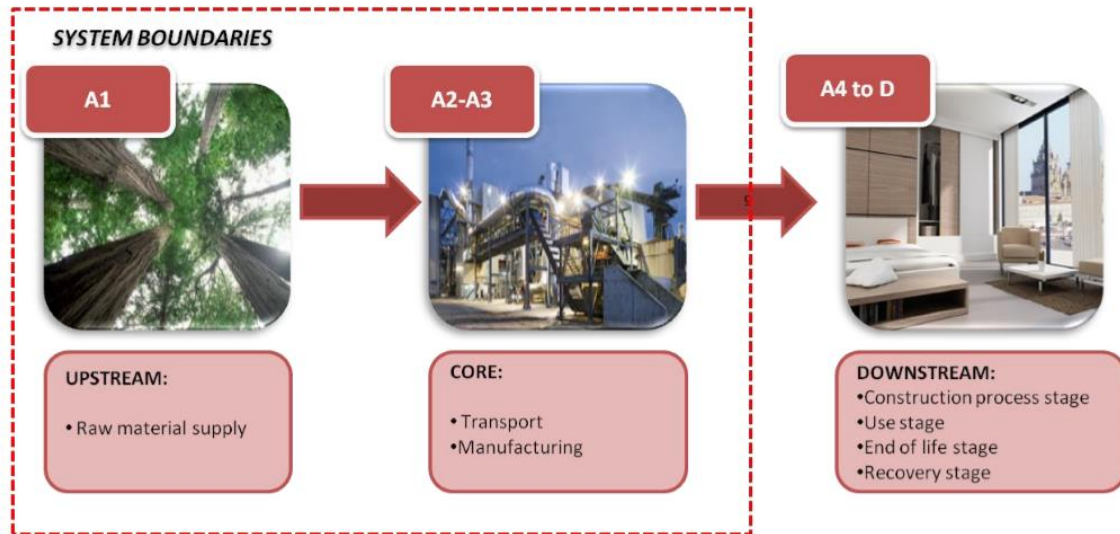


Figura 53. Límites de sistema detallados. Fuente: [www.finsa.com](http://www.finsa.com)

- Categorías de impacto:

Son los indicadores que reflejan el impacto provocado por el producto o sistema de producto. La lista debe cubrir la mayoría de los aspectos de relevancia aunque tampoco debe ser muy extensa, de lo contrario haría poco práctico el tratamiento de datos y resultados.

CATEGORÍAS DE IMPACTO
Calentamiento global
Emisión de gases que incrementan el efecto invernadero
Destrucción de la capa de ozono
Acidificación
Eutrofización
Formación potencial oxidantes fotoquímicos
Recursos abióticos: materiales y energéticos (renovables y no renovables)
Consumo eléctrico

Tabla 15. Categorías de impacto para tableros MDF. Fuente: Elaboración propia

- Requisitos de calidad de los datos:

Para todos aquellos procesos que queden bajo el paraguas de FINSA se emplearán datos primarios o específicos. Para los procesos que queden fuera de control de la organización se emplearán datos secundarios o genéricos que sean representativos de la tecnología empleada en el país. Estos datos no podrán tener una antigüedad superior a 5 años.

La base de datos del Ecoinvent, integrada en el software de análisis global SimaPro, se utilizó para modelar el ciclo de vida fue consultada a lo largo de todo el análisis de ciclo de vida.

Los datos utilizados tienen una antigüedad menor a los 5 años. Los datos utilizados se refieren a los procesos de producción reales durante el año fiscal del 01/01/2012 al 31/12/2012. La evaluación del ciclo de vida se preparó para España como área de referencia.

El software de análisis global “SimaPro 7” se utilizó para modelar el ciclo de vida. Todos los datos relevantes para la fabricación y eliminación de residuos se tomaron de base de datos las del software.

### 4.2.3.2 Inventario de ciclo de vida

En la fase de Inventario de Ciclo de Vida (ICV) se consideran los flujos de entradas de energía y materia prima, y los flujos de salida, como emisiones ambientales de gases, líquidos y desechos sólidos, relacionadas con los tableros, de acuerdo con los criterios establecidos bajo la norma ISO 14040.

En este caso existen procesos en los que se generan más de un producto o función por lo que es necesario tomar la decisión de qué asignación o reparto de cargas ambientales se ha de atribuir a cada producto o función extra.

Son los llamados procesos multifuncionales. No podemos imputar al sistema de producto o tableros MDF sin recubrimiento todo el consumo de materias primas y energía ni toda la generación de residuos y emisiones asociadas ya que los tableros MDF recubiertos con melamina constituyen otro sistema de producto.

Está claro que es imposible realizar el inventario por separado para ambos productos ya que las entradas y salidas son imputables tanto a la producción de tableros MDF sin recubrimiento como a tableros MDF recubiertos de melamina. En este caso se dice que los tableros MDF recubiertos son co-productos del sistema del producto tableros MDF lisos.

Para estas situaciones es preciso establecer reglas y procedimientos de asignación de entradas y salidas que repartan las cargas ambientales entre los dos sistemas.

Se debe minimizar al máximo el uso de asignaciones subdividiendo los procesos en otros más elementales, redefiniendo la unidad funcional (incluyendo los co-productos en la unidad de análisis). En este caso si se estiman las emisiones asignadas al co-producto (tablero MDF recubierto de melamina) por la disponibilidad de los datos para su estudio, ya que hay los datos para el recubrimiento.

- Recopilación de datos de inventario:

Existen dos tipos de datos, conocidos como datos de actividad y factores de emisión:

Los datos de actividad son las entradas y salidas del ciclo de vida del producto, esto es, recursos materiales y energéticos, transporte, generación de co-productos y residuos.

Los factores de emisión son los que enlazan los datos de actividad con los flujos elementales.

Los flujos elementales son el resultado de multiplicar las cantidades expresadas en los datos de actividad por los factores de emisión.

Todos los datos referentes al proceso de fabricación de los tableros MDF, así como el transporte de las materias primas hasta sus instalaciones y del transporte del producto hasta el consumidor final, son datos obtenidos por medidas directas de la propia empresa.

Los datos que alimentan el proceso de cálculo representan el proceso de fabricación de tableros de madera para el período de producción. Se trata principalmente de datos primarios en su mayor parte, recogidos directamente de fuentes fiables que pueden dividirse en las siguientes categorías:

- Notas de entrega del material entregado o suministrado
- Mapa de distancias



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- Facturas
- Mediciones directas
- Contadores
- Fichas de datos del producto

El análisis del ciclo de vida real se realiza a través de una hoja de cálculo, donde todos los datos recogidos en el inventario se introducen y se clasifican, por etapas de producción.

Por otro lado, todos aquellos procesos que no tienen que ver con la empresa, conocidos como aguas-arriba (procesos anteriores a los procesos realizados en la fabricación) y procesos aguas-abajo (procesos posteriores como uso del producto, mantenimiento y procesos de fin de vida) han sido obtenidos de las bases de datos Ecoinvent 2.1 e Inventario de Ciclo de Vida de los Estados Unidos (USLCI) disponibles en el software SimaPro 7.

### 4.2.3.3 Análisis del inventario:

En este apartado se exponen los resultados del análisis de inventario del ciclo de vida de los tableros MDF sin recubrimiento y del recubrimiento de melamina de estos tableros MDF. En el aparecen todos los flujos de entrada de materias primas y recursos energéticos empleados a lo largo de la vida de los tableros.

La asignación de flujos de entrada y salida hacia, desde un módulo de ciclo de vida del producto, se está investigando de acuerdo con los criterios establecidos bajo la norma ISO 14040.

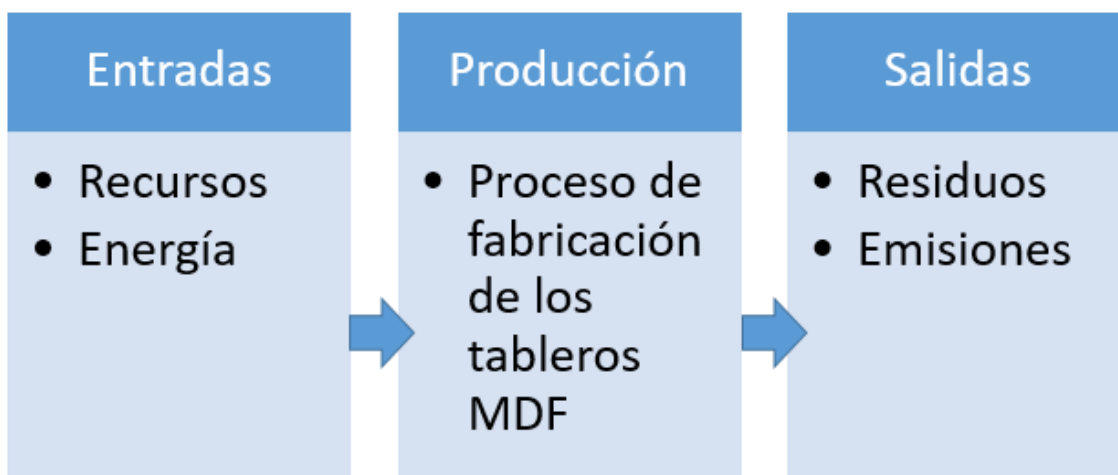


Figura 54. Entradas y salidas durante el ACV. Fuente: Elaboración propia

Todos los datos están referidos a la unidad funcional que actúa como flujo de referencia y su cálculo proviene en todos los casos de la DAP descargada para estos productos de la empresa FINSA.

La información se ha obtenido a partir de datos agregados de procesos en algunos casos y datos de procesos unitarios en otros, según la disponibilidad de datos de la empresa. Los datos utilizados son promedios ponderados en función de la producción.

Entradas:

La siguiente tabla muestra el uso de recursos por m<sup>3</sup> de tablero MDF liso (sin recubrimiento) y los recursos utilizados por m<sup>2</sup> de recubrimiento de tablero MDF.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

USO DE RECURSOS	Tablero MDF desnudo (m <sup>3</sup> )		Recubrimiento Tablero MDF (m <sup>2</sup> )	
	Unidad	Total	Unidad	Total
Consumo de recursos naturales (madera)	kg	144,10	kg	0,33
Consumo de recursos no renovables (adhesivos)	kg	2017,74	kg	4,68

Tabla 16. Uso de recursos renovables (madera) y recursos no renovables (adhesivo). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

La siguiente tabla muestra el consumo total de energía primaria (renovable y no renovable) del proceso de fabricación:

VARIABLE BAJO EVALUACIÓN	Tablero MDF desnudo (m <sup>3</sup> )		Recubrimiento Tablero MDF (m <sup>2</sup> )	
	Unidad	Total	Unidad	Total
Energía primaria, no renovable	MJ/m <sup>3</sup>	10247,85	MJ/m <sup>2</sup>	44,66
Energía primaria, renovable	MJ/m <sup>3</sup>	6560,27	MJ/m <sup>2</sup>	27,43

Tabla 17. Consumo de energías primarias (renovables y no renovables). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

En ambos casos, el consumo de energías no renovables es mayor que el consumo de energía renovable.

En la siguiente tabla se muestra el contenido de energía primaria (renovable y no renovable) si añadimos el aporte energético por el aprovechamiento de residuos.

VARIABLE BAJO EVALUACIÓN	Tablero MDF desnudo (m <sup>3</sup> )		Recubrimiento Tablero MDF (m <sup>2</sup> )	
	Unidad	Total	Unidad	Total
Energía primaria, no renovable con aporte energético	MJ/m <sup>3</sup>	8818,74	MJ/m <sup>2</sup>	36,70
Energía primaria, renovable con aporte energético	MJ/m <sup>3</sup>	6254,54	MJ/m <sup>2</sup>	26,16

Tabla 18. Consumo de energías primarias con aporte energético a mayores. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

Con la suma de aporte energético durante el proceso los valores disminuyen aunque el resultado obtenido sigue siendo mayor para energías no renovables que renovables.

- Salidas:

La siguiente tabla muestra la producción de residuos peligrosos y no peligrosos producidos por la fabricación de los tableros.

VARIABLE BAJO EVALUACIÓN	Tablero MDF desnudo (m <sup>3</sup> )		Recubrimiento Tablero MDF (m <sup>2</sup> )	
	Unidad	Total	Unidad	Total
Residuos no peligrosos	kg	23,59	kg	9,55E-2
Residuos peligrosos	kg	0,12	kg	4,68E-04

Tabla 19. Contenido de residuos peligrosos y no peligrosos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

En relación a la cantidad de residuos, la de residuos peligrosos es muy pequeña en relación a la de residuos no peligrosos.

En cuanto a las emisiones se detallan en el siguiente apartado.

Todos los datos se obtuvieron directamente de las instalaciones de FINSA y de proveedores. Con el fin de evaluar al detalle la calidad de los datos en uso, se realizó un doble ejercicio:

- Identificación de la naturaleza primaria / secundaria de cada uno de los datos.
- Porcentaje máximo en masa/ energía para cualquier categoría de impacto por etapa de los datos más relevantes.

### 4.2.3.4 Evaluación de impactos de ciclo de vida

En este apartado se realiza la evaluación de los impactos a partir de los datos de inventario recopilados en el apartado anterior.

El inventario de emisiones, según la fase de producción en que se encuentre, está enumerado a continuación y se han obtenido a partir de procesos genéricos extraídos de las bases de datos Ecoinvent 2.1 y USLCI utilizadas del software SimaPro.

Las categorías de impacto que se consideraron para la evaluación de impacto asociadas con la producción de tableros de madera son las siguientes:

- Emisión de gases efecto invernadero
  - Potencial de agotamiento de la capa de ozono (DOP)
  - Potencial de acidificación (PA)
  - Potencial de eutrofización (PE)
  - Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFPO)
  - Energía primaria, no renovable
  - Energía primaria, renovable
  - Consumo de electricidad
- Interpretación de los resultados:

Los resultados del análisis del ciclo de vida se basan en los siguientes supuestos:

1. El transporte de todas las materias primas y/o materiales secundarios se calcula de acuerdo con los medios de transporte que se utilizaron (camiones), utilizando los datos de la base de datos del programa SimaPro.
2. Las facturas de las empresas de suministro de energía fueron consideradas para el cálculo de la fuente de alimentación utilizada en el proceso de fabricación. La asignación de los diferentes factores de las categorías de impacto que se estudiaron en el caso del consumo eléctrico se calculó sobre la base de promedio español de las fuentes de electricidad.
3. Todos los residuos que se generan durante la producción y que no se pueden volver a circular en el proceso (corte y molienda de residuos) se envían para ser utilizados como combustible para la caldera de biomasa. Se supone que el cierre del ciclo de vida es el uso térmico de los residuos en una planta de generación de biomasa.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

4. El cálculo de las emisiones (por ejemplo CO<sub>2</sub>, HCl, SO<sub>2</sub> o partículas), dependiendo de los insumos, se realizó sobre la base de los controles de emisiones realizados periódicamente en las instalaciones, según lo exigido por las normas ambientales aplicables y según el volumen de gases de escape de las Fuentes de emisión.
5. El análisis del ciclo de vida real se realiza a través de una hoja de cálculo, donde todos los datos recogidos en el inventario se introducen y se clasifican, por etapas de producción.
6. Se utilizan los métodos EPD, Demanda Energética Cumulativa (CED) y EDIP (Diseño Ambiental de Productos Industriales) para asignar a cada uno de los datos recogidos los factores en todas las categorías de impacto. La suma de todos los datos multiplicados para cada factor de las categorías de impacto resultan en la figura final denominada huella ecológica.

Tras caracterizar los datos del ICV se procede a su normalización según los factores que utiliza el software SimaPro que muestran los valores del impacto.

Categoría de impacto	Unidad	Factor de normalización
Agotamiento abiótico (ADP)	Kg Sb eq	6,32 E-12
Acidificación (AP)	Kg SO <sub>2</sub> eq	3,09 E-12
Eutrofización (EP)	Kg PO <sub>4</sub> eq	7,53 E-12
Calentamiento Global (GWH)	Kg CO <sub>2</sub> eq	2,27 E-14
Agotamiento de la capa de ozono (ODP)	Kg CFC-11 eq	1,67 E-05
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	9,59 E-12

Tabla 20. Factores de normalización predeterminados en el software de cálculo SimaPro. Fuente: Elaboración propia

La suma de todos los datos multiplicados para cada factor de las categorías de impacto da como resultado la denominada huella ecológica.

La siguiente tabla muestra las contribuciones absolutas de la fabricación de 1m<sup>3</sup> de tableros MDF lisos y 1m<sup>2</sup> de recubrimiento con melamina de tableros MDF, para cada categoría de impacto establecida en las normas aplicables.

Las siguientes tablas muestran las contribuciones de las etapas de ciclo de vida de 1m<sup>3</sup> de tableros MDF lisos.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Tableros MDF desnudos (m <sup>3</sup> )		
Categoría de impacto	Unidad	Suministro de materias primas
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> eq	181,66
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>3</sup>	1,67 E-05
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	2,69
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>3</sup>	0,20
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	9,59 E-12
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>3</sup>	6505,38
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>3</sup>	57,55
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>3</sup>	50,42

Tabla 21. Contribuciones para las categorías de impacto durante el suministro de materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

Tableros MDF desnudos (m <sup>3</sup> )		
Categoría de impacto	Unidad	Transporte
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> eq	8,39
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>3</sup>	9,22 E-07
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	0,03
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>3</sup>	0,01
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	3,35 E-03
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>3</sup>	122,07
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>3</sup>	0,15
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>3</sup>	0,00

Tabla 22. Contribuciones para las categorías de impacto durante el transporte de las materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Tableros MDF desnudos (m <sup>3</sup> )		
Categoría de impacto	Unidad	Fabricación
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> eq	195,94
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>3</sup>	1,30 E-05
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	2,04
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>3</sup>	0,21
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,17
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>3</sup>	3620,41
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>3</sup>	6502,57
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>3</sup>	383,64

Tabla 23. Contribuciones para las categorías de impacto durante la fabricación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

Tableros MDF desnudos (m <sup>3</sup> )					
Categoría de impacto	Unidad	Suministro	Transporte	Fabricación	Total
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> eq	181,66	8,39	195,94	385,99
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>3</sup>	1,67E-05	9,22E-07	1,30 E-05	3,06E-5
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	2,69	0,03	2,04	4,76
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>3</sup>	0,20	0,01	0,21	0,42
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	0,47	3,35E-03	0,17	0,63
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>3</sup>	6505,38	122,07	3620,41	10247,27
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>3</sup>	57,55	0,15	6502,57	6560,27
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>3</sup>	50,42	0,00	383,64	434,07

Tabla 24. Contribuciones absolutas de los impactos para tableros MDF lisos. Fuente: [www.finsa.es](http://www.finsa.es)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Las siguientes tablas muestran las contribuciones de las etapas de ciclo de vida de 1m<sup>2</sup> de recubrimiento de tableros MDF.

Tableros MDF recubrimiento (m <sup>2</sup> )		
Categoría de impacto	Unidad	Suministro de materias primas
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> eq	0,79
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>2</sup>	6,81E-08
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	1,09E-02
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>2</sup>	8,58E-04
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1,88 E-03
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>2</sup>	29,42
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>2</sup>	1,76
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>2</sup>	0,23

Tabla 25. Contribuciones para las categorías de impacto de las materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

Tableros MDF recubrimiento (m <sup>2</sup> )		
Categoría de impacto	Unidad	Transporte
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> eq	0,03
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>2</sup>	3,67E-09
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	1,31E-04
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>2</sup>	2,72E-05
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1,33 E-05
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>2</sup>	0,49
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>2</sup>	1,14E-04
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>2</sup>	0,00

Tabla 26. Contribuciones para las categorías de impacto durante el transporte de las materias primas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Tableros MDF recubrimiento (m <sup>2</sup> )		
Categoría de impacto	Unidad	Fabricación
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> eq	0,80
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>2</sup>	5,28E-08
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	8,24E-03
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>2</sup>	8,38E-04
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	6,65 E-04
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>2</sup>	14,75
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>2</sup>	25,67
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>2</sup>	1,56

Tabla 27. Contribuciones para las categorías de impacto durante la fabricación de tableros MDF recubiertos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

Tableros MDF recubrimiento (m <sup>2</sup> )					
Categoría de impacto	Unidad	Suministro	Transporte	Fabricación	Total
Emisiones de gases efecto invernadero	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> eq	0,79	0,03	0,80	1,62
Agotamiento de la capa de ozono	Kg R11 eq/m <sup>2</sup>	6,81E-08	3,67E-09	5,28E-08	1,25E-7
Acidificación	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	1,09E-02	1,31E-04	8,24E-03	1,92E-2
Eutrofización	Kg fosfato eq/m <sup>2</sup>	8,58E-04	2,72E-05	8,38E-04	1,72E-3
Oxidación fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1,88 E-03	1,33 E-05	6,65 E-04	2,56E-3
Energía primaria no renovable	MJ/m <sup>2</sup>	29,42	0,49	14,75	44,66
Energía primaria renovable	MJ/m <sup>2</sup>	1,76	1,14E-04	25,67	27,43
Consumo eléctrico	Kwh/m <sup>2</sup>	0,23	0,00	1,56	1,79

Tabla 28. Contribuciones absolutas de los impactos de los tableros MDF recubiertos. Fuente: [www.finsa.com](http://www.finsa.com)



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

CATEGORÍA DE IMPACTO TOTALES	Tableros MDF desnudos (m <sup>3</sup> )	Tableros MDF recubrimiento (m <sup>2</sup> )
Emisiones de gases efecto invernadero	385,99	1,62
Agotamiento de la capa de ozono	3,06E-5	1,25E-7
Acidificación	4,76	1,92E-2
Eutrofización	0,42	1,72E-3
Oxidación fotoquímica	0,63	2,56E-3
Energía primaria no renovable	10247,27	44,66
Energía primaria renovable	6560,27	27,43
Consumo eléctrico	434,07	1,79

Tabla 29. Resumen de resultados de ambos tableros. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Finsa

Después de analizar los datos, se concluyó que son muy representativos y cumplen con el 90% de los datos primarios requeridos por las normas y reglamentos aplicables.

Además, se infiere que las etapas con mayor peso en términos de huella ambiental son las siguientes:

- Etapa de la fuente de energía
- Etapa de impacto ambiental
- Etapa de suministro de cola
- Etapa de secado

A continuación se muestra el proceso para obtener el balance de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es decir el potencial de calentamiento global (huella de carbono).

Para llevar a cabo este balance de emisiones se consideró la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenad en el producto.

La fórmula utilizada para calcular este contenido de CO<sub>2</sub> s obtiene de la norma UNE-EN 16449<sup>70</sup>: 2013 Madera y productos derivados de la madera- Cálculo del contenido de carbono biogénico de la madera y conversión en dióxido de carbono:

<sup>70</sup> Norma UNE-EN ISO 16449:2014. Madera y productos derivados de la madera. Cálculo del contenido en carbono biogénico de la madera y conversión en dióxido de carbono.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \times cf \times \frac{\rho_{\omega} \times V_{\omega}}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

Donde:

- $P_{CO_2}$ : es el carbono biogénico oxidado como emisión de dióxido de carbono del sistema del producto a la atmosfera (Kg)
- $cf$ : es la fracción de carbono de la biomasa leñosa (masa seca del horno), 0,5, como valor por defecto.
- $\omega$ : es el contenido de humedad del producto (5,5%).
- $\rho_{\omega}$ : es la densidad de la biomasa leñosa del producto a ese contenido de humedad (kg/m<sup>3</sup>)
- $V_{\omega}$ : es el volumen del producto de madera maciza a ese contenido de humedad (m<sup>3</sup>)

El resultado arroja un valor de CO<sub>2</sub> equivalente para el ciclo completo “de cuna a puerta” como se muestra en los siguientes gráficos de los resultados obtenidos de CO<sub>2</sub> para los dos tipos de tableros:

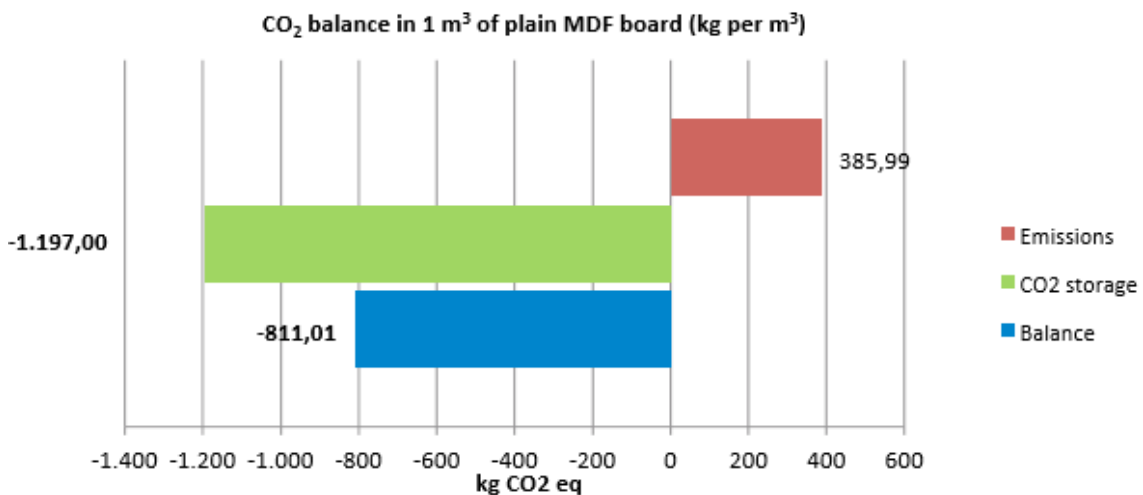


Gráfico 4. Balance de CO<sub>2</sub> en 1m<sup>3</sup> de tablero MDF liso sin recubrir. Fuente: [www.finsa.com](http://www.finsa.com)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

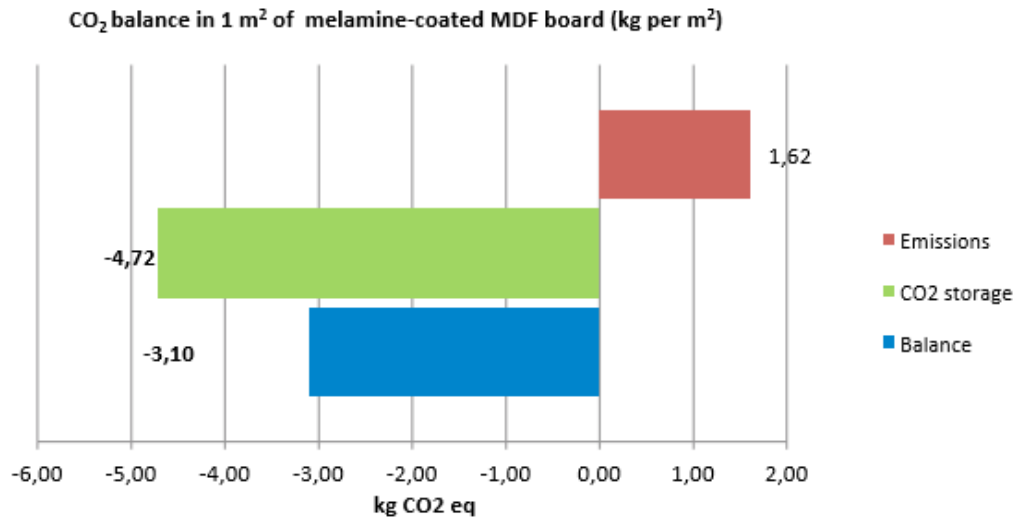


Gráfico 5. Balance de CO<sub>2</sub> en 1m<sup>2</sup> de tablero MDF recubierto de melamina. Fuente: [www.finsa.com](http://www.finsa.com)

El balance de CO<sub>2</sub> de la figura 3 muestra que la fabricación de un m<sup>3</sup> de tablero MDF natural genera 385,99 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup>, y en el caso del MDF revestido con melamina genera 1,62 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup>.

Por otra parte, un total de 1197 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> es el carbono biogénico (según prEN16449) en tableros MDF lisos. El saldo global es de -811,01kg de CO<sub>2</sub> eq.

Un total de 4,72 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> es el carbono biogénico en recubrimientos con melamina de tableros MDF. El balance general es de -3,10 kg de CO<sub>2</sub> eq.

Gracias a la contención de las propiedades de captación de gases de efecto invernadero durante todo el proceso productivo se consigue restar un total de 818 kg de CO<sub>2</sub> de la fabricación de tableros MDF a la atmósfera.

## 5 CONCLUSIONES

Dentro del sector de la construcción la utilización de la metodología ACV resulta compleja, sobre todo si se trata del estudio de un edificio y no de un producto, debido a su diversidad de materiales, funciones, su comportamiento durante su vida útil y el carácter único de cada edificio que no permite la estandarización al igual que otros productos.

Existe un aumento notable de la preocupación por la sostenibilidad y la realización de estudios ambientales en el sector pero aún sigue existiendo desconocimiento sobre el impacto ambiental sobre todo de las actividades previas (extracción y transporte) y las finales (disposición final, deconstrucción) provocando que la metodología de ACV no se emplee tanto como en otras industrias.

Esto no ocurre en industrias donde se obtiene un único producto, ya que es mucho más fácil valorar los impactos ambientales provocados por las entradas y salidas de flujo a un proceso de fabricación de un producto que de un edificio entero (es la suma de muchos productos y con entradas y salidas de flujo que pueden variar mucho a lo largo de su ciclo de vida).

Gracias a la expansión de esta metodología han surgido herramientas informáticas que facilitan el estudio del ACV, que cuentan unas bases de datos, en ocasiones con limitaciones ya que no existen muchos datos de materiales empleados en la construcción, que permiten agilizar el proceso de recopilación de datos e información. Estas herramientas son ideales para el estudio completo de ACV de un producto o un sistema de producto (contemplando todas las etapas “de cuna a tumba”) pero todavía no están capacitadas para hacer un estudio de todas las etapas de un edificio. Además algunas de estas herramientas solo pueden ser utilizadas por personal especializado por su difícil comprensión, lo que dificulta aún más su uso en la construcción.

En cuanto a un producto en concreto, en el caso de este trabajo la madera, sus características intrínsecas lo hacen ideal para su utilización como material de construcción y también lo convierten en un material sostenible debido a que su procesado, siempre que la madera provenga de bosques sostenibles, es mucho menos perjudicial para el medioambiente que el de otros materiales, como el acero y el hormigón.

Si se sustituyen otros materiales que requieren en su fabricación altos valores de consumo de energía y combustibles fósiles por productos de madera o productos derivados de la madera se consigue una disminución de las fuentes de carbono y además aumenta el sumidero de carbono, por su capacidad retenedora de CO<sub>2</sub>.

El estudio del caso práctico para un producto derivado de la madera, como son los tableros de densidad media tanto recubiertos de melamina como no, permite a la empresa conocer las posibilidades reales de reducir el consumo energético, rebajar las emisiones y disminuir la huella de carbono de su producto.

A partir de la realización del ACV se puede obtener la Declaración Ambiental de Producto (etiqueta ecológica de tipo III) dando así una garantía a los compradores y usuarios que están comprando un producto diferenciado, verdaderamente más sostenible que otros productos iguales, que no cumplen las exigencias medioambientales.

Por todo ello, se constata la metodología de ACV como una herramienta valiosa a la hora de afrontar dificultades derivadas con impactos ambientales y detectar potenciales de mejora para poder desarrollar planes estratégicos de diferenciación e innovación del producto basados en la variable ambiental.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 LIBROS

CASSINELLO PÉREZ, F. 1991. *Construcción Carpintería*. España: Rueda. ISBN: 84-604-0450-1.

CASTELLS PIQUÉ, F.; RIERADEBALL PONS, J. 2005. *Innovation by Life Cycle Management LCM 2005 International Conference*. 1º ed. Barcelona, España: Gráficas Font. ISBN VOLUMEN I: 84-609-6566-X.

CASTELLS PIQUÉ, F.; RIERADEBALL PONS, J. 2005. *Innovation by Life Cycle Management LCM 2005 International Conference*. 1º ed. Barcelona, España: Gráficas Font. ISBN VOLUMEN II: 84-609-65-67-8-X.

DOMÉNECH QUESADA, J.L, 2009. *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. 2º ed. España: AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). ISBN: 978-84-8143-656-3.

FERNÁNDEZ-GOLFIN SECO, J.I.; DÍEZ BARRA, M.R; HERMOSO PRIETO, E.; MIER PÉREZ, R.; INIA-LABORATORIO DE ESTRUCTURAS 2003. *Manual de clasificación de madera*. 1º ed. España: AITIM (Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera). ISBN: 84-87381-26-X.

FULLANA, P.; PUIG, R., 1997. *Análisis del ciclo de vida*. 1º ed. Barcelona, España: Rubes Editorial, S.L. ISBN: 84-497-0070-1.

GARCÍA ESTEBAN, L.; GUINDEO CASASÚS, A.; PERAZA ORAMAS, C.; DE PALACIOS DE PALACIOS, P. 2003. *La madera y su anatomía*. 1º ed. Madrid, España: Artes Gráficas Palermo, S.L. ISBN: 84-86793-91-2.

PERAZA SÁNCHEZ, F.; ARRIAGA MARTITEGUI, F.; PERAZA, J.E. 2004. *Tableros de madera de uso estructural*. 1º ed. Madrid, España: Artes Gráficas Palermo, S.L. ISBN: 84-87381-28-6.

PERAZA SÁNCHEZ, F.; PERAZA SÁNCHEZ, J.E. 2003. *Marcado CE para tableros y casas de madera*. 1º ed. Madrid, España: Artes Gráficas Palermo, S.L. ISBN: 84-87381-27-8.

SPIEGEL, R.; MEADOWS, D. 1999. *Green building materials. A guide to product selection and specification*. 1º ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc. ISBN: 0-471-29133-1.

VIGNOTE PEÑA, S.; MARTÍNEZ ROJAS, I. 2006. *Tecnología de la madera*. 3º ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. p. 678. ISBN: 84-8476-263-7.

ZÚÑIGA LÓPEZ, D.I.; RUIZ AMADOR, D.D 2012. *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono*. 1º ed. España: UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia). ISBN: 978-84-362-6563-7.

### 6.2 NORMATIVA

AENOR, 1999. UNE-EN ISO 14024:1999. *Etiquetas y declaraciones medioambientales. Etiquetado ambiental de tipo I. Principios y procedimientos*. Madrid: Aenor.

AENOR, 2000. UNE-EN ISO 14020:2000. *Etiquetas y declaraciones medioambientales. Principios Generales*. Madrid: Aenor.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

- AENOR, 2004. UNE-EN ISO 14322:2004. *Tableros derivados de la madera. Tableros revestidos con melamina para utilización interior. Definición, requisitos y clasificación.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2006. UNE-EN ISO 13986:2006. *Tableros derivados de la madera para utilización en la construcción. Características, evaluación de la conformidad y marcado.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2006. UNE-EN ISO 14025:2006. *Etiquetas y declaraciones medioambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2006. UNE-EN ISO 14040:2006. *Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2006. UNE-EN ISO 14044:2006. *Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2010. UNE-EN ISO 622-1:2004. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 1: Requisitos generales.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2010. UNE-EN ISO 622-5:2010. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 5: Requisitos de los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF).* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2011. UNE-EN ISO 14006:2011. *Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2012. ISO/TR 14047:2012. *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la norma ISO 14044 a situaciones de evaluación de impacto.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2012. ISO/TR 14048:2012. *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Formato de documentación de datos.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2012. ISO/TR 14049:2012. *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la norma ISO 14044 para la definición de objetivo y alcance y el análisis de inventario.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2012. UNE-EN ISO 14045:2012. *Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia de los sistemas de productos. Principios, requisitos y directrices.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2012. UNE-EN ISO 15978:2012. *Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento de los edificios. Métodos de cálculo.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2013. UNE-EN ISO 14067:2013. *Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de los productos. Requisitos y directrices para la cuantificación y la comunicación.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2014. UNE-EN ISO 16449:2014. *Huella Madera y productos derivados de la madera. Cálculo del contenido en carbono biogénico de la madera y conversión en dióxido de carbono.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2015. UNE-EN ISO 14001:2015. *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.* Madrid: Aenor.
- AENOR, 2016. UNE-EN ISO 14021:2016. *Etiquetas y declaraciones medioambientales. Declaraciones ambientales autodeclaradas (etiquetado ambiental tipo II). Principios y procedimientos.* Madrid: Aenor.

### 6.3 TESIS DOCTORALES Y TRABAJOS FIN DE ESTUDIOS

RIVELA CARBALLAL, B. 2012. *Propuesta metodológica de aplicación sectorial de análisis de ciclo de vida (ACV) para la evaluación ambiental de la edificación en España* (tesis doctoral en línea). César BEDOYA FRUTOS; Alfonso GARCÍA SANTOS, directores. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/292734116/Tesis-Doctoral-Beatriz-Rivela>.

DE LA RUA LOPE, C. 2009. *Desarrollo de la herramienta integrada "Análisis de Ciclo de Vida - Input Output" para España y aplicación a tecnologías energéticas avanzadas* (tesis doctoral). Yolanda LECHÓN PÉREZ, directora. Universidad Politécnica de Madrid Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79583>

CARDIM DE CARVALHO FILHO, A. 2001. *Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento. Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento* (tesis doctoral en línea). Antonio AGUADO DE CEA; Alejandro JOSA GARCÍA-TORNEL, directores. Universidad politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/93218>.

BELLART, M.; MESA, S. 2009. *Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción* (trabajo fin de grado en línea). Judith RAMÍREZ CASAS; Montserrat BOSCH GONZÁLEZ, directores. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Edificación de Barcelona- Arquitectura Técnica. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/7360>.

GARCÍA-MARTÍNEZ, A., 2010. *Análisis del ciclo de vida (ACV) de edificios: propuesta metodológica para la elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía* (tesis doctoral). Carmen LLATAS, directora. Universidad de Sevilla. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=23910> .

ROCA GARCIANDIA, M. 2014. *Comparativa de Análisis de Ciclo de Vida de dos tipos de puente de carretera: puente de hormigón y puente metálico* (trabajo fin de grado en línea). Rolando Antonio CHACÓN FLORES, director. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/22611>.

### 6.4 ARTÍCULOS DE REVISTAS

AGUILAR, H.A.L., et al, 2016. Life cycle assessment of regional brick manufacture. *Materiales de construcción*, no. 322 (consulta: 16 Mayo 2017), pp. 5. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5498289>. ISSN: 0465-2746.

ALVAREZ-UDE, L., 2003. Edificación y desarrollo sostenible. GBC: un método para la evaluación ambiental de edificios. *Informes de la construcción*, vol. 55, no. 486, (consulta: 1 Mayo 2017), pp. 63-70. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/articulo/view/556/631>. ISSN: 0020-0883.

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

LANCHAS, D. 2015. Características de la madera como material de construcción (en línea). *Arquitectura y madera* (consulta: 16 Mayo 2017). Esinal Ediciones. Disponible en: <http://www.arquitectura-madera.com/revistas/01/AM01.pdf>

ARANA-LANDN, G., CILLERUELO, E. y ALDASORO, J.C., 2012. ISO 14006. Experiencias previas de estudios de arquitectura que han adoptado el estándar de ecodiseño UNE 150301:2003. *Informes de la construcción*, vol. 64, no. 527, (consulta: 10 Marzo 2017), pp. 319330. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.11.010>. ISSN: 0020-0883.

WILVER CONTRERAS, M.; CLOQUELL BALLESTER, V.; OWEN DE CONTRERAS, M. E. 2007. Alcances y limitaciones del uso del método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para la evaluación de impactos medioambientales en la industria forestal. Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. Disponible en: Anexos.

### 6.5 SITIOS WEB, ARCHIVOS EN LÍNEA Y VÍDEOS

*Análisis y Gestión Ambiental* (en línea). Universidad Politécnica de Barcelona, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (consulta: 24 Enero 2017). Disponible en: [https://portal.camins.upc.edu/materials\\_guia/250504/2013/1.4.%20An%C3%A1lisis%20de%20ciclo%20de%20vida.pdf](https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2013/1.4.%20An%C3%A1lisis%20de%20ciclo%20de%20vida.pdf)

ARQHYS ARQUITECTURA, 2012. *Propiedades de la madera* (sitio web). (consulta: 4 Marzo 2017). Disponible en: <http://www.arqhys.com/contenidos/madera-propiedades.html>

Bermejo Presa, N. 2016. Integración de datos ambientales de producto en el análisis de ciclo de vida del edificio. Instituto Eduardo Torroja. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=WeFs16sfbqo>

CARABAÑO RODRÍGUEZ, R., 2014. *La metodología del análisis de ciclo de vida para la evaluación del impacto ambiental en el sector de la construcción: estado del arte* (en línea). I Congreso Internacional sobre investigación en Construcción y Tecnología Arquitectónicas (consulta: 24 Enero 2017). Disponible en: [http://oa.upm.es/32499/1/INVE\\_MEM\\_2014\\_177954.pdf](http://oa.upm.es/32499/1/INVE_MEM_2014_177954.pdf) .

CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, 2012. *Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al sector de la edificación*. Proyecto EnerBuiLCA (Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings) (en línea). (consulta: 2 Febrero 2017). Disponible en: <http://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/B111DBEF-C019-2BB8-348B-86B2596FD140.pdf>

Comisión de las Comunidades Europeas, 2001. Libro verde. Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas (en línea). (consulta: 25 Enero 2017). Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/deve/20020122/com\(2001\)366\\_es.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/deve/20020122/com(2001)366_es.pdf)

Conde García, M. UCO 2016. *Construcción sostenible con madera* (en línea). Instituto Eduardo Torroja. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=24Nao\\_hSJSs](https://www.youtube.com/watch?v=24Nao_hSJSs)

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO, 1992. *Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo* (en línea). (Consulta: 13 Enero 2017). Disponible en: [http://www.cedaf.org.do/eventos/forestal/Legislacion/Inst\\_internac/DECLARACION\\_RIO.pdf](http://www.cedaf.org.do/eventos/forestal/Legislacion/Inst_internac/DECLARACION_RIO.pdf)



## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

DE JAEGER, F.; VAN RIET, C.; VADEWEGHE, K.; WIJNENDAELE, K.; CEI-BOIS, 2006. *Frente al Cambio Climático: Utiliza Madera (en línea)*. 3º ed. ANFTA (Asociación Nacional Fabricantes de Tableros) (consulta 2 de Marzo de 2017). Disponible en: <http://www.cismadeira.com/castelan/publicaciones/frente-al-cambio-climatico-utiliza-madera.html>

FINSA, 2012. *Ficha técnica y EPD de tableros MDF*. Disponible en: [http://www.finsa.com/cs/Satellite?c=Page&catid=1426723734107&cid=1422354856320&idIoMaNav=es\\_ES&pagename=FN\\_CatalogoProductos%2FPage%2FFN\\_PTPortadaDescargas](http://www.finsa.com/cs/Satellite?c=Page&catid=1426723734107&cid=1422354856320&idIoMaNav=es_ES&pagename=FN_CatalogoProductos%2FPage%2FFN_PTPortadaDescargas)

GBCe (Green Building Council España). *GBCe y la Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático firman un convenio de colaboración* (sitio web). (consulta: 24 Enero 2017). Disponible en: <http://www.gbce.es/es/noticia/gbce-y-la-catedra-unesco-de-ciclo-de-vida-y-cambio-climatico-firman-un-convenio-de-colaborac>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2011. *World Energy Outlook 2011* (sitio web). (consulta: 12 Enero 2017). Disponible en: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo-2011.html>

KNAUFINSULATION, 2016. *La importancia del Análisis de Ciclo de Vida* (sitio web). (consulta: 24 Enero 2017). Disponible en: <http://www.knaufinsulation.es/content/la-importancia-del-analisis-de-ciclo-de-vida>

LAMANA RIEZNIK, N.; AJA HERNÁNDEZ, A. 2005. *Análisis del ciclo de vida* (en línea). Madrid, España (consulta: 12 Enero 2017). Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html#4>

MADEIRASESTANQUEIRO, S.L. *Proceso de secado de la madera*. Disponible en: [http://www.madeirasestanqueiro.com/pdf/proceso\\_de\\_secado.pdf](http://www.madeirasestanqueiro.com/pdf/proceso_de_secado.pdf)

MADEREA, 2017. *Diferencias entre estructuras de madera, acero y hormigón* (en línea). (consultada: 8 Junio 2017). Disponible en: <https://www.maderea.es/diferencias-entre-estructuras-de-madera-acero-y-hormigon/>

Moreno Martín, J. 2015. *Fabricación tableros aglomerados y MDF (1ª parte)* (en línea). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=m80zcgzU4xY>

Moreno Martín, J. 2015. *Fabricación tableros aglomerados y MDF (2ª parte)* (en línea). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=zgXIKr2bpsc>

PÉREZ, A. 2011. *Conferencia de Estocolmo* (sitio web). Ecologiahoy (consulta: 26 Enero 2017). Disponible en: <http://www.ecologiahoy.com/conferencia-de-estocolmo>

PÍO SANTIAGO PUERTAS; CARMEN GUEVARA SALNICOV; MAYRA ESPINOZA LINARES, 2013. *Manual de transformación de la madera* (en línea). (consulta: 4 Marzo 2017). Disponible en: [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Manual%20de%20transformacion%20de%20la%20madera.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Manual%20de%20transformacion%20de%20la%20madera.pdf)

PNUMA, 2004. *¿Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida?* (en línea). 1º ed. (consulta: 25 Enero 2017). ISBN 92-807-245000-9. Disponible en: [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why\\_take\\_a\\_life\\_cycle\\_approach\\_ES.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why_take_a_life_cycle_approach_ES.pdf)

## CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

RODRÍGUEZ MAZAHUA, N. 2016. Historia y Análisis del Ciclo de Vida de Producto ACV (sitio web). (consulta: 24 Enero 2017). Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/historia-analisis-del-ciclo-vida-producto-acv/>

ROS DOSDÁ, T. 2012. Desarrollo de una herramienta ágil y eficiente para el análisis y la comunicación ambiental (en línea). Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). (consulta: 24 Marzo 2017). Disponible en: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896700057.pdf>

SOCIEDAD DE TOXICOLOGÍA AMBIENTAL Y QUÍMICA, 2017. *Definición de Ciclo de Vida* (sitio web). (consulta: 26 Enero 2017). Disponible en: <http://www.setac.org/>

TKNIKA, 2016. *Madera* (sitio web). POM (consulta: 20 de Mayo). Disponible en: <https://www.tknika.eus/quienes-somos/documentos-estrategicos/>

## **7 ANEXOS**

- FICHA TÉCNICA TABLERO MDF
- DECLARACIÓN AMBIENTAL DE TABLERO MDF
- ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO
- MANUAL EXPLICATIVO DEL ACV APLICADO AL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN
- ALCANCES Y LIMITACIONES DEL USO DEL MÉTODO DE ACV PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA FORESTAL



# FINSA

*soluciones en madera*

FIBRAPAN ®

DATOS TECNICOS-VALORES MEDIOS

Rev:  
02/01/2012

TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES	ESPEORES mm							
			7/9	>9/12	>12/19	>19/30				
EN 323	DENSIDAD (*)	Kg/m <sup>3</sup>	790/750	750/730	730/690	690/675				
EN 319	TRACCION INTERNA	N/mm <sup>2</sup>	0,65	0,65	0,60	0,60				
EN 310	RESISTENCIA FLEXIÓN	N/mm <sup>2</sup>	30	30	30	25				
EN 310	MÓDULO DE ELASTICIDAD	N/mm <sup>2</sup>	2700	2500	2500	2100				
EN 317	HINCHAMIENTO EN AGUA 24 H	%	17	15	12	10				
EN 318	ESTABILIDAD DIMENSIONAL LARGO/ANCHO	%	0,4	0,4	0,4	0,3				
EN 318	ESTABILIDAD DIMENSIONAL ESPESOR	%	6	6	6	5				
EN 311	TRACCION SUPERFICIAL	N/mm <sup>2</sup>	1,2	1,2	1,2	1,2				
EN 382-1	ABSORCIÓN SUPERFICIAL (AMBAS CARAS)	mm	> 150	> 150	> 150	> 150				
EN 322	HUMEDAD	%	7+/-3	7+/-3	7+/-3	7+/-3				
ISO 3340	CONTENIDO EN SILICE	% Peso	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05				
EN-320	RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CANTOS	N	-	-	800	750				
EN-320	RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CARAS	N	-	-	1000	1000				

## TOLERANCIA EN DIMENSIONES NOMINALES

TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES	ESPEORES mm							
			7/9	>9/12	>12/19	>19/30				
EN 324-1	ESPESOR	mm	+/-0,2	+/-0,2	+/-0,2	+/-0,3				
EN-324-1	LONGITUD Y ANCHO	mm	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.				
EN 324-2	ESCUADRADO	mm/m	+/- 2	+/- 2	+/- 2	+/- 2				
EN-324-2	RECTITUD DE BORDE	mm/m	+/-1,5	+/-1,5	+/-1,5	+/-1,5				

(\*) ESTE DATO SE CONSIDERA ORIENTATIVO.

Estos valores físico-mecánicos cumplen/mejoran los valores establecidos en la norma europea EN 622-5:2006, Tabla 3. -Requisitos de los tableros para utilización general en ambiente seco (Tipo MDF).

FIBRAPAN cumple con los requisitos de Clase E1 (analizado según EN 120) definidos en la Norma Europea EN 622-1:2003.

FIBRAPAN está amparado por los Sellos de Calidad de Aitim 9-3-01, 9-3-02, 9-3-03, 9-3-05 y 9-3-06.

FIBRAPAN STRIP cumple con las características físico-mecánicas recogidas en esta ficha.



ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD)






**ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION FOR  
PLAIN MEDIUM DENSITY FIBREBOARDS (MDF) AND FOR  
MELAMINE-COATED MEDIUM DENSITY FIBREBOARDS  
(MDF)**

**Registration No: S-P-00273**



**FINSA**

		<b>Summary Environmental product declaration</b>
EPD® International System Anxo Mourelle Álvarez. EPD Verifier		<b>Verified by</b>
FINANCIERA MADERERA S.A. Carretera (National Road) N-550 km 15890 Santiago de Compostela – A Coruña		<b>Owner's declaration by</b>
<p>The product is Medium density fibreboard (MDF), both plain as well as melamine-coated, commercially designated, in the case of plain boards, as: Fibranor, Fibrapan or Iberpan depending on their thickness); and Fibraplast, in the case of coated boards.</p> <p>The present environmental product declaration complies with standards ISO 14025, ISO 14040, ISO 14044 and describes the environmental features and behaviour of the construction product described herein.</p> <p>Its purpose is to promote compatible and sustainable environmental development of related construction methods.</p> <p>All relevant environmental data are disseminated in the present declaration, which has been submitted to independent validation by a third party.</p> <p>Reference PCR document: PCR 2012:01 Construction products and Construction services v 1.2. Date: 2013-03-15</p>		<b>Construction product declaration</b>
14 <sup>th</sup> May 2017 <sup>(1)</sup> (1) Note: unless there is a variation greater than 10% on the environmental effects in any of the categories of impact.		<b>Validity</b>
This declaration is complete in itself and contains: <ul style="list-style-type: none"> <li>- The product definition and physical data related to the preparation for being used in construction</li> <li>- Details of the base materials and on the origins thereof</li> <li>- Descriptions of how the product is manufactured and the intervening processes</li> <li>- Instructions on how to process the product</li> <li>- Data on the conditions of use, unusual effects, and on the end of the product's life cycle</li> <li>- The results from the total life cycle analysis (the model from cradle to gate B2B)</li> <li>- Evidence, verifications and tests supporting the stated features.</li> </ul>		<b>Contents of the declaration</b>
14 <sup>th</sup> may 2014.		<b>Issuing date</b>
Sergio Blanco. FINSA Business Unit Director		<b>Manufacturer</b>
Anxo Mourelle. EPD Verifier		<b>Verified by</b>
 Sergio Blanco. FINSA Business Unit Director	 Anxo Mourelle Álvarez. EPD Verifier	<b>Signatures</b>

<p>Plain medium density fibreboards (MDF) or melamine-coated fibreboards are panel-like products that comply with standards EN 622-1, EN 622-5 and EN 14322. They are considered reliable products used as raw material for the construction and furniture industry. MDF boards can easily be coated with decorative paper, by resorting to simple technologies.</p>	<b>Product description</b>
<p>MDF boards are homogeneous and provide good results in the most demanding machine work. They are stable, as they keep their form and dimensions despite the changes in environment humidity and temperature.</p> <p>The multiple possibilities they offer in terms of framing, coating and finishing imply a greater quality of the end product and provide greater rationalization in terms of work.</p> <p>With the appropriate coating, they are the ideal support for manufacturing doors, frames, home and office furniture, screens, wall coverings, false ceilings and so on.</p> <p>In smaller thicknesses, it is a high-density board, with good wrap behaviour, and which is very easily stapled and curbed. They have great homogeneity and dimensional stability.</p> <p>These boards have become the strongest allies of different sectors: industrial electronics, backing of items of furniture, curbed structures for furniture and for covering walls, complementary automotive industry, machine packaging, fruit boxes...</p> <p>In greater thicknesses, for architectural applications such as columns, pillars, vaulted passageways, etc. Other possibilities include: shelves, bed heads, steps, benches, interior doors with moulded faces, table legs, etc. They are also used as basic material for wood veneering and PVC coatings.</p>	<b>Applications</b>
<p>The Life Cycle Analysis (LCA) was carried out according to standards ISO 14025; ISO 14040; ISO 14044. Both specific data from the production of the product under analysis as well as the following data bases were used: Ecoinvent 2.1 and the U.S. Life Cycle Inventory (USLCI). The methods used for calculating the categories of impact were as follows: the EPD Method (2008); the Environmental Design of Industrial Products Method (EDIP) 2003, and the Method of Cumulative Energy Demand (CED) v.1.07.</p> <p>The life cycle analysis covers the production of raw materials and energy: the transportation of raw materials, and the actual manufacturing stage, all the way to the shipping stage. The functional unit under consideration is 1 m<sup>3</sup> of plain MDF and 1 m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF.</p>	<b>Scope of application of the LCA</b>
<p>In addition, the environmental product declaration also considers:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- That formaldehyde complies with standard EN 120/EN 717-1 (Aitim Certification)</li> <li>- CARB P2 Certification</li> <li>- NAF Certification</li> </ul>	<b>Other evidence and verifications</b>

**Results**

Plain MDF boards (per m <sup>3</sup> )					
Category	Unidad	A1	A2	A3	Total
Emission of Greenhouse gases	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	181,66	8,39	195,94	385,99
Potential depletion of the ozone layer (PDO)	kg R11 eq/ m <sup>3</sup>	1,67E-05	9,22E-07	1,30E-05	3,06E-5
Potential acidification (PA)	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	2,69	0,03	2,04	4,76
Potential eutrophication (PE)	kg fosfato eq/ m <sup>3</sup>	0,20	0,01	0,21	0,42
Potential formation of photochemical oxidants (PFPO)	kg etileno eq/ m <sup>3</sup>	0,47	3,35E-03	0,17	0,63
Primary energy, non renewable	MJ/ m <sup>3</sup>	6.505,38	122,07	3.620,41	10.247,85
Primary energy, renewable	MJ/ m <sup>3</sup>	57,55	0,15	6.502,57	6.560,27
Electricity consumption	Kwh/ m <sup>3</sup>	50,42	0,00	383,64	434,07

Coated MDF boards (per m <sup>2</sup> )					
Category	Unit	A1	A2	A3	Total
Emission of Greenhouse gases	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	0,79	0,03	0,80	1,62
Potential depletion of the ozone layer (PDO)	kg R11 eq/ m <sup>2</sup>	6,81E-08	3,67E-09	5,28E-08	1,25E-7
Potential acidification (PA)	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	1,09E-02	1,31E-04	8,24E-03	1,92E-2
Potential eutrophication (PE)	kg fosfato eq/ m <sup>2</sup>	8,58E-04	2,72E-05	8,38E-04	1,72E-3
Potential formation of photochemical oxidants (PFPO)	kg etileno eq/ m <sup>2</sup>	1,88E-03	1,33E-05	6,65E-04	2,56E-3
Primary energy, non renewable	MJ/ m <sup>2</sup>	29,42	0,49	14,75	44,66
Primary energy, renewable	MJ/ m <sup>2</sup>	1,76	1,14E-04	25,67	27,43
Electricity consumption	Kwh/ m <sup>2</sup>	0,23	0,00	1,56	1,79



Table of contents:

1. Description of the manufacturing company .....	6
1.1 Tradition and innovation .....	6
1.2 Entrepreneurial experience .....	6
1.3 Future vision .....	6
1.4 Focus on the customer .....	6
1.5 Social responsibility .....	6
1.6 The environment .....	6
1.7 Scope of application of the Declaration .....	7
2. Product definition .....	7
2.1 Product definition .....	7
2.2 Planned applications .....	7
2.3 Main product standards .....	8
2.4 Accreditations and certifications .....	8
2.5 Tests and verifications .....	8
3. Raw materials and composition .....	8
3.1 Primary and secondary materials, and additives .....	8
3.2 Extraction and origin of raw materials: .....	9
3.3 Local and general availability of raw materials .....	9
4. Manufacturing process. Key processes (Core Business).....	9
4.1 The different stages of the manufacturing process: .....	9
4.2 Health and safety during production.....	10
4.3 Environmental protection throughout the process.....	10
5. Conditions of use.....	10
5.1 Components.....	10
5.2 Environment–Health interactions .....	10
5.3 Useful life .....	11
6. End of life of the product .....	11
7. Principles and criteria for product Life Cycle Analysis (LCA).....	11
7.1 Definition of functional unit.....	11
7.2 System limits.....	11
7.3 Inclusion of transportation and logistics .....	11
7.4 Period of reference for life cycle analysis .....	11
7.5 Background.....	11
7.6 Criteria for calculating the life cycle analysis .....	11
7.7 Data quality .....	12
7.8 Allocation and interpretation criteria.....	12



8. Results from the Life Cycle Analysis .....	12
8.1 Life cycle inventory .....	12
8.2 Use of resources.....	23
8.3 Consumption of primary energy during the life cycle .....	23
8.4 Related waste production .....	23
9. Other additional environmental information: Balance of GHG emissions.....	23
10. Validity of the declaration .....	25
11. Verification .....	25
12. Annexes .....	26
12.1 Life Cycle Model .....	26
12.2 Technical features and Standard Formats.....	26
12.3 REACH declaration .....	26
12.4 Customer compliance declaration.....	27
12.5 Commitment letter .....	28
12.6 Managing finished products .....	29
12.7 Uncommon effects .....	29
12.8 References .....	30
12.9 Product pictures .....	25

## 1. Description of the manufacturing company

### 1.1 Tradition and innovation

Finisa is a pioneering company in manufacturing particle chip boards and MDF boards on the Iberian Peninsula.

The company, founded in 1931 as a small saw mill, has kept up sustainable growth even since.

FINSA currently manufactures a wide variety of wood-based products. Over the last few years, investment has focused mostly on expanding the company's international presence and on increasing its production capacity, especially in products with high added value within the technical wood processing chain: particle chip boards and melamine-coated MDF boards, plywood, veneered wood, frames, kitchen modules, components for furniture, laminate floors, etc.

Thanks to this, FINSA is now a world leader in the sector.

With great enthusiasm grounded in years of experience in the development of wood-based products, we would like you to take advantage of the opportunity to use technical wood boards in your projects and share our investment in the future of this material.



### 1.2 Entrepreneurial experience

Backed by 60 years dedicated to wood-based products, we are one of the leading companies in Europe.

We have twenty production centres and the most advanced technology in order to ensure the highest level of quality.

We boast a highly qualified human capital who identify with our company's values.



### 1.3 Future vision

A strong investment in innovation and an environmental policy based on sustainable development.

### 1.4 Focus on the customer

A swift and reliable logistics network: 450 vehicles out on the road daily.

Wood solutions designs that adapt to the needs of the market.

An entrepreneurial spirit: ready to learn, to improve and to take up new challenges in order to offer greater value to our customers every day.

### 1.5 Social responsibility

FINSA's commitment towards sustainable growth extends beyond the limits of our manufacturing facilities.

From Nature we get wood, our main raw material, and so our obligation is to respect it and protect it.

We develop initiatives regarding the collaboration with other public and private organizations that foster the protection and efficient management of forests.

### 1.6 The environment

Through our Environmental Policy we are actively committed to environmental protection.

We want the environmental impact of our manufacturing processes to be as small as possible.



As a result, we are one of the cleanest industries: we generate more energy than we consume processing our products.

Our production processes are optimized in order to achieve the maximum level of energy savings through cogeneration (by taking advantage of the energy and heat produced by the production facilities themselves) and achieve a minimum level of waste.

In addition, the waste generated by our activity and which has no other use is used for generating energy through our biomass production facilities, both in our own production processes in the plant as well as during the stage of use.

The life cycle model is the model specified below:



### 1.7 Scope of application of the Declaration

The present document applies to plain medium density fibreboards (MDF) and to melamine-coated MDF boards, manufactured by the Finsa Group. One of its most representative plants is located at:

FINANCIERA MADERERA S.A.

Polígono Industrial de Rábade (Industrial Site)

(Apdo. 6)

27370 Rábade (Lugo)

Spain

## 2. Product definition

### 2.1 Product definition

Medium density fibreboards (MDF) are products manufactured from lignocellulose fibres obtained from carefully selected wood, bonded together with synthetic resins under pressure at high temperatures. The result is a reliable product which is used as raw material for the furniture and construction industry.

Plain MDF boards and melamine-coated MDF boards comply with standards EN 622-1, EN 622-5 and EN 14322. For a neat finishing, they can be easily coated with decorative papers, impregnated with melamine, using simple technologies.

These MDF boards are classified into different types according to the requirements set forth under standard EN 622-5, both according to their use (structural or non structural), and according to the type of environment where they are used (dry and humid).

### 2.2 Planned applications

MDF boards are homogeneous and provide good results in the most demanding types of machine work. They are stable, as they keep their form and dimensions despite changes in humidity and temperature in the environment.

The multiple possibilities they offer in terms of framing, coating and finishing imply greater quality of the end product and provide greater rationalization in terms of work.

With the appropriate coating, they are the ideal support for manufacturing doors, frames, home and office furniture, screens, wall coverings, false ceilings and so on.

In smaller thicknesses, they are high-density boards, with good wrap behaviour and very easily stapled and curbed. They have great homogeneity and dimensional stability.

They have become the strongest ally of various sectors: industrial electronics, backing for pieces of furniture, curved structures for furniture and for covering walls, complementary automotive industry, machine packaging, fruit boxes...

In greater thicknesses, they can be used for architectural applications such as columns, pillars, vaulted passageways, etc. Other possibilities include: shelves, bed heads, steps, benches, interior doors with moulded faces, table legs, etc. They are also used as basic material for wood veneering and PVC coatings.

### 2.3 Main product standards

UNE-EN 622-1:2004 - Fibreboards. Specifications. Part 1: General requirements.

UNE-EN 622-5:2010 - Fibreboards. Specifications. Part 5: Requirements for fibreboards manufactured using dry processes (MDF).

UNE-EN 14322:2004 – Wood-derived boards. Melamine-coated boards for indoor use. Definition, requirements and classification.

UNE-EN 13986:2006 – Wood-derived boards for use in construction. Characteristics, conformity and brand evaluation.

### 2.4 Accreditations and certifications

CE marking according to standard EN 13986 –AENOR certification, if applicable.

Aitim Certification 9-3-05/E1 Medium density fibreboards (MDF) for furniture and carpentry.

Aitim Certification 9-6-01 Melamine boards for indoor applications.

Certification of the custody chain PEFC/1435-00006

Certification of the custody chain FSC: Certificate Code: TT-COC-003279

Possible Certification CARB Phase 2 and NAF Certification (with no added formaldehyde)

EN ISO 14001 – IQNet & AENOR

### 2.5 Tests and verifications

Formaldehyde:

Plain MDF boards have AITIM quality certification confirming that they comply with all Class E1 requirements (analyzed according to standard EN 120) defined under European Standard EN 622-1:2004.

AITIM Quality Certification:

Aitim Certification 9-3-05/E1 Medium density fibreboards –MDF- for furniture and carpentry.

MDF boards quality E-Z have Certificate of Conformity with CARB phase 2 of formaldehyde emissions, based on standard ASTM E 1333-96 (2002). In addition, the formaldehyde contents of these boards are less than or equal to 3 mg/100 g for dry boards, according to standard EN 120.

Certificate of conformity: Formaldehyde Emission Standard: Phase 2 (0.11 ppm) In compliance with the provisions of California Code Regulation 93120 concerning Airbone Toxic

Control Measures to reduce Formaldehyde Emissions from Composite Products.

MDF boards quality “Exterior” have NAF Certification – ‘No added formaldehyde resins’ according to section 93120.3, title 17, of the CARB Regulation.

Melamine-coated MDF boards have AITIM quality certification confirming that they comply with all the requirements of European standard EN 14322.

AITIM Quality Certification:

Aitim Certification 9-6-01 Melamine boards for indoor applications.

## 3. Raw materials and composition

### 3.1 Primary and secondary materials, and additives

MDF boards with thicknesses ranging from 1.8 mm to 70 mm with an average density of 700 kg/m<sup>3</sup>, have the following make-up:

Wood (mainly pine and eucalyptus wood used): 80-88%

Recycled material is identified in accordance with the standard EN 14021

Resin Urea – Formaldehyde: 6-10%

Water: 5%-9%

Paraffin emulsion: 0,2%-0,6 %

Paper impregnated with MUF resins: 160 g/m<sup>2</sup>

Wood: The production of MDF boards uses only green timber, most of which is pine and eucalyptus wood, as well as waste from sawmills.

UF Glue: consists of a urea-formaldehyde resin.

Paraffin emulsion: a paraffin emulsion is added to the formulation during the bonding process, thus enhancing the boards' water resistance.

Resin from melamine-urea-formaldehyde: resin for impregnating decorative paper.

During the board's pressing process resin fully hardens and generates a smooth, hard and resistant surface, upon which the paper can be applied, in the case of coated boards.

NOTE: FINSA raw materials do not require registration under the REACH Regulation.

### 3.2 Extraction and origin of raw materials:

Wood comes predominantly from regional forest areas. This wood comes from forests situated within a radius of approx. 100 km from the production site. Transportation distances tend to be small in order to keep to a bare minimum, all logistic costs with the acquisition of raw materials.

Preference is given to forests certified according to the FSC or PEFC standards in the wood selection process.

PEFC and FSC certified products can be supplied upon request.

The adhesive agents and impregnation resins or, if such is the case, the raw materials for their production, come from suppliers situated no further than 150 km away from the production site.

### 3.3 Local and general availability of raw materials

The wood used in the production of MDF boards is obtained first and foremost from sustainably managed forests. The forest areas from where wood is collected may be forests owned by the company, or private forest areas situated close to the MDF production facilities. Wood selection includes green timber from forest

clearing and forestry, as well as waste from saw mills (wood chips).

All resin used, as well as the paraffin emulsion, are synthesized in manufacturing facilities belonging to the Group.

## 4. Manufacturing process. Key processes (Core Business)

### 4.1 The different stages of the manufacturing process:

Manufacture of plain particle boards:

1. Debarking the wood trunks
2. Chipping and grinding the wood
3. Cleaning the wood chips and the feeding system from the wood storage
4. Steam digestion of wood chips
5. Refining and de-fibreing
6. Bonding the fibres with resins
7. Drying the fibres in approx. 2-3% of residual contents of humidity
8. Transportation and internal storage of fibres
9. Formation of fibre sheets
10. Compressing the fibre sheets using continuous hot pressing
11. Cutting and edging the fibre strips in order to obtain the required board sizes
12. Sanding the upper and lower surfaces
13. Intermediate storage and packing

From the plain MDF board, the following stages are added in the coating lines:

1. Placing the impregnated paper on the top / lower side of the board surfaces (Forming the 'Sandwich').
2. Hot pressing
3. Trimming the extra paper on the edges after pressing

4. Classification and piling
5. Packing the product and preparation for shipping.

All waste generated during the production process (waste from cutting the boards, chip waste, and debarking or sanding waste) and which can no longer be reused in the process, is, without exception, forwarded to a thermal reusing process. It is kept in storage in the wood park and fed from the wood park along with the stored material that was purchased in the market.

#### 4.2 Health and safety during production

Throughout the whole process, FINSA's production centre adopts preventative measures for workers enforced by the existing standards. As well as preventative measures, this includes regular control of exposure according to the types of risks.

The results obtained are well below the limit values set forth by law and are supervised by the competent authorities.

#### 4.3 Environmental protection throughout the process

The production centre complies with all authorizations and permits defined by Law, issued by environmental authorities, both with an integrated nature as well as in relation to the protection of the various aspects.

Emissions into the atmosphere: the installation cleanses the exhaust gases from each process to values well below the limit values for emissions. Quality control of the environmental air is supervised by the official surveillance network for air quality. Whenever applicable, FINSA demands that its suppliers provide evidence that they comply with the legal requirements for the value chain.

Water and soil protection: this is a process with a scarce water flow and there is a treatment station for processing all the waters which are then returned to the environment within the limit values set forth by the environmental authorities.

There are protection systems for drainage waters, both for the wood parks and for the plant.

The soils are impermeable and have secondary retention tanks. Additionally, in the chemical storage warehouses, all applicable standards are complied with.



Protection against noise and vibrations: prevention and protection measures have been adapted to guarantee that all legal requirements that have been defined are complied with, both within and outside the facilities.

## 5. Conditions of use

### 5.1 Components

The components of the plain and melamine-coated MDF boards correspond to those specified under the item "raw materials". The bonding agents are chemically inert and are strongly bonded to the wood by gelification. Formaldehyde emissions are negligible (at least all boards manufactured by FINSA comply with class E1).

### 5.2 Environment–Health interactions

Environmental protection:

According to the present state of knowledge, with the appropriate use of the product described there are no risks for water, air or soil.

Health protection:

Health aspects: No health-related damage or limitations are expected under normal conditions of use, as provided for MDF boards. Natural substances present in natural timber could be released in small amounts. With the exception of small amounts of formaldehyde, which are harmless to human health, no emissions of contaminants are detected.

### 5.3 Useful life

Useful life under conditions of common use is defined through the class of application set forth for the product according to standard EN 622-5.

## 6. End of life of the product

**Reuse:** For example, at the end of a stage of use of a given building, the boards can be separated and can be reused for the same applications.

**Recovery/Recycling:** For example, at the end of a stage of use of a given building, the boards can be separated and can be reused for applications that differ from their original applications.

**Power Generation:** All wooden boards should be reused or recycled whenever possible. Whenever this is not possible, their end of life shall be the generation of power at a biomass plant, which is always preferable to sending them to a landfill.

## 7. Principles and criteria for product Life Cycle Analysis (LCA)

### 7.1 Definition of functional unit

For this EPD, the concept of "unit declared" applies instead of "functional unit", following the guidelines established in the reference PCR, since the use phase and end of life are not included within the scope of this environmental product declaration.

The present declaration refers to the manufacture of a cubic meter of plain MDF boards and one m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF boards, with average characteristics.

The average density is 840 kg/m<sup>3</sup> (± 20 Kg, with relative humidity of around 7 %)

### 7.2 System limits

The limits that have been selected for the system cover the manufacture of melamine-coated MDF boards including the production of raw materials up to the point of the final packed product at the factory gate (life cycle designated from cradle to gate).

The Ecoinvent's database was consulted throughout the whole life cycle analysis.

The processes observed in detail were as follows:

- The forest stage, for wood procurement and transportation

- The transportation of all relevant raw materials for the process.
- The manufacturing process of plain MDF boards and melamine-coated MDF boards.
- The packing process and thermal use as the final closure of the life cycle.
- Infrastructure processes fall outside the scope of the system.

The stage related to the use of plain MDF boards and melamine-coated MDF boards has not been researched in the present declaration. It is assumed that the end of the life cycle is energy recovery at a biomass plant (considered as the closure of the cycle: from cradle to grave).

Note on the stage of use: the conditions of use, as well as any possible uncommon effects associated with it, were not studied when valuing the life cycle analysis.

### 7.3 Inclusion of transportation and logistics

The transportation of raw materials and secondary materials that were used, as well as the transportation of the waste that was generated, were also included in the study.

### 7.4 Period of reference for life cycle analysis

The data used refers to actual production processes during the fiscal year from 01/01/2012 to 31/12/2012. The life cycle evaluation was prepared for Spain as the area of reference.

### 7.5 Background

The global analysis software, "SimaPro 7" was used to model the life cycle. All the relevant data to manufacturing and waste disposal were taken from the software database.

### 7.6 Criteria for calculating the life cycle analysis

The results from the life cycle analysis are based on the following assumptions:

Transportation of all raw materials and / or secondary materials is calculated according to the means of transportation that were used, using data from the SimPro program database.



The invoices from the power supply companies were considered for calculating the power supply used in the manufacturing process.

All waste that is generated during production and which cannot be re-circulated into the process (cutting and milling waste) is sent to be used as fuel for the biomass boiler.

The closure of the life cycle is assumed to be the thermal use of waste at a biomass generation plant.

### 7.7 Data quality

The data used are less than 5 years old.

All data were obtained directly from FINSA facilities and from suppliers. In order to assess in detail the quality of the data in use, a dual exercise was carried out:

Identification of the primary/secondary nature of each data.

Maximum percentage in mass/energy for any category of impact per stage of the most relevant data.

After analyzing the data, it was concluded that they are very representative and comply with 90% of the primary data required by the applicable standards and regulations.

In addition, it is inferred that the stages with greater weight in terms of the environmental footprint are as follows: Stage of energy source, Stage of environmental impact, Stage of glue supply, and drying stage.

### 7.8 Allocation and interpretation criteria

Allocation refers to the allocation of input and output flows to and from a product life cycle module that is being researched according to the criteria set forth under standard ISO 14040.

Waste materials from the process, such as wood waste, are used as a source of energy via a biomass boiler. In order to calculate combustion levels, the databases from Ecoinvent 2.1 and U.S. Life Cycle Inventory (USLCI) have been used.

Allocation of the different factors of the categories of impact that were studied in the case of electricity consumption was calculated based on the Spanish average for electricity sources. Calculation of emissions (for instance, CO<sub>2</sub>, HCl, SO<sub>2</sub> or particles), depending

on inputs, was carried out based on emission controls performed periodically at the facilities, as required by the applicable environmental standards and according to the volume of exhaust gases from the emission sources.

The categories of impact that were considered for impact assessment associated with the production of wooden boards are as follows:

- Emission of greenhouse gases
- Potential depletion of the ozone layer (PDO)
- Potential acidification (PA)
- Potential eutrophication (PE)
- Potential formation of photochemical oxidants (PFPO)
- Primary energy, non renewable
- Primary energy, renewable
- Consumption of electricity

## 8. Results from the Life Cycle Analysis

The following chapter assesses the product life cycle inventory in relation to the consumption of primary energy and waste; below is a description of the assessment of the categories of impact that were considered.

### 8.1 Life cycle inventory

The life cycle model that was chosen is called "from cradle to gate", covering all the operations from felling timber and cutting the wood required for manufacturing the boards until the fully finished product is obtained.

The data that feed the calculation process represent the manufacturing process of wooden boards for the production period which is indicated in epigraph 7.4. This is mainly primary data for the most part, collected directly from reliable sources that can be divided into the following categories:

- Delivery notes from material delivered or supplied
- Map distances
- Invoices
- Direct measurements
- Counters
- Product data sheets

The actual life cycle analysis is carried out through a spreadsheet, where all the data collected in the inventory are entered and classified, by production stages.

The EPD, the Cumulative Energy Demand (CED) and the EDIP (Environmental Design of Industrial Products) methods are used in order to assign to each data collected, the factors in all categories of impact required for fulfilling the environmental product declaration.

The sum of all data multiplied by each factor of the categories of impact result in the final figure called the ecological footprint.

The following table shows the absolute contributions from manufacturing 1 m<sup>3</sup> of plain MDF boards and 1 m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF boards, for each category of impact set forth in the applicable standards

Plain MDF boards (per m3)					
Category	Unidad	A1	A2	A3	Total
Emission of Greenhouse gases	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	181,66	8,39	195,94	385,99
Potential depletion of the ozone layer (PDO)	kg R11 eq/ m <sup>3</sup>	1,67E-05	9,22E-07	1,30E-05	3,06E-5
Potential acidification (PA)	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	2,69	0,03	2,04	4,76
Potential eutrophication (PE)	kg fosfato eq/ m <sup>3</sup>	0,20	0,01	0,21	0,42
Potential formation of photochemical oxidants (PFPO)	kg etileno eq/ m <sup>3</sup>	0,47	3,35E-03	0,17	0,63
Primary energy, non renewable	MJ/ m <sup>3</sup>	6.505,38	122,07	3.620,41	10.247,85
Primary energy, renewable	MJ/ m <sup>3</sup>	57,55	0,15	6.502,57	6.560,27
Electricity consumption	Kwh/ m <sup>3</sup>	50,42	0,00	383,64	434,07

Coated MDF boards (per m <sup>2</sup> )					
Category	Unit	A1	A2	A3	Total
Emission of Greenhouse gases	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	0,79	0,03	0,80	1,62
Potential depletion of the ozone layer (PDO)	kg R11 eq/ m <sup>2</sup>	6,81E-08	3,67E-09	5,28E-08	1,25E-7
Potential acidification (PA)	kg SO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	1,09E-02	1,31E-04	8,24E-03	1,92E-2
Potential eutrophication (PE)	kg fosfato eq/ m <sup>2</sup>	8,58E-04	2,72E-05	8,38E-04	1,72E-3
Potential formation of photochemical oxidants (PFPO)	kg etileno eq/ m <sup>2</sup>	1,88E-03	1,33E-05	6,65E-04	2,56E-3
Primary energy, non renewable	MJ/ m <sup>2</sup>	29,42	0,49	14,75	44,66
Primary energy, renewable	MJ/ m <sup>2</sup>	1,76	1,14E-04	25,67	27,43
Electricity consumption	Kwh/ m <sup>2</sup>	0,23	0,00	1,56	1,79

**Table 5. Categories of impact for manufacturing 1 m3 of plain MDF board and 1 m2 of melamine-coated MDF board:**

## 8.2 Use of resources

The following table shows the use of resources per m<sup>3</sup> of plain MDF board and per m<sup>2</sup> of coated MDF board

**Table 1:** Use of renewable resources (wood) and non renewable resources (glue)

Use of resources	Plain MDF board (per m <sup>3</sup> )		Coated MDF board (per m <sup>2</sup> )	
	Unit	Total	Unit	Total
Consumption of renewable resources (wood)	kg	144,10	kg	0,33
Consumption of non renewable resources (glue)	kg	2017,74	kg	4,68

## 8.3 Consumption of primary energy during the life cycle

The following table shows the total consumption of primary energy (renewable and non renewable) in the production process from cradle to gate:

**Table 2:** Consumption of primary energy for manufacturing 1 m<sup>3</sup> of plain MDF board and 1 m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF board.

Variable under assessment	Plain MDF board (per m <sup>3</sup> )		Coated MDF board (per m <sup>2</sup> )	
	Unit	Total	Unit	Total
Primary energy, non renewable	MJ/m <sup>3</sup>	10.247,85	MJ/m <sup>2</sup>	44,66
Primary energy, renewable	MJ/m <sup>3</sup>	6.560,27	MJ/m <sup>2</sup>	27,43

In both cases, the consumption of non-renewable energy is greater than the consumption of renewable energy.

Table 3 represents the consumption of primary energy for manufacturing 1 m<sup>3</sup> of plain MDF and 1 m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF board; in both cases, these results in higher MJ from the consumption of non-renewable primary energy with energy contents:

**Table 3:** Consumption of primary energy for manufacturing 1 m<sup>3</sup> of MDF and 1 m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF.

Variable under assessment	Plain MDF board (per m <sup>3</sup> )		Coated MDF board (per m <sup>2</sup> )	
	Unit	Total	Unit	Total
Non-renewable primary energy with energy contents	MJ/m <sup>3</sup>	8.818,74	MJ/m <sup>2</sup>	36,70
Renewable primary energy with energy contents	MJ/m <sup>3</sup>	6.254,54	MJ/m <sup>2</sup>	26,16

## 8.4 Related waste production

Calculating the waste produced from manufacturing 1 m<sup>3</sup> of plain MDF board and 1 m<sup>2</sup> of melamine-coated MDF board, includes the total of hazardous and non-hazardous waste:

**Table 4:** Waste generation

Variable under assessment	Plain MDF boards (per m <sup>3</sup> )		Coated MDF boards (per m <sup>2</sup> )	
	Unit	Total	Unit	Total
Non-hazardous Waste	kg	23,59	kg	9,55E-2
Hazardous Waste	kg	0,12	kg	4,68E-04

## 9. Other additional environmental information: Balance of GHG emissions

The amount of CO<sub>2</sub> stored in the product was considered for carrying out this balance, according to prEN 16449.

The used formula for calculating this content of CO<sub>2</sub> is indicated in point 5 of prEN 16449:2013 *Wood and wood-based products - Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide*:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} \times cf \times \frac{\rho_w \times V_w}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

Where:

- $P_{CO_2}$  is the biogenic carbon oxidized as carbon dioxide emission from the product system into the atmosphere (kg)
- $cf$  is the carbon fraction of woody biomass (oven dry mass), 0,5 as the default value
- $\omega$  is the moisture content of the product (5,5 %)
- $\rho_\omega$  is the density of woody biomass of the product at that moisture content ( $kg/m^3$ )
- $V_\omega$  is the volume of the solid wood product at that moisture content ( $m^3$ )

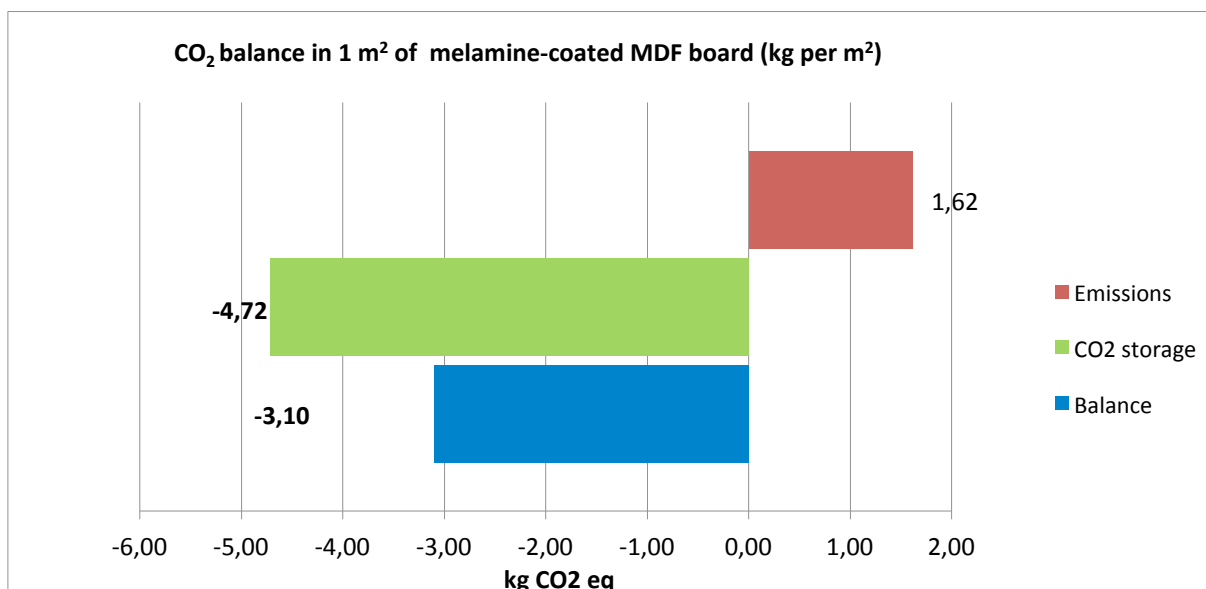
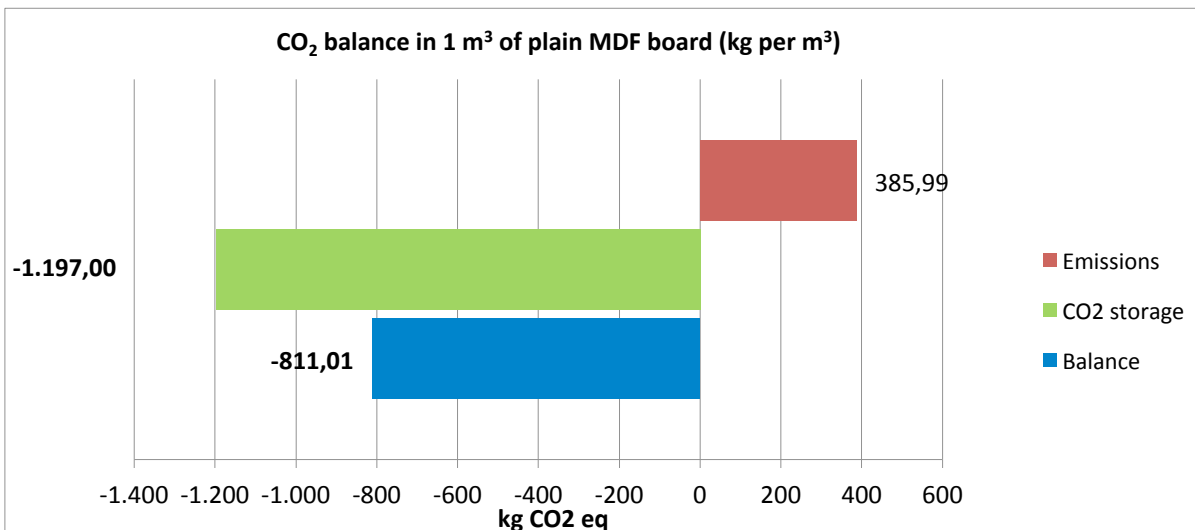
boards it generates 1,62 kg of  $CO_2$  per  $m^2$ .

On the other hand, a total of 1197 kg of  $CO_2$  per  $m^3$  is the biogenic carbon (according to prEN 16449) in plain MDF boards. The overall balance is -811,01 kg  $CO_2$  eq.

A total of 4,72 kg  $CO_2$  per  $m^2$  is the biogenic carbon in MDF boards coated with melamine. The overall balance is -3,10 kg of  $CO_2$  eq.

The  $CO_2$  balance in figure 1, shows that manufacturing one  $m^3$  of plain MDF board generates 385,99 kg of  $CO_2$  per  $m^3$ , and in the case of melamine-coated MDF

**Figure 1.**  $CO_2$  balance in 1  $m^3$  of plain MDF boards and in 1  $m^2$  of melamine-coated MDF boards.

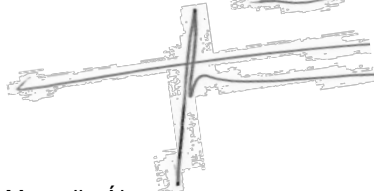


## 10. Validity of the declaration

The validity established for the environmental declaration for medium density fibreboards (MDF), both plain and melamine-coated, is 3 years (until 14<sup>th</sup> may 2017); as the sensitivity of former years has been tested and there are no variations over 10 % regarding the environmental effects in any of the categories of impact.

## 11. Verification

The present declaration has been developed according to standards ISO 14025, ISO 14040, ISO 14044 and EN 15804 serves as the core PCR.

Independent verification according to ISO 14025:	
<input type="checkbox"/> internal	<input checked="" type="checkbox"/> external
Validation of the present declaration by:	
	
Anxo Mourelle Álvarez	

EPD of construction products may not be comparable if they do not comply with EN 15804 and Environmental product declarations within the same product category from different programs may not be comparable.

## 12. Annexes

### 12.1 Life Cycle Model



### 12.2 Technical features and Standard Formats

Plain MDF boards manufactured by FINSA have different denominations depending on their thickness:

Fibranor: thicknesses less than or equal to 7mm

Fibrapan: thicknesses between 7 and 30 mm

Iberpan: thicknesses over 30 mm

Fibraplast: thicknesses below 15 mm, between 15 and 20 mm and over 20 mm

The following files are the technical data sheets for each product:

**Figure 1:** TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR FIBRANOR

 <b>FINSA</b> www.finsa.es			
<b>FIBRANOR®</b>			
<b>DATOS TECNICOS-VALORES MEDIOS</b>			
TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES	
			<b>1,8/2,5</b>
EN 323	DENSIDAD (*)	Kg/m <sup>3</sup>	850
EN 319	TRACCION INTERNA	N/mm <sup>2</sup>	0,90
EN 310	RESISTENCIA FLEXIÓN	N/mm <sup>2</sup>	38
EN 310	MÓDULO DE ELASTICIDAD	N/mm <sup>2</sup>	---
EN 317	HINCHAMIENTO EN AGUA 24 H	%	45
EN 318	ESTABILIDAD DIMENSIONAL LARGO/ANCHO	%	0,4
EN 318	ESTABILIDAD DIMENSIONAL ESPESOR	%	10
EN 311	TRACCION SUPERFICIAL	N/mm <sup>2</sup>	>1,2
EN 382-1	ABSORCIÓN SUPERFICIAL (AMBAS CARAS)	mm	> 150
EN 322	HUMEDAD	%	7+/-3
ISO 3340	CONTENIDO EN SILICE	% Peso	≤ 0,05

<b>TOLERANCIA EN DIMENSIONES NOMINALES</b>				
TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES		
			<b>1,8/2,5</b>	<b>&gt;2,5</b>
EN 324-1	ESPESOR	mm	Lijado: +/- 0,15 Sin lijar: +/- 0,20	Lijado 0,15 lijar: 0,2
EN-324-1	LONGITUD Y ANCHO	mm	+/- 2 mm/m .	+/- mm/
EN 324-2	ESCUADRADO	mm/m	+/-1,5 mm/m .	+/-1 mm/
EN-324-2	RECTITUD DE BORDE	mm/m	+/-1,5 mm/m .	+/-1 mm/

(\*) THIS INFORMATION IS REGARDED AS MERELY INDICATIVE.



**Figure 2: TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR FIBRAPAN**

TEST DE REFERENCIA		PROPIEDADES	UNIDADES	ESPEORES mm			
				7/9	>9/12	>12/19	>19/30
EN 323		DENSIDAD (°)	Kg/m <sup>3</sup>	790/750	750/730	740/710	710/675
EN 319		TRACCION INTERNA	N/mm <sup>2</sup>	0,65	0,65	0,60	0,60
EN 310		RESISTENCIA FLEXIÓN	N/mm <sup>2</sup>	30	30	30	25
EN 310		MÓDULO DE ELASTICIDAD	N/mm <sup>2</sup>	2700	2500	2500	2100
EN 317		HINCHAMIENTO EN AGUA 24 H	%	17	15	12	10
EN 318		ESTABILIDAD DIMENSIONAL LARGO/ANCHO	%	0,4	0,4	0,4	0,3
EN 318		ESTABILIDAD DIMENSIONAL ESPESOR	%	6	6	6	5
EN 311		TRACCION SUPERFICIAL	N/mm <sup>2</sup>	1,2	1,2	1,2	1,2
EN 382-1		ABSORCIÓN SUPERFICIAL (AMBAS CARAS)	mm	> 150	> 150	> 150	> 150
EN 322		HUMEDAD	%	7+/-3	7+/-3	7+/-3	7+/-3
ISO 3340		CONTENIDO EN SILICE	% Peso	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
EN-320		RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CANTOS	N	-	-	800	750
EN-320		RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CARAS	N	-	-	1000	1000

TEST DE REFERENCIA		PROPIEDADES	UNIDADES	ESPEORES mm			
				7/9	>9/12	>12/19	>19/30
EN 324-1		ESPEOR	mm	+/-0,2	+/-0,2	+/-0,2	+/-0,3
EN-324-1		LONGITUD Y ANCHO	mm	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m, máx +/- 5 mm.
EN 324-2		ESCUADRADO	mm/m	+/- 2	+/- 2	+/- 2	+/- 2
EN-324-2		RECTITUD DE BORDE	mm/m	+/-1,5	+/-1,5	+/-1,5	+/-1,5

**Figure 3. TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR IBERPAN**

TEST DE REFERENCIA		PROPIEDADES	UNIDADES	ESPESORES mm		
				>30/45	>45/60	>60/70
EN 323		DENSIDAD (°)	Kg/m <sup>3</sup>	700/680	675/640	610
EN 319		TRACCION INTERNA	N/mm <sup>2</sup>	0,55	0,50	0,50
EN 310		RESISTENCIA FLEXIÓN	N/mm <sup>2</sup>	20	17	16
EN 310		MÓDULO DE ELASTICIDAD	N/mm <sup>2</sup>	2000	1800	1700
EN 317		HINCHAMIENTO EN AGUA 24 H	%	8	6	6
EN 318		ESTABILIDAD DIMENSIONAL LARGO/ANCHO	%	0,25	0,25	0,25
EN 318		ESTABILIDAD DIMENSIONAL ESPESOR	%	5	5	5
EN 311		TRACCION SUPERFICIAL	N/mm <sup>2</sup>	1,2	1,2	1,2
EN 382-1		ABSORCIÓN SUPERFICIAL (AMBAS CARAS)	mm	>150	>150	>150
EN 322		HUMEDAD	%	7+/-3	7+/-3	7+/-3
ISO 3340		CONTENIDO EN SILICE	% Peso	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
EN-320		RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CANTOS	N	700	700	700
EN-320		RESISTENCIA AL ARRANQUE DE TORNILLO. CARAS	N	1000	1000	1000


  

TEST DE REFERENCIA		PROPIEDADES	UNIDADES	ESPESORES mm		
				>30/45	>45/60	>60/70
EN 324-1		ESPESOR	mm	+/-0,3	+/-0,3	+/-0,3
EN-324-1		LONGITUD Y ANCHO	mm	+/- 2 mm/m max +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m max +/- 5 mm.	+/- 2 mm/m max +/- 5 mm.
EN 324-2		ESCUADRADO	mm/m	+/-2	+/-2	+/-2
EN-324-2		RECTITUD DE BORDE	mm/m	+/-1,5	+/-1,5	+/-1,5

(\*) THIS INFORMATION IS REGARDED AS MERELY INDICATIVE.

**Figure 4. TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR FIBRAPLAST**

Melamine-coated MDF boards are called Fibraplast:

 <b>FINSA</b> www.finsa.es									
FIMAPLAST / FIBRAPLAST / SUPERPAN DECOR ®									
DATOS TECNICOS-VALORES MEDIOS								Rev: 29/04/2008	
TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES	ESPEORES mm						
			<15	15-20	>20				
<b>TOLERANCIA EN DIMENSIONES NOMINALES</b>									
TEST DE REFERENCIA	PROPIEDADES	UNIDADES	ESPEORES mm						
			<15	15-20	>20				
UNE-EN-14323	GROSOR RESPECTO AL VALOR NOMINAL	mm	+/-0,3 (AI,AV) +0,5/-0,3 (AH)	+/-0,3 (AI,AV) +0,5/-0,3 (AH)	+/-0,5				
UNE-EN-14323	GROSOR EN UN MISMO TABLERO	mm	max-min <0,8	max-min <0,8	max-min <0,8				
UNE-EN-14323	LARGO Y ANCHO	mm	+/-5	+/-5	+/-5				
UNE-EN-14323	PLANITUD (SOLAMENTE EN REVESTIMIENTOS EQUILIBRADOS)	mm/m	-	≤2	≤2				
<b>RECUBRIMIENTO</b>									
UNE-EN 14323	RESISTENCIA AL RAYADO	N						≥ 1.5	
UNE-EN 14323	RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO	Grado						≥ 3	
UNE-EN 14323	ASPECTO ACABADO SUPERFICIAL	Grado						4	
UNE-EN 14323	RESISTENCIA A LAS MANCHAS	Grado						≥ 3	
<b>DEFECTOS VISUALES</b>									
UNE-EN 14323	DAÑOS EN CANTOS	mm/m						≤ 10	
UNE-EN 14323	DEFECTOS DE ASPECTO. PUNTOS	mm2/m2						≤ 2	
UNE-EN 14323	DEFECTOS DE ASPECTO. RAYAZOS	mm/m2						≤ 20	
<b>RESISTENCIA A LA ABRASION</b>									
	RESISTENCIA A LA ABRASION	CLASE	IP NUMERO DE VUELTAS		WR NUMERO DE VUELTAS				
UNE-EN 14323	RESISTENCIA A LA ABRASION. DISEÑOS	1	<50		<150				
UNE-EN 14323	RESISTENCIA A LA ABRASION. UNICOLORS Y ACABADOS AH	3A	≥ 150		≥ 350				

MDF boards, either plain or melamine-coated are available in a wide range of sizes which can be found in our website: [www.finsa.com](http://www.finsa.com)

## 12.3 REACH declaration



Asunto: **Reglamento REACH**

Estimado CLIENTE:

El motivo de la presente es informarle que de acuerdo a las directrices del **Reglamento Europeo REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) que entró en vigor el 1 de Junio de 2008, se establece la obligación de realizar un registro para todo aquel que introduzca sustancias químicas en el mercado comunitario a partir de 1 tonelada anual, ya sean fabricantes o importadores de sustancias, como tales o en forma de preparados. Por tanto, el REACH sólo afecta a sustancias como tales. No se registran ni preparados ni artículos, sólo sustancias.

**FINANCIERA MADERERA S.A.**, se ha comprometido plenamente con el cumplimiento del Reglamento y conoce perfectamente sus obligaciones e implicaciones en REACH. **FINANCIERA MADERERA S.A.** como fabricante de tablero, es considerada usuario intermedio\*, por lo que no tiene obligación de registrar sustancia alguna. Corresponde a los **FABRICANTES** o **IMPORTADORES** de dichas sustancias el pre-registro y registro de las mismas en los plazos previstos.

No obstante, derivadas de las obligaciones que le corresponden como usuario intermedio hará todo lo posible por cumplir con lo siguiente:

- **Asegurarse de que sus proveedores pre-registren todas las sustancias utilizadas en su proceso productivo, para su uso concreto.**  
Para tal fin, ha contactado con ellos, comunicando sus usos, para que las pre-registren, ajustándose a las exigencias de REACH y según el calendario establecido en el Reglamento.

**FINANCIERA MADERERA S.A.** utilizará únicamente materias primas que estén pre-registradas y autorizadas para su uso específico.

- Además, **FINANCIERA MADERERA S.A.** como proveedor de un artículo tiene la obligación de transmisión de información sobre las 'sustancias altamente preocupantes' que contenga (en cumplimiento al Art.33 del Reglamento Reach). Dado que **FINANCIERA MADERERA S.A.** no utiliza en la fabricación de sus productos ninguna de estas sustancias, no se requiere notificación alguna a nuestros clientes.

Para evitar una carga administrativa innecesaria **FINANCIERA MADERERA S.A.** no va a responder cuestionarios individuales sino que utiliza este documento para informar de la su posición respecto al REACH.

Esperando que esta información le sea de utilidad, reciba un cordial saludo,



Javier Portela

## 12.4 Customer compliance declaration



D. JAVIER PORTELA LOPEZ Director de Calidad e IDi de FINANCIERA MADERERA, S.A.

Declara:

- Cumplir con la legislación vigente en materia de explotaciones forestales, siguiendo lo establecido en los planes de ordenación pertinentes, contando en su caso con los permisos o licencias de corta necesarios.
- Que a su mejor saber y entender, la materia prima suministrada no procede de fuentes conflictivas.
- Que proporcionará la información sobre el país de origen de la madera, así como evidencias de su legalidad, para que nuestro cliente pueda realizar su evaluación de proveedores.
- Que FINSA es poseedora de Certificación de Cadena de Custodia, cuyos datos son:

	FSC	PEFC
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nº de certificado	TT-COC-003279	PEFC/14-35-00006
Vigente hasta	2015	2014

- Que FINSA cumple con el estándar FSC-STD-40-005 de Madera Controlada.
- Que dispone de un Sistema de Diligencia Debida, para el cumplimiento del nuevo Reglamento Europeo de la Madera UE nº995/2010.

Firma y sello:



## 12.5 Commitment letter



### **La aplicación del Reglamento Europeo de la Madera** *Información para nuestros Clientes*

#### **El Reglamento Europeo de la Madera (EUTR) UE n°995/2010**

A partir del 3 de marzo 2013, todos los estados miembros de la UE habrán puesto en marcha su legislación nacional para implantar el Reglamento Europeo de la Madera. El objetivo es prohibir la importación de productos de madera de origen ilegal en la UE.

Cualquier empresa que importe productos de madera de fuera de la UE es responsable de garantizar su origen legal gestionando un sólido sistema de debida diligencia para verificar la legalidad. Los estados miembros de la UE analizarán regularmente sus importaciones y harán seguimiento siempre que exista preocupación por una posible ilegalidad.

Los Estados miembros también tendrán la obligación de investigar activamente la legalidad de cualquier importación en la que "un denunciante", haya expresado su preocupación.

#### **La Política del Grupo Finsa**

Desde 2004 Grupo Finsa tiene implantado un sistema de certificación de cadena de custodia PEFC / FSC certificado, que le permite suministrar productos de madera certificada a nuestros clientes.

Como valor de empresa, el Grupo Finsa evita cualquier fuente controvertida (basado en las categorías de madera controlada FSC) y progresivamente va aumentando los volúmenes de madera certificada FSC / PEFC para cumplir con nuestros objetivos de sostenibilidad.

**La Política del Grupo Finsa** (en cumplimiento de Madera Controlada FSC) excluye, la utilización de:

- Madera extraída ilícitamente;
- Madera extraída en violación de derechos tradicionales y civiles;
- Madera aprovechada en bosques cuyos altos valores de conservación estén amenazadas por actividades de manejo;
- Madera aprovechada en bosques que se estén convirtiendo a plantaciones o usos no forestales;
- Madera de bosques en los que se planten árboles modificados genéticamente.

La organización controla el mantenimiento de la documentación que acredite el origen de cada uno de los artículos que compra.

Además, FINSA dispone de un sistema de diligencia debida para el cumplimiento del Reglamento Europeo de la Madera (EUTR) UE n° 995/2010.

Enero 2013

## 12.6 Managing finished products

Recommendations for storing products:

All products should always be stored under a roof and on a flat surface.

The optimal storage conditions are 65% relative humidity, and either more humid or drier environments should be avoided.

Always avoid any direct contact with water.

Runners should always be vertically aligned.

The maximum storage height is 4 bales.

If packaging gets damaged during handling, it must be repackaged for the proper conservation of the product.

Recommendations for processing the product:

Plain or melamine-coated MDF boards can be normally sawn and drilled using common tools. The corresponding IPEs should always be used, for instance, a mask when hand tools are used without a dust-extracting device.

Labour and environmental protection:

All standard safety measures should be applied when processing or installing MDF boards. Such measures are specified in the product handbooks that are delivered to the customer.

The main effects on the environment during the preparation stage of finished products refer to dust emissions which can be prevented using conventional extraction systems.

Waste such as waste from packing the product, is non-hazardous waste that complies with the criteria set forth in the European Directive and can be handled according to the guidelines set forth in the appropriate facilities, for proper recycling (plastic waste, retractable film, strips, etc)

Waste materials

Waste material accumulated during installation or processing work (cutting and package waste) shall be collected and separated according to their type and according to the applicable type at the point of destination. Wood components re-enter the process as fuel for biomass boiler.

Environment–Health interactions

According to the current status of knowledge, under the appropriate use of the product described, there are no risks for water, air and soil.

In addition, no health-related damage or limitations are expected under normal conditions of use, as provided for MDF boards. During their use, natural substances present in natural timber could be released in small amounts. With the exception of small amounts of formaldehyde, which is harmless to human health, no significant levels of emissions of contaminants are detected.

## 12.7 Uncommon effects

Fire:

Fire reaction

Fire reaction of plain MDF or melamine-coated boards with thickness > 9mm and density > 600 kg/m<sup>3</sup>

Main classification according to Combustibility: D according to standard EN 13501-1 (Cf requirements set forth under standard EN 13986)

Additional classifications:

Smoke opacity: s2 average opacity

Fall of swollen drops or particles: d0 no drops or particles fall

Fire reaction of MDF Fire-resistant boards, either plain or melamine-coated:

Main classification according to Combustibility: B according to standard EN 13501-1 (Cf requirements set forth under standard EN 13986)

Additional classifications:

Smoke opacity: s2 average opacity

Fall of swollen drops or particles: d0 no drops or particles fall

Fire-fighting measures:

Special measures: Not classified as inflammable. Its complete combustion releases carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), with carbon monoxide (CO) released whenever there is incomplete combustion.

Individual protection equipment:

Self-contained breathing equipment should be used in the event of major fires.

Means of extinction: Water, chemical powder or foam.

Stability and reactivity:

Conditions to be avoided: Unknown

Materials to be avoided: Unknown

Hazardous decomposition products: Cf fire-fighting measures

Toxicological information:

Acute toxicity (irritation, sensitivity etc.): Unknown

Chronic effects: Risk of slight skin irritation and risks to the respiratory tract.

Ecological information:

Level of degradability: 100 %

Mobility: Boards are not water soluble

Ecotoxicity: LC 50: not available

IC 50: not available

Effects upon water:

There are no components that can be dangerous for wash water. The wooden boards are not resistant to continued water exposure. The recommendations for use should be complied with.

Mechanical destruction:

The standard of rupture of an MDF board demonstrates relatively fragile behaviour, and sharp edges may develop (injury risks).

## 12.8 References

PCR 2012:01 Construction products and Construction services v 1.2. Date: 2013-03-15

Requirements for Environmental Product Declarations, EPD, (MSR 1999:2), published by the Swedish Council for Environmental Management available in: [www.environdec.com](http://www.environdec.com)

SimaPro 7, software and database. PRé Consultants 2010.

The international standards of reference are as follows:

ISO 14040:2006, Environmental management. Life cycle analysis. Principles and reference framework

ISO 14025:2006 Labels and environmental declarations. Environmental declarations type III. Principles and procedures

ISO 14044:2006, Environmental management. Life cycle analysis. Requirements and guidelines

UNE-EN 622-5:2010, Fibreboards. Specifications. Part 5: Requirements for fibreboards manufactured using dry processes (MDF).

UNE-EN 14322:2004, Wood-based panels. Melamine-coated wood boards for indoor use. Definition, requirements and classification.

UNE-EN 13986:2006, Wood-based panels for construction. Characteristics, conformity and brand evaluation.

prEN 16449:2013 Wood and wood-based products - Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide



## 12.9 Product pictures



Figure 1: Finished product\_ plain MDF boards



Figure 2: Packed product ready for shipping\_ Plain MDF boards



Figure 3: Finished product \_ Melamine-coated MDF boards



Figure 4: Packed product ready for shipping\_Melamine-coated MDF boards

# ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO

DOS MANERAS  
DE MEDIR EL IMPACTO AMBIENTAL  
DE UN PRODUCTO



© Ihobe S.A., noviembre 2009

**Edita:** Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

Departamento de Medio Ambiente,  
Planificación Territorial, Agricultura y Pesca  
Gobierno Vasco

Alda. Urquijo, 36 6º Planta  
48011 Bilbao  
Tel: 900 15 08 64

**Traducción:** Mara Mara taldea

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir parte alguna de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado - electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado, etc.-, sin el permiso del titular de los derechos de la propiedad intelectual y del editor.

## índice

<b>1.- BLOQUE 1: ANALISIS DE CICLO DE VIDA</b>	<b>3</b>
1.1.- ¿Qué es el análisis de ciclo de vida?	3
1.2.- Normalización del ACV según la familia de normas ISO 14.040	3
1.3.- Evaluación de impactos de ciclo de vida.	3
1.3.1.- Clasificación	3
1.3.2.- Caracterización	3
1.3.3.- Normalización, agrupación y ponderación	3
1.4.- Metodologías de evaluación de impactos del ciclo de vida	3
1.5.- Bases de datos de ACV	3
1.5.1.- Formato de los datos	3
1.5.2.- Bases de datos	3
1.6.- Herramientas software de acv	3
1.7.- International reference life cycle data system - ILCD	3
<b>2.- BLOQUE 2: HUELLA DE CARBONO (HC)</b>	<b>3</b>
2.1.- ¿Por qué la necesidad de medir la huella de carbono?	3
2.2.- Normalización de la medición de la huella de carbono y medición de emisiones de gases de efecto invernadero.	3
2.3.- Metodologías de medición de la huella de carbono	3
2.3.1.- Calculo de la huella de carbono de un territorio o país	3
2.3.2.- Calculo de la huella de carbono de una empresa, producto y/o servicio	3
2.4.- Herramientas para la medición de la huella de carbono	3
2.4.1.- Herramientas genéricas	3
2.4.2.- Herramientas sectoriales	3
2.4.3.- Calculadoras online	3
2.5.- Compensación de las emisiones de GEI	3

### 1.1. ¿Qué es el análisis de ciclo de vida?

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.

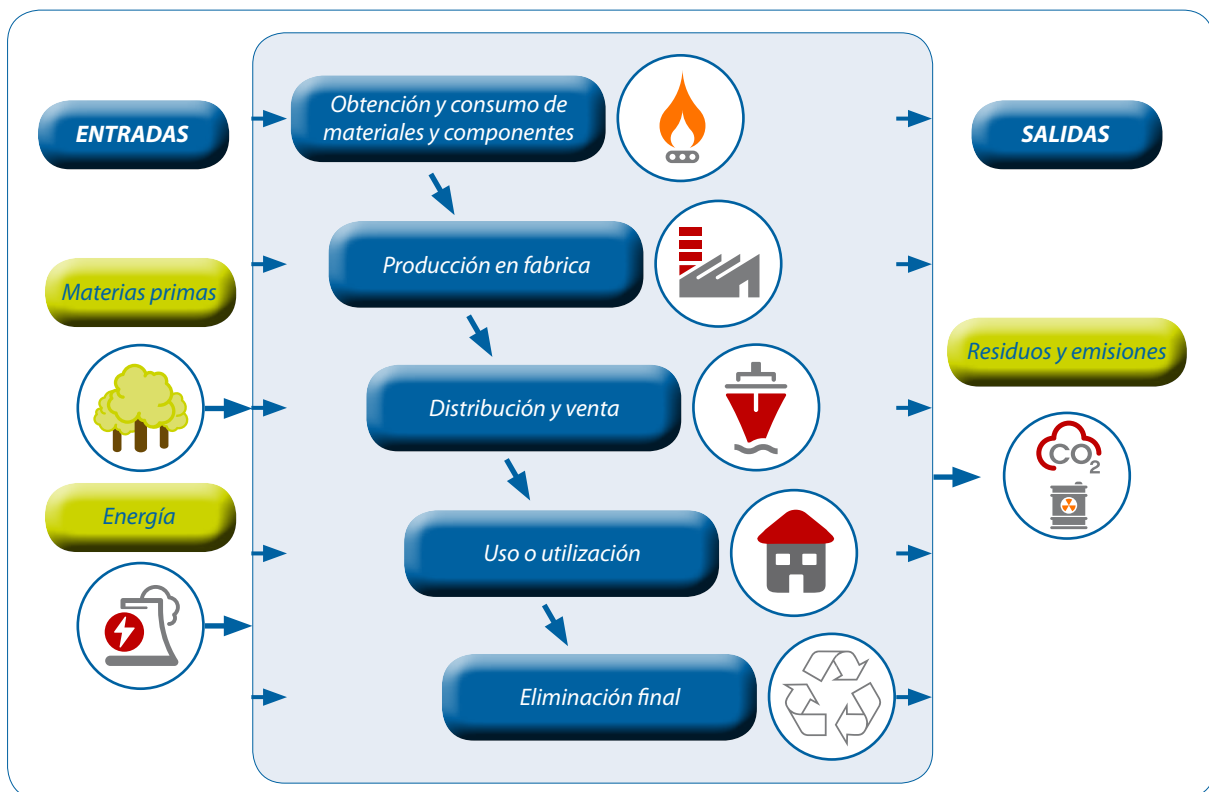
La principal característica de esta herramienta es su enfoque **holístico**, es decir, que se basa en la idea de que todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas solo de manera individual por las partes que lo componen. Es necesaria la integración total de todos los aspectos que participan; de ahí el concepto de tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema.

Los elementos que se tienen en cuenta dentro del ACV, comúnmente se conocen como **inputs/outputs** (entradas/salidas):

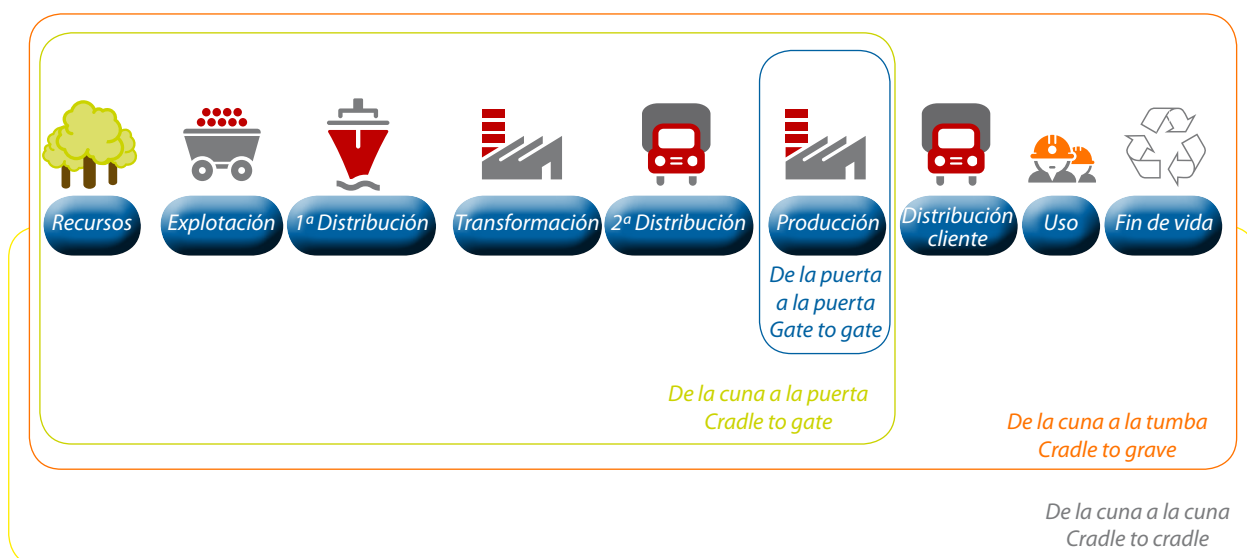
- Inputs/entradas: Uso de recursos y materias primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía... etc, que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema.
- Outputs/salidas: Emisiones al aire, al agua y al suelo, así como los residuos y los subproductos que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema.

La manera y forma en la que se recopilan estas entradas/salidas se conoce como **Inventario de ciclo de vida (ICV)**, y es la fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas/salidas de un sistema durante su ciclo de vida.

El ACV de un producto debería incluir todas las entradas/salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida: la extracción de materias primas y el procesamiento de los materiales necesarios para la manufactura de componentes, el uso del producto y finalmente su reciclaje y/o la gestión final. El transporte, almacenaje, distribución y otras actividades intermedias entre las fases del ciclo de vida también se incluyen cuando tienen la relevancia suficiente. A este tipo de ciclo de vida se le denomina comúnmente "de la cuna a la tumba".



Concepto de la perspectiva de un análisis de Ciclo de Vida y Fases que se tienen en cuenta.



Terminología relacionada con el alcance de un ACV

Cuando el alcance del sistema se limita a las entradas/salidas desde que se obtienen las materias primas hasta que el producto se pone en el mercado (a la salida de la planta de fabricación/montaje), se le denomina como “de la cuna a la puerta”.

Y cuando solo se tienen en cuenta las entradas/salidas del sistema productivo (procesos de fabricación), se le llama “de la puerta a la puerta”.

Sin embargo, es el alcance de todo el ciclo de vida (de la cuna a la tumba) el único que nos asegura que las cargas medioambientales de una fase no se traspasan a otras fases del ciclo de vida. Esto significa que, por ejemplo, externalizar un proceso de nuestro sistema contratando a un proveedor externo, no nos evita la contabilización de la carga ambiental asociada a ese proceso. Aunque el mismo no esté en nuestra propia planta, el concepto holístico del ACV nos obliga a tenerlo en cuenta.

Un nuevo enfoque, basado en tener en cuenta que las corrientes de salida del Fin de Vida del sistema pueden ser valoradas como materias primas y/o entradas al mismo sistema o a otro, está teniendo un importante reconocimiento en los últimos años. A este tipo de enfoque en ACV se le denomina como “de la cuna a la cuna”.

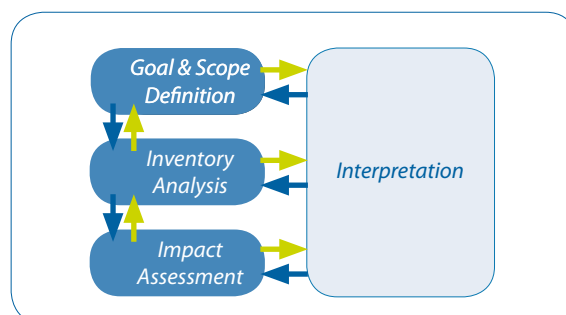
La suma total de entradas y salidas sienta las bases para un posterior análisis y evaluación de los efectos medioambientales relacionados con el producto. Esta agregación de recursos y emisiones hacia daños

al medio ambiente y al ser humano es lo que se denomina Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

## 1.2. Normalización del ACV según la familia de normas ISO 14.040

Se ha establecido por parte de ISO, International Organization for Standardization, un marco para la estandarización de la metodología de ACV, según la familia de normas ISO 14.040:

- UNE EN ISO 14.040:2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- UNE EN ISO 14.044:2006: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.



Esquema de un ACV según ISO 14.040.

De acuerdo a la estandarización realizada, se distinguen cuatro fases en un estudio de ACV:

- **Definición de Objetivos y Alcance:** Define el objetivo y el uso previsto del estudio, así como el alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos, y los parámetros tecnológicos y de evaluación.
- **Desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida (ICV):** Es la fase del ACV en la que se recogen los datos correspondientes a las entradas y salidas para todos los procesos del sistema de producto.
- **Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV):** Es la fase del ACV en la que el inventario de entradas y salidas es traspasado a indicadores de potenciales impactos ambientales al medio ambiente, a la salud humana y a la disponibilidad de recursos naturales.
- **Interpretación:** Es la fase del ACV en la que los resultados del ICV y el EICV son interpretados de acuerdo al objetivo y alcance marcados inicialmente. En esta fase se realiza un análisis de los resultados y se marcan las conclusiones.



Esquema de la Fase de EICV según la norma ISO 14.040.

Veamos a continuación los aspectos más reseñables de sus principales etapas.

### 1.3. Evaluación de impactos de ciclo de vida.

La **Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV)**, es la fase del ACV dirigida a conocer y evaluar la magnitud y la significancia de los impactos ambientales potenciales de un sistema. En esta fase se emplea un método de evaluación para transformar los datos recogidos en el ICV, en resultados de carácter ambiental.

Es en definitiva la Fase del ACV que caracteriza el resultado final del mismo y una de las que mayor controversia causa, ya que no existe acuerdo común en la comunidad internacional para el establecimiento de un modelo único de evaluación de impactos ambientales.

La UNE-EN-ISO 14.040:2006 establece una serie de pasos o etapas:

#### 1.3.1. Clasificación

El primer paso o etapa dentro del marco de un ACV es la selección de **categorías de impacto ambiental** a tener en cuenta en el estudio. Estas categorías representan los impactos ambientales de interés a los cuales se quieren asignar los resultados del EICV. Es decir, los impactos ambientales de los cuales se desean obtener resultados.

Existen multitud de categorías de impacto ambiental, y la selección de unas u otras en el ACV que se esté llevando a cabo dependerá del objetivo del estudio, público objetivo y nivel de exactitud de los resultados requeridos. A modo orientativo, se indican a continuación las principales categorías de impacto ambiental contempladas por la SETAC (Sociedad de Toxicología y Química Ambiental).

Durante la etapa de clasificación, los datos del ICV son asignados a categorías de impacto. Si una sustancia contribuye a varias categorías de impacto, tiene que ser tomada en cuenta en todas estas categorías.



CATEGORIA DE IMPACTO AMBIENTAL		UNIDAD DE REFERENCIA	FACTOR DE CARACTERIZACION
<b>CALENTAMIENTO GLOBAL</b>	Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas	Kg. Eq CO <sub>2</sub>	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
<b>CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS</b>	Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado.	MJ	Cantidad Consumida
<b>REDUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO</b>	Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones ultravioletas solares de la capa de ozono atmosférica.	Kg. Eq. CFC-11	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO)
<b>EUTROFIZACIÓN</b>	Crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de ríos y embalses como consecuencia del empleo masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua.	Kg. Eq. de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Potencial de Eutrofización  (PE)
<b>ACIDIFICACIÓN</b>	Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera	Kg. Eq SO <sub>2</sub>	Potencial de Acidificación  (PA)
<b>CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS</b>	Consumo de materiales extraídos de la naturaleza.	Tm	Cantidad Consumida
<b>FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS</b>	Formación de los precursores que dan lugar a la contaminación fotoquímica. La luz solar incide sobre dichos precursores, provocando la formación de una serie de compuestos conocidos como oxidantes fotoquímicos (el ozono-O <sub>3</sub> es el más importante por su abundancia y toxicidad)	Kg. Eq. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos  (PFOF)

### 1.3.2. Caracterización

Una vez que cada sustancia del ICV se ha asignado a una o más categorías de impacto ambiental a través de la clasificación, se compara su valor con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría.

Esto se lleva a cabo a través de los **factores de caracterización de cada sustancia**, y representan la contribución de una sustancia a una determinada categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia en dicha categoría. Cada sustancia es multiplicada por su correspondiente factor de caracterización. De este modo se pueden obtener valores con unidades equivalentes, los cuales pueden ser sumados para medir la contribución de las sustancias a esa categoría de impacto.

A modo de ejemplo, se muestran a continuación algunos factores de caracterización relativos a la categoría de Calentamiento Global.

Factores de Caracterización para la categoría de Calentamiento Global			
Sustancia		Factor de Caracterización - Kg eq. CO <sub>2</sub>	
		IPCC 2007	Ecoindicador 95
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21	11
Óxidos nitroso	N <sub>2</sub> O	298	270
Hidrofluorocarbonos	CFCs	124 – 14.800	100-13.000
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	22.800	-

Potencial del Calentamiento Global (GWP) a 100 años de los principales gases de efecto invernadero según metodologías IPCC 2007 y Ecoindicador 95.

## Bloque 1: Análisis de ciclo de vida

Por ejemplo, supongamos que tenemos un sistema en los cuales intervienen las siguientes sustancias en las cantidades indicadas. Como ya hemos comentado, cada sustancia se asigna a una o más categorías de impacto ambiental. Así de este modo, podemos tener las siguientes sustancias:

ICV	Calentamiento Global Kg eq CO <sub>2</sub>	Reducción Capa de Ozono Kg eq CFC-11	Acidificación Kg eq SO <sub>2</sub>
1 kg CO <sub>2</sub>	x 1 = 1	-	-
0,1 kg CH <sub>4</sub>	x 11 = 1,1	-	-
0,8 kg SO <sub>2</sub>	-	-	x 1 = 0,8
8x10 <sup>-5</sup> kg CFC-115	x 7.000 = 0,56	x 0,5 = 4x10 <sup>-5</sup>	-
<b>Caracterización (Ec'95)</b>	<b>2,66 kg eq CO<sub>2</sub></b>	<b>4x10<sup>-5</sup> Kg. eq CFC-11</b>	<b>0,8 Kg. eq SO<sub>2</sub></b>

Valores de caracterización de diversas sustancias, en base a la metodología Ecoindicador 95.

Tras la caracterización, podríamos decir, por ejemplo, que el sistema emite 2,66 kg eq. de CO<sub>2</sub>, 4x10<sup>-5</sup> Kg. eq CFC-11 y 0,8 Kg. eq SO<sub>2</sub>.

De este modo, aunque en realidad sólo se emite 1 kg de CO<sub>2</sub>, los factores de caracterización convierten las emisiones totales para la categoría de Calentamiento Global en un valor total de 2,66 kg eq. de CO<sub>2</sub>. Es por ello por lo que se utiliza el término "equivalente" para hablar de esa cantidad de emisión.

### 1.3.3. Normalización, agrupación y ponderación

Además de los pasos obligatorios a realizar en la EICV, existen pasos opcionales que pueden darse dependiendo del objetivo y alcance previsto. Estos son los siguientes:

- Normalización: Conversión de los resultados de la caracterización a unidades globales neutras, dividiendo cada uno por un factor de normalización. A través de estos factores se representa el grado de contribución de cada categoría de impacto sobre el problema medioambiental local.
- Agrupación: Clasificación de las categorías de impacto en otros grupos que engloben categorías de impacto con efectos similares.
- Ponderación: Conversión de los resultados de los valores caracterizados a una unidad común y sumable (en el caso de que la metodología incluya una normalización, a partir de los valores normalizados), multiplicándolos por su factor de ponderación. Posteriormente se suman todos ellos para obtener una puntuación única total del impacto ambiental del sistema.

Por ejemplo, siguiendo con el ejemplo anterior, tendríamos lo siguiente:

ICV	Calentamiento Global Kg eq CO <sub>2</sub>	Reducción Capa de Ozono Kg eq CFC-11	Acidificación Kg eq SO <sub>2</sub>
1 kg CO <sub>2</sub>	x 1 = 1	-	-
0,1 kg CH <sub>4</sub>	x 11 = 1,1	-	-
0,8 kg SO <sub>2</sub>	-	-	x 1 = 0,8
8x10 <sup>-5</sup> kg CFC-115	x 7.000 = 0,56	x 0,5 = 4x10 <sup>-5</sup>	-



<b>Caracterización (Ec'95)</b>	<b>2,66 kg eq CO<sub>2</sub></b>	<b>4x10<sup>-5</sup> Kg. eq CFC-11</b>	<b>0,8 Kg. eq SO<sub>2</sub></b>
<i>Factor de Normalización</i>	<i>/ 13.477</i>	<i>/ 0,8</i>	<i>/ 112,6</i>
<b>Normalización (Ec'95)</b>	<b>1,97x10<sup>-4</sup></b>	<b>5x10<sup>-5</sup></b>	<b>7,1x10<sup>-4</sup></b>
<i>Factor de Ponderación (pt)</i>	<i>x 2,5</i>	<i>x 100</i>	<i>x 10</i>
<b>Ponderación (pt) (Ec'95)</b>	<b>4,9x10<sup>-4</sup></b>	<b>5x10<sup>-3</sup></b>	<b>7,1x10<sup>-3</sup></b>
	<b>0,126 puntos - 126 milipuntos</b>		

Tras la Ponderación, podríamos decir que el sistema tiene un impacto ambiental global de 126 milipuntos.

## 1.4. Evaluación de impactos de ciclo de vida.

Para el desarrollo de los pasos descritos en el punto anterior, existen a nivel científico diferentes metodologías de aplicación.

A continuación se indican de manera esquemática las más importantes metodologías de EICV disponibles, así como su descripción y las etapas que cubren. En la tabla, se indica con aquellas fases de EICV que quedan cubiertas y con aquellos pasos definidos en los métodos pero que no siempre son utilizados.

METODOLOGÍA	FASES DE EICV					CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
	Clasificación	Caracterización	Normalización	Agrupación	Ponderación			
<b>Ec99</b>	✓	✓	✓	✓	✓	Pré Consultants	<p>Carcinogénicos Respiratorios orgánicos Respiratorios inorgánicos Cambio Climático Radiación Destrucción capa ozono Ecoxicidad Acidificación y eutrofización Uso de suelo Uso de recursos minerales Uso de combustibles fósiles</p>	<p>Sucesor del Eco-Indicador 95. Su desarrollo comenzó con el estudio de asignación de pesos para el Eco-Indicador 95. Se cambió el sistema de evaluación de impactos: En lugar de evaluar cada una de las categorías de impacto, se evaluaron los diferentes daños causados por estas categorías de impacto, 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.pri.ei/eco-indicator99/default.htm">http://www.pri.ei/eco-indicator99/default.htm</a></p>
<b>RECIPE</b>	✓	✓	✓	✓	✓	Pré Consultants	<p>Destrucción capa ozono Toxicidad humana Radiación Smog fotoquímico Formación particulados Cambio Climático Ecoxicidad al suelo Acidificación al suelo Ocupación suelo rural Ocupación suelo urbano Transformación suelo natural Ecoxicidad marina Eutrofización marina Eutrofización agua dulce Ecoxicidad agua dulce Uso de combustibles fósiles Uso de recursos naturales Uso de agua</p>	<p>ReCiPe se desarrolló para combinar las ventajas de los métodos CML2001 y Eco-Indicator99. La ventaja del método CML es su solidez científica, mientras que la ventaja del Eco-Indicador 99 es su facilidad de interpretación.</p> <p>Con ello, se han mejorado los modelos para el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, uso del suelo y agotamiento de recursos naturales. A su vez se han actualizado factores de caracterización para algunas categorías de impacto y para el paso de normalización.</p> <p><a href="http://www.icia-recipe.net/">http://www.icia-recipe.net/</a></p>



METODOLOGÍA	FASES DE EICV					CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
	Clasificación	Caracterización	Normalización	Agrupación	Ponderación			
CML 2001	✓	✓	✓	✓	✓	Centre of Environmental Science (CML)	<p>Agotamiento de los recursos abióticos</p> <p>Cambio climático</p> <p>Destrucción capa ozono</p> <p>Toxicidad humana</p> <p>Ecofotoxicidad</p> <p>Smog fotoquímico</p> <p>Acidificación</p> <p>Eutrofización</p> <p>Uso de recursos</p>	<p>Método basado en el anterior CML 1992.</p> <p>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>
IPCC	✓	✓				Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	Cambio climático	<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>
EDIP/UMIP%	✓	✓	✓	✓	✓	Environmental Design of Industrial Products (EDIP)	<p>Cambio climático</p> <p>Destrucción capa ozono</p> <p>Acidificación</p> <p>Eutrofización</p> <p>Smog fotoquímico</p> <p>Ecofotoxicidad acuática</p> <p>Ecofotoxicidad del suelo</p> <p>Toxicidad humana</p> <p>Residuos</p> <p>Uso de recursos</p>	<p>Método cuyo desarrollo comenzó en 1996 en Dinamarca. Los factores de normalización están basados en equivalentes - persona en el año 1990. Para la categoría de uso de recursos, la normalización y ponderación están incluidas dentro de la fase de caracterización, ya que esta categoría se evalúa de manera distinta manera en este método.</p> <p>Los factores de ponderación son definidos como distancia al objetivo por persona para el año 2000. Para la categoría uso de recursos, estos factores están considerados en las fases anteriores, por lo que en este paso se consideran cero.</p> <p><a href="http://www.wkap.nl/prod/b/0-7923-7897-8">http://www.wkap.nl/prod/b/0-7923-7897-8</a></p> <p><a href="http://www.wkap.nl/prod/b/0-412-80810-2">http://www.wkap.nl/prod/b/0-412-80810-2</a></p>
EPS2000	✓	✓			✓	Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems	<p>Salud humana</p> <p>Capacidad de producción del ecosistema</p> <p>Reserva de recursos abióticos</p> <p>Diversidad biológica</p> <p>Valores culturales</p>	<p>La metodología EPS2000 (Environmental Priority Strategies in product design) es un método orientado al daño causado. En él se tiene en cuenta la voluntad de pagar para restaurar los cambios causados. Por ello la unidad del indicador final es el ELU (Environmental Load Unit).</p> <p>En este método no se aplica el paso de normalización.</p> <p><a href="http://www.cpm.chalmers.se/document/reports/99/1999_4.pdf">http://www.cpm.chalmers.se/document/reports/99/1999_4.pdf</a></p>

METODOLOGÍA	FASES DE EICV					CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
	Clasificación	Caracterización	Normalización	Agrupación	Ponderación			
<b>ECOPOINTS97</b>	✓	✓	✓		✓	Swiss Ministry of the Environment (BUWAL)	Emisiones al aire Vertidos de aguas superficiales Vertidos de aguas subterráneas Vertidos al suelo Uso de recursos Residuos	Desarrollado en 1990, fue uno de los primeros métodos con método de ponderación final. Al igual que Ecoindicadores 95, es un método basado en la "distancia al objetivo", en este caso fijado por la propia política medioambiental suiza. Este método no dispone de paso de clasificación, sino que evalúa los impactos de manera individual. Para el paso de normalización, dispone de de dos opciones. <a href="http://www.bafu.admin.ch/">http://www.bafu.admin.ch/</a>
<b>TRACI</b>	✓	✓	✓	✓	✓	Environmental Protection Agency (EPA US)	Destrucción capa ozono Cambio Climático Smog fotoquímico Acidificación Eutrofización Efectos cancerígenos a la salud humana Efectos no cancerígenos a la salud humana Polución a la salud humana Ecofotoxicidad Agotamiento de combustibles fósiles Uso del suelo Uso de agua	Desarrollado en 1995, supone una herramienta informática para la evaluación de las 12 categorías de impacto que constituyen el método. Muchas de los mecanismos ambientales que soportan las categorías de impacto están importados de otras metodologías, como Ec99 y CML2001.  Aunque TRACI tiene definidos los pasos de normalización y ponderación, a día de hoy no dispone del histórico suficiente de información que le permita realizar estos pasos con suficiente fiabilidad. <a href="http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/tracl/">http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/tracl/</a>
<b>IMPACT 2002+</b>	✓	✓	✓	✓	✓	instituto de tecnología federal suizo de Lausanne (EPFL)	Toxicidad humana Efectos respiratorios Radiación ionizante Destrucción capa ozono Smog fotoquímico Ecofotoxicidad acuática Ecofotoxicidad del suelo Acidificación acuática Acidificación del suelo Acidificación y eutrofización del suelo Ocupación del suelo Cambio climático Energías no renovables Uso de recursos	Resultado de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Ec99, CML2001 e IPCC.  <a href="http://www.epfl.ch/impact">http://www.epfl.ch/impact</a>



## 1.5. Bases de datos de ACV.

Cuando se habla de **bases de datos (BBDD)** en el marco de un ACV, se pueden diferenciar dos tipos de ellas en función de los datos que contengan:

- BBDD con las entradas/salidas que se emplean para simular el sistema analizado en el ICV. Comúnmente conocidas como **BBDD de ICV**.
- BBDD con los datos que cada metodología de EICV necesita para que la herramienta que llevará a cabo el EICV haga los cálculos, comúnmente conocidas como **BBDD de metodologías**.

Las BBDD de ICVs están formadas por datos de muy diversos materiales y procesos, generalmente agrupados según la fase del ciclo de vida a la que hagan referencia. A través de éstas BBDD es posible asignar a cada entrada/salida recogida en el ICV una serie de datos de la BBDD que le aportarán la información sobre su impacto ambiental, los factores de caracterización, normalización...etc.

Las BBDD de metodologías están formadas por los factores de caracterización, ponderación y demás datos que cada metodología de EICV necesita para llevar a cabo los cálculos de obtención de resultados.

La principal característica de los datos de estas BBDD es la de estar recogidos en un formato pre-determinado y común, con lo que las herramientas de ACV pueden diseñarse para poder aceptar los datos en los formatos que decidan incluir.

### 1.5.1. Formato de los datos

#### 1.5.1.1. La norma ISO/TS 14048:2002 sobre recogida de datos

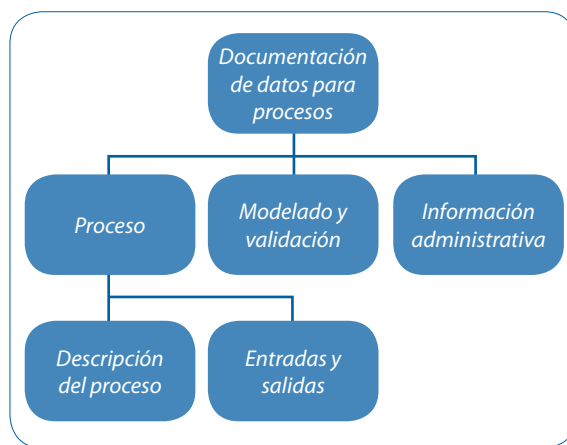
La norma "ISO/TS 14048:2002 Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format" posee guías y requisitos especiales para la preparación, conducción y revisión de los ACV, así como para la creación de BBDD.

Tiene fundamentalmente la intención de facilitar una información transparente, una interpretación y revisión de la recolección de los datos, un cálculo correcto de los mismos cuando corresponda y dar el mejor marco para asegurar la calidad de los datos y el informe de los mismos.

También proporciona herramientas para facilitar el intercambio de datos a través de la especificación y la estructuración de la información que sea relevante.

El formato está dirigido a la documentación de procesos, como por ejemplo procesos individuales de producción, producción en línea, producción en planta, sistemas de producto, sistemas de gestión de residuos, transportes individuales, rutas de transporte, etc.

Se muestra a continuación el esquema sobre documentación de datos recogido en la norma.



Esquema de documentación de datos. ISO/TS 14048:2002

Según este esquema, el formato de documentación de datos para un proceso se divide en tres partes diferenciadas:

- Proceso, el cual contiene la descripción del proceso y sus implicaciones con respecto a la tecnología, la cobertura temporal y geográfica. Esta parte además incluye entradas y salidas al proceso modelado, así como una descripción de las características de éstas, documentación acerca de la recogida de datos, etc.
- Modelado y Validación, la cual contiene la descripción de los prerequisites para el modelado y la validación del proceso. Por ejemplo, modelado de elecciones que describan qué procesos y flujos han sido excluidos.
- Información administrativa, que contiene información general y administrativa relacionada con la documentación del proceso. Por ejemplo, inspección de datos, completitud de datos, copyright, etc.

Algunas características de este formato son:

- Cada proceso unitario está documentado en un informe independiente.
- Un sistema de producto se documenta de la misma manera, pero en referencia a cada uno de los procesos unitarios de los que esté compuesto y sus interrelaciones.
- La documentación está dividida en diferentes campos tales como tipo de dato, fecha, etc. para facilitar la documentación y la interpretación del mismo.
- Estos datos también describen las entradas y salidas de cada proceso, de manera que apoyan a los cálculos a realizar en un ACV.

### 1.5.1.2. SPOLD

Toma su nombre de la SPOLD (Sociedad para la promoción del Desarrollo del Análisis del Ciclo de Vida). Esta sociedad fundamentalmente mantiene y desarrolla el formato SPOLD para datos para el desarrollo del ICV. Fue desarrollado durante los años 1995 a 1997 y mejorado en 1999 (conocido como el formato SPOLD99), con el objetivo de permitir el intercambio de datos del ICV entre diferentes BBDD y herramientas software a través de la compatibilidad de los mismos:

Emplea el sistema de clasificación de la producción y estadístico de Unión Europea de Comercio (NACE, CPA y PRODCOM). Este sistema tiene la ventaja de basarse en la correspondencia entre las actividades industriales y de servicios con los productos, de modo que cualquier producto está relacionado con una actividad específica.

### 1.5.1.3. ECOSPOLD

El formato ECOSPOLD fue creado partiendo del formato SPOLD99 y adaptándolo a los requisitos exigidos a la Norma "ISO 14048". Es un formato de intercambio de datos basado en XML (eXtensible Markup Language), por lo que es compatible con bases de datos, editores de texto, hojas de cálculo tipo excel... etc.

A día de hoy es el formato de intercambio de datos más extendido de los existentes, ya que las principales herramientas de ACV utilizan este formato para facilitar la importación, edición y exportación de datos.

La vigente edición está siendo revisada y se espera que el primer trimestre del año 2010 sea sustituida por la versión ECOSPOLD v2.

### 1.5.1.4. SPINE

Conocida como SPINE ("Sustainable Product Information Network for the Environment"), su estructura fue desarrollada con el mismo fin que el formato SPOLD, es decir, permitir la comunicación entre diferentes herramientas software de ACV.

Sigue la estructura de una base de datos relacional desarrollada en lenguaje de alto nivel SQL.

Inicialmente su intención era permitir el flujo de información entre el programa LCAiT de la Universidad Tecnológica de Chalmers (el cual se encargaba de analizar y documentar los sistemas) y el sistema de evaluación EPS del Instituto de investigación medioambiental sueco IML (que se encargaba de la evaluación de la información recopilada). Posteriormente fue adaptada para permitir la comunicación entre más tipos de herramientas software.

Este formato fue utilizado para crear la base de datos nacional de ACV en Suecia, denominada "SPINE@CPM database", y posteriormente fue extendido para incluir los datos necesarios de acuerdo con el modelo de evaluación de impactos ambientales recogido en la entonces vigente "ISO 14042:2000 Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment", extensión que recibió el nombre de IA98.

## 1.5.2. Bases de datos

A continuación se lista una serie de BBDD de uso habitual en los ACVs. Aunque de manera genérica se llamen BBDD, la realidad es que estas suelen integrar ambos tipos de BBDD comentados: BBDD de ICV y BBDD de metodologías. Son por lo tanto BBDD integradas.

Las BBDD pueden contener datos de múltiples sectores o ser específicas para la aplicación concreta en un sector. En muchas ocasiones, se crean o modifican BBDD ya existentes para poder disponer de BBDD sectoriales y permitir trabajar de manera más sencilla y detallada para el proyecto o aplicación en cuestión en el sector deseado.



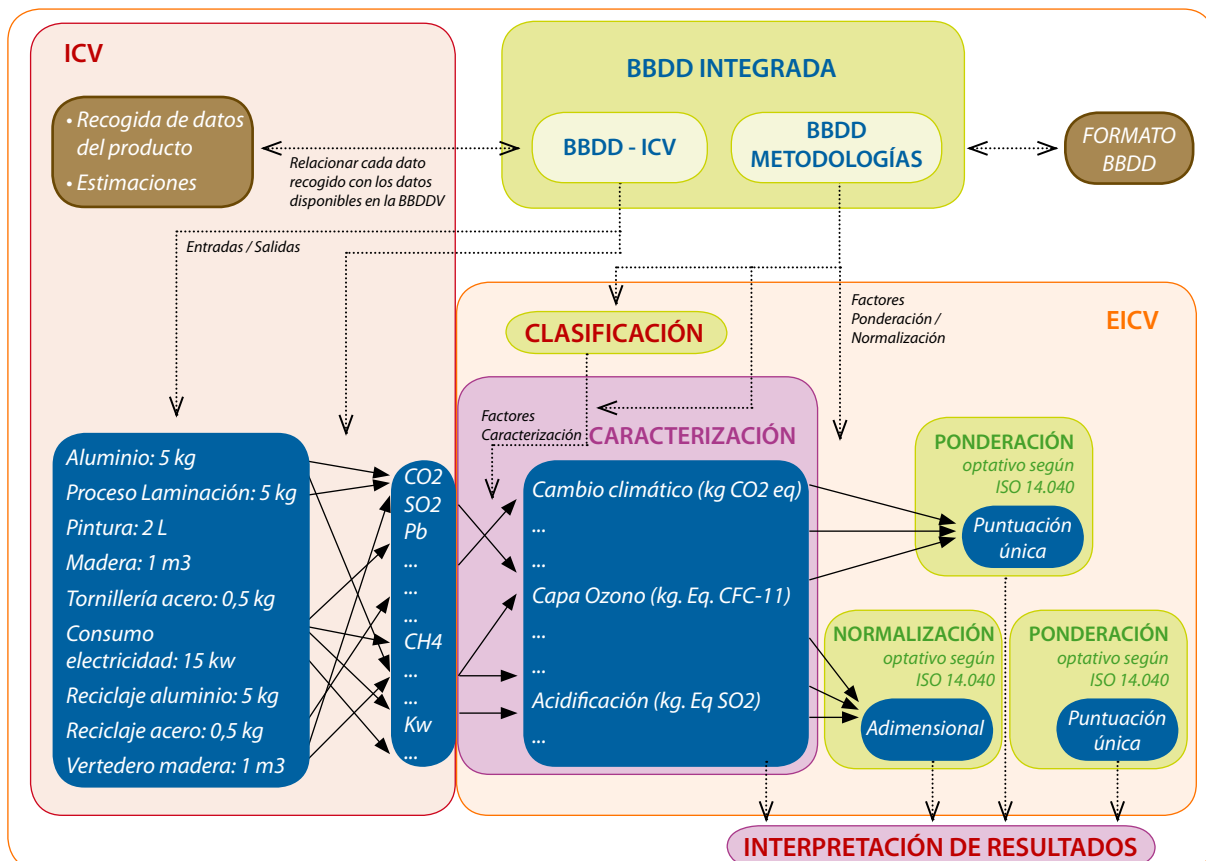


Nombre BBDD	Formato	Nº de datos de ICV	Sector	Fuente
<b>Ecoinvent</b>	Ecospold	4000	Genérico	Ecoinvent Centre <a href="http://www.ecoinvent.org/">http://www.ecoinvent.org/</a>
<b>Boustead</b>	Modelo propio	13000	Genérico	Boustead Consulting <a href="http://www.boustead-consulting.co.uk/">http://www.boustead-consulting.co.uk/</a>
<b>IVAM LCA</b>	Ecospold	1300	Genérico	IVAM UvA bv <a href="http://www.ivam.uva.nl">http://www.ivam.uva.nl</a>
<b>ProBas</b>	Ecospold	7000	Genérico	Umbelbundesamt, Germany (German only). <a href="http://www.probas.umweltbundesamt.de">http://www.probas.umweltbundesamt.de</a>
<b>GaBi databases 2006</b>	Ecospold	2300	Genérico	PE International GmbH, Germany. University of Stuttgart, Germany. <a href="http://www.gabi-software.com/">http://www.gabi-software.com/</a>
<b>DEAM</b>	Ecospold	1200	Genérico	Ecobilan – PriceWaterhouse Coopers, France. <a href="https://www.ecobilan.com/">https://www.ecobilan.com/</a>
<b>ETH – ESU 96</b>	Ecospold	1181	Genérico	ETH-ESU, Switzerland. <a href="http://www.esu-services.ch/">http://www.esu-services.ch/</a>
<b>GEMIS 4.4.</b>	Excel	1000	Genérico	Institute for applied Ecology, Darmstadt office, Germany. <a href="http://www.gemis.de/">http://www.gemis.de/</a>
<b>Option data pack</b>	Excel	967	Genérico	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan (Japanese only). <a href="http://www.jemai.or.jp/english/index.cfm">http://www.jemai.or.jp/english/index.cfm</a>
<b>Umberto library 5.5.</b>	Ecospold	600	Genérico	Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH, Germany. <a href="http://www.umberto.de/">http://www.umberto.de/</a>
<b>IDEMAT 2001</b>	Ecospold	507	Genérico	Delft University of technology, Holland. <a href="http://www.idemat.nl/">http://www.idemat.nl/</a>
<b>CPM LCA Database</b>	Spine	500	Genérico	Center for Environmental Assessment of Product and Material Systems-CPM, Sweeden. <a href="http://www.cpm.chalmers.se/CPMDatabase/">http://www.cpm.chalmers.se/CPMDatabase/</a>
<b>Japanese Input Output Database</b>	Tablas Input – Output	400 sectores	Multi sectorial	Environmental Technology Laboratory of the Corporate Research & Development centre of Toshiba Corporation, Japan. <a href="http://www.toshiba.co.jp/env/en/products/ecp/factor.htm">http://www.toshiba.co.jp/env/en/products/ecp/factor.htm</a>
<b>FRANKLIN US LCI</b>	Ecospold	355	Genérico	Franklin Associates Ltd, USA. / National Renewable Energy Laboratory, USA. Sylvatica, USA / Athena Sustainable Materials Institute, Canadá. <a href="http://www.fal.com/">http://www.fal.com/</a>
<b>Data Archive</b>	Ecospold	354	Genérico	Plastics Waste Management Institute (PWMI), Japan. Federal Office for the Environment, Switzerland. Chalmers University of Technology, Sweeden. <a href="http://www.plasticseurope.org/">http://www.plasticseurope.org/</a>
<b>BUWAL 250</b>	Ecospold	286	Genérico	Federal Office for the Environment, Switzerland. <a href="http://www.bafu.admin.ch/">http://www.bafu.admin.ch/</a>
<b>Ecodesign X-Pro database 1</b>	Ecospold	150	Genérico	Ecomundo, France. <a href="http://www.ecomundo.eu/default.aspx">http://www.ecomundo.eu/default.aspx</a>
<b>US Input Output Database</b>	Tablas Input – Output	163 sectores	Genérico	Toxic Releases Inventory 98 (TRI), Air Quality Planning and Standard (AIRS). EPA USA. Energy information administration (EIA), US dep. of energy. Bureau of economic analysis (BEA). Datos del US dep. of Commerce. National Center for Food and Agricultural Policy (NCFAP) and World Resource Institute (WRI). <a href="http://www.epa.gov/region6/6pd/tri/index.htm">http://www.epa.gov/region6/6pd/tri/index.htm</a>

## Bloque 1: Análisis de ciclo de vida

Nombre BBDD	Formato	Nº de datos de ICV	Sector	Fuente
LCA Food	Ecospold	80	Genérico	Danish environmental protection agency. <a href="http://www.mst.dk/English/">http://www.mst.dk/English/</a>
Industry Data	Ecospold	74	Genérico	Plastics europe, various. <a href="http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=392">http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=392</a>
Salca 071	Ecospold	700	Producción agrícola	Agroscope Reckenholz – Tägerikon Research Station ART, Switzerland. <a href="http://www.art.admin.ch/">http://www.art.admin.ch/</a>
KCL EcoData	Ecospold	300	Silvicultura	Oy keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab, KCL, Finland. <a href="http://www.kcl.fi/page.php?page_id=75">http://www.kcl.fi/page.php?page_id=75</a>
Sabento library	Excel	450	Biotecnología	Ifu Hamburg GmbH, Germany. <a href="http://www.sabento.com/en/">http://www.sabento.com/en/</a>
Eurofer data sets	No especificado	14	Industria del acero	European Confederation of Iron and Steel Industries (EUROFER) <a href="http://www.eurofer.be/">http://www.eurofer.be/</a>
sirAdos 1.2.	Ecospold	150	Construcción	LEGEP Software GmbH, Germany. Universität Karlsruhe, Germany. <a href="http://www.legep.de/">http://www.legep.de/</a>
EIME 10.0	Ecospold	558	Eléctrico – electrónico	CODDE, France. <a href="http://www.codde.fr/">http://www.codde.fr/</a>
Waste technologies data centre	Ecospold	40	Residuos	Environment Agency, United Kingdom. <a href="http://www.environment-agency.gov.uk/wtd/">http://www.environment-agency.gov.uk/wtd/</a>

A continuación se muestra un esquema que resume el proceso de ACV y sus relaciones con las Bases de datos, etapas y demás información relacionada.



Esquema conceptual de un proceso de ACV



## 1.6. Herramientas software de ACV

Existe una amplia variedad de herramientas software disponibles para llevar a cabo un ACV, las cuales tienen como componentes principales y prioritarios la presencia y variedad de BBDD y de metodologías de EICV.

Para el caso de las BBDD, es recomendable que se encuentren bien definidas (grado de conocimiento de los datos disponibles en función del formato de los mismos) y con un período regular de actualización, debido a que los avances tecnológicos provocan un envejecimiento prematuro de la validez de los datos existentes.

Para el caso de las metodologías de EICV, es recomendable que la herramienta sea capaz de trabajar con varias de ellas. Con esto se pretende:

- ° Obtener resultados concretos a través de una metodología específica, como por ejemplo, el cálculo de la Huella de Carbono a través de la metodología IPCC<sup>3</sup>.
- ° Poder comparar los resultados que proporcionan diferentes metodologías para el cálculo del mismo impacto ambiental, como por ejemplo ver la diferencia de “kg eq. CO2” que dan como resultado el aplicar la metodología IPCC por un lado y la metodología CML2001 por otro. La utilidad de esta opción radica en que puede ocurrir que los resultados sean muy diferentes aunque el impacto ambiental analizado sea el mismo, ya que las metodologías de EICV tienen sus propios alcances, factores de conversión y suposiciones. A través de esta comparativa se puede enriquecer la interpretación de los resultados y permite evaluar la idoneidad o no de una metodología u otra.
- ° Poder manejar resultados tanto específicos como generales, como por ejemplo obtener resultados sobre el “consumo de energía” y las “emisiones de kg eq. CO2” por un lado, y por otro la carga ambiental del sistema analizado en “puntos”.

A continuación se indican de manera esquemática varias de las herramientas de ACV disponibles.

Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
<b>SIMAPRO</b>	PRE-Consultants	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibles protocolos para la realización guiada de ACVs.</li> <li>- Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto.</li> <li>- Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost</li> <li>- Posibilita la redacción de informes de acuerdo con la normativa ISO de ACV</li> <li>- Posibilidad de análisis de: incertidumbre de los datos, escenarios de fin de vida, análisis de sensibilidad y Monte Carlo.</li> <li>- Permite exportar la información tanto en formato Ecospold y en Excel.</li> </ul> <a href="http://www.pre.nl/pre/default.htm">http://www.pre.nl/pre/default.htm</a>

<sup>3</sup>IPCC.- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, que analizaremos más en detalle en el apartado 2.3.2. relativo a metodologías para el cálculo de la Huella de Carbono.

Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
<b>GABI</b>	Instituto de ciencia y ensayos de polímeros (IKP) y la universidad de Stuttgart en colaboración con PE EUROPE GMBH	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción gráfica del ciclo de vida del producto mediante estructura jerárquica</li> <li>- Entradas y salidas asociadas a cada proceso.</li> <li>- Flujos entre procesos.</li> <li>- Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto.</li> <li>- Posibilidad de reutilización de procesos y planes creados en otros proyectos.</li> <li>- Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment, LCC: Life Cycle Cost y LCWT: Life Cycle Working Time.</li> <li>- Alimentación de datos del ICV en formato fichas (similitud con SimaPro)</li> <li>- Asignación posterior de cada dato del ICV a un dato concreto de la BBDD.</li> <li>- Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV.</li> <li>- Redacción de informes de acuerdo a exigencias ISO de ACV.</li> <li>- Posibilidad de asignación de cargas.</li> <li>- Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.</li> <li>- Permite la agrupación de procesos según tipo, nación, empresa y usuario definido (cumplimiento de VDA 231-106 e Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.</li> <li>- Permite exportar la información tanto en formato Ecospold y en Excel.</li> <li>- <a href="http://www.gabi-software.com/">http://www.gabi-software.com/</a></li> </ul>
<b>UMBERTO</b>	ifu Hamburg GMBH	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interface gráfica muy intuitiva que posibilita la elaboración de ciclos de vida de producto (diagramas SANKEY)</li> <li>- CV completo.</li> <li>- Procesos componentes del CV.</li> <li>- Entradas y salidas asociadas a cada proceso.</li> <li>- Flujos entre procesos.</li> <li>- Alimentación de datos del ICV en formato fichas (similitud con SimaPro)</li> <li>- Alta flexibilidad en lo concerniente a límites del sistema, con posibilidad de ser definidos individualmente.</li> <li>- Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost.</li> <li>- Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto.</li> <li>- Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV.</li> <li>- Distintas interfaces para la conexión del programa a otras aplicaciones.</li> <li>- Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.</li> <li>- Permite exportar la información tanto en formato Ecospold y en Excel.</li> <li>- <a href="http://www.umberto.de/en/">http://www.umberto.de/en/</a></li> </ul>



Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
<b>TEAM</b>	ECOBILAN-PRICEWATERHOUSE COOPERS	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menú principal dividido en cuatro submenús muy intuitivo.</li> <li>- Ventana de estructura de árbol CV.</li> <li>- Diagrama de flujos y procesos.</li> <li>- Lista de módulos disponibles.</li> <li>- Lista de flujos disponibles.</li> <li>- Introducción de datos con características similares a Gabi.</li> <li>- Posibilidad de definición individual de límites del sistema.</li> <li>- Disponibles protocolos para la realización guiada de ACVs.</li> <li>- Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto.</li> <li>- Posibilita la redacción de informes de acuerdo con la normativa ISO de ACV</li> <li>- Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV.</li> <li>- Posibilidad de análisis de: incertidumbre de los datos, escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.</li> <li>- Permite exportar la información tanto en formato Ecospol y en Excel.</li> </ul> <p><a href="https://www.ecobilan.com/uk_team.php">https://www.ecobilan.com/uk_team.php</a></p>
<b>AIST-LCA 4</b>	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de base de datos propia: Sustancias químicas, productos de hierro y acero y gestión de residuos.</li> <li>- Utilización del concepto TPI (Total Performance Indicator) en el que se valoran tanto aspectos ambientales como parámetros de coste.</li> <li>- Exportable a Excel.</li> </ul> <p><a href="http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/software/nire/nire-ver4/outline.html">http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/software/nire/nire-ver4/outline.html</a></p>
<b>BEES 4.0</b>	National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	Materiales de construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyado por el Programa de Compra Verde del EPA y el laboratorio de investigación del fuego y la construcción.</li> <li>- Contiene aproximadamente 200 productos, clasificados según UNIFORMAT II, clasificación estándar de ASTM.</li> <li>- Informes conformes a ISO de ACV.</li> <li>- Dispone de la metodología TRACI.</li> <li>- Las fases de análisis e interpretación se realiza a través de la American Section of the International Association for Testing Materials (ASTM).</li> <li>- Las bases de datos se pueden exportar a Excel. Está actualizado y es gratuito. Muy descargado. Contiene aprox. 200 productos, clasificados según UNIFORMAT II, clasificación estándar de ASTM.</li> <li>- Exportable a Excel.</li> </ul> <p><a href="http://www.bfrl.nist.gov/oea/bees.html">http://www.bfrl.nist.gov/oea/bees.html</a></p>
<b>CMLCA 4.2</b>	Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holland	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parte de las bases de datos CML-IA, Ecoinvent y ETH96.</li> <li>- Métodos EICV: CML2001, EDIP, EPS, TRACI, Impact 2002+, etc.</li> <li>- Posibilidad de análisis de sensibilidad y Monte Carlo.</li> <li>- Exportable a Excel.</li> </ul> <p><a href="http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/">http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/</a></p>

## Bloque 1: Análisis de ciclo de vida

Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
<b>LSP</b>	University of Amsterdam (IVAM), Holland	Municipios, planes urbanísticos y desarrollo de proyectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición del perfil de sostenibilidad de un emplazamiento (Location Sustainability Profile).</li> <li>- Dispone de un estándar de comparación de 10 modelos diferentes.</li> <li>- <a href="mailto:jkortman@ivam.uva.nl">jkortman@ivam.uva.nl</a></li> </ul>
<b>E<sup>3</sup>DATABASE V2.3.3</b>	Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Germany	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta centrada en los sistemas energéticos, sus repercusiones en el ciclo de vida y su coste (Ee Energy-Emission-Economy).</li> <li>- Sistema de gestión Firebird SQL. Software basado en Borlan-Delphi.</li> <li>- Exportable a Excel.</li> <li>- <a href="http://www.e3database.com">www.e3database.com</a></li> </ul>
<b>ECO-BAT 3.0</b>	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Switzerland	Construcción y edificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Más de 60 materiales de construcción calculados a partir de Ecoinvent.</li> <li>- Métodos EICV: Ec99, UBP (Ecopoints97), Impact2002+.</li> <li>- <a href="http://www.eco-bat.ch">http://www.eco-bat.ch</a></li> </ul>
<b>ECODESIGN X-PRO 1.0</b>	Ecomundo, France	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta ACV online.</li> <li>- Especialmente indicada para personal no experto en metodologías ACV.</li> <li>- Parte de las bases de datos ELCD (European Reference Life Cycle Data System).</li> <li>- Utiliza CML2001 como método EICV, aunque es configurable.</li> <li>- <a href="http://wp2.ecodis.org">http://wp2.ecodis.org</a></li> </ul>
<b>EIME 9.0</b>	Bureau Veritas CODDE, France	Eléctrico – electrónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza una amplia variedad de base de datos: BUWAL, DEAM, IDEMAT, datos de APME (Association of Plastics Manufacturers in Europe), etc.</li> <li>- Método EICV: Concepto de Ecobalance. 11 categorías de impacto fijadas por Ecobilan.</li> <li>- Responde a cumplimiento legislativo de RoHS, WEEE y EuP.</li> <li>- Recomendada por EPA, EPD, BV, FIECC (French Federation of Electric, Electronics and Communication industries).</li> <li>- <a href="http://www.codde.fr/eng/EIMELicences.html">www.codde.fr/eng/EIMELicences.html</a></li> </ul>
<b>ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATOR 3.0.2</b>	Athena Sustainable Materials Institute, Canada	Construcción y edificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencia tipologías de construcciones.</li> <li>- Dispone de BBDD propia.</li> <li>- Disponible el "Ecocalculator", el cual permite realizar ACVs de materiales de construcción.</li> <li>- Dispone de método de EICV propio.</li> <li>- <a href="http://www.athenasmi.org">www.athenasmi.org</a></li> </ul>
<b>EPD TOOLS SUIT 2007</b>	ITKE Environmental Technology Inc, China	Genérico / construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información únicamente disponible en chino.</li> <li>- Estandariza la recogida de datos (EPD inputer) de acuerdo a un determinado PCR, que luego exporta (EPD verifier) a un organismo de certificación de EPDs.</li> <li>- <a href="http://www.itke.com.cn/software">www.itke.com.cn/software</a></li> </ul>



Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
<b>EVERDEE 2.0</b>	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta ACV gratuita, disponible online y en castellano.</li> <li>- Dispone de base de datos propia.</li> <li>- Paso de caracterización según CML2001.</li> <li>- Proporciona valores para diferentes categorías de impacto.</li> <li>- Permite importar datos.</li> <li>- <a href="http://www.ecosmes.net">www.ecosmes.net</a></li> </ul>
<b>GEMIS 4.42</b>	Oeko Institut (Institute for applied Ecology), Darmstadt Office, Germany	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta ACV gratuita y descargable a través de su página web.</li> <li>- Además de las habituales. Evalúa categorías de impacto no comunes en otras herramientas, como CER (Cumulated Energy Demand), CMR (Cumulated Energy Requirement).</li> <li>- Disponible en castellano.</li> <li>- <a href="http://www.gemis.de">www.gemis.de</a></li> </ul>
<b>GREEN-E 1.0</b>	Ecointesys – Life Cycle Systems, Switzerland	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta integradora de la metodología ACV en la gestión empresarial.</li> <li>- Utiliza como base de datos Ecoinvent, aunque el usuario puede configurar su propia base de datos.</li> <li>- Por defecto utiliza como método de EICV Impact2002+, aunque se pueden configurar otros métodos.</li> <li>- Información exportable en Excel.</li> <li>- <a href="http://www.green-e.ch">www.green-e.ch</a></li> </ul>
<b>JEMAI LCA PRO 2</b>	JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza base de datos propia, compuesta de 1000 datos fijos más 500 para la versión japonesa.</li> <li>- Diversos métodos EICV: Ec95, EPS2000, Ecopoints97. Configurable por el usuario.</li> <li>- Cumple con los estándares ISO de ACV.</li> <li>- <a href="http://www.jemai.or.jp/english/lca">www.jemai.or.jp/english/lca</a></li> </ul>
<b>KCL-ECO 4.0</b>	Oy Keskuslaboratorio-Central laboratorium Ab, KCL, Finland	Genérico / Forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta sencilla y de larga experiencia.</li> <li>- Utiliza base de datos propia, aunque puede incorporar Ecoinvent.</li> <li>- Métodos EICV: Ec95 y DAIA98 (Finnish impact assessment method).</li> <li>- Importa y exporta información en formato Ecospol y Excel.</li> <li>- <a href="http://www.kcl.fi/eco">www.kcl.fi/eco</a></li> </ul>
<b>LEGEP 1.2</b>	LEGEP Software GmbH, Germany	Construcción y edificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta muy completa para el sector de la construcción sostenible.</li> <li>- Utiliza como base de datos Ecoinvent.</li> <li>- Utiliza como método EICV CML2001, aunque se pueden configurar otros métodos.</li> <li>- <a href="http://www.legep.de">www.legep.de</a></li> </ul>
<b>LTE-OGIP 5.0</b>	t.h.e. Software GmbH, Germany	Construcción y edificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite analizar los cambios en el edificio, pero no para compararlos.</li> <li>- Utiliza básicamente Ecoinvent como base de datos, aunque dispone de otras secundarias como BEK o NPK.</li> <li>- Solamente dispone de valores agregados: CER, CED (Cumulated Energy Demand), etc.</li> <li>- Métodos EICV disponibles: Ec99, Ecopoints97, GWP100a.</li> <li>- Permite exportar la información en Excel y en pdf.</li> <li>- <a href="http://www.the-software.de/ogip/einfuehrung.html">www.the-software.de/ogip/einfuehrung.html</a></li> </ul>

## Bloque 1: Análisis de ciclo de vida

Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
<b>REGIS 2.3</b>	Sinum AG, Germany	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software ACV que apoya a la gestión empresarial desde el enfoque de la ecoeficiencia.</li> <li>- Dispone de Ecoinvent y BUWAL entre otras como bases de datos.</li> <li>- Métodos EICV disponibles: Ec95, Ec99, Ecopoints97, IPCC.</li> <li>- Disponible en castellano.</li> <li>- Permite exportar la información en Ecospold, Excel y CSV.</li> <li>- <a href="http://www.sinum.com/htdocs/e_software_regis.shtml">http://www.sinum.com/htdocs/e_software_regis.shtml</a></li> </ul>
<b>SABENTO 1.1</b>	ifu Hamburg GmbH, Germany	Químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispone de base de datos propia SABENTO.</li> <li>- Analiza categorías de impacto susceptibles de ser afectadas por el sector químico.</li> <li>- <a href="http://www.sabento.com">www.sabento.com</a></li> </ul>
<b>TESPI</b>	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta ACV gratuita y disponible online.</li> <li>- Orientada a PYMES.</li> <li>- <a href="http://www.ecosmes.net/">http://www.ecosmes.net/</a></li> </ul>
<b>TRAINEE</b>	GreenDeltaTC GmbH, Germany	Genérico / ferroviario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inicialmente diseñada para el sector ferroviario, se ha generalizado con el paso del tiempo.</li> <li>- Utiliza bases de datos propias.</li> <li>- Actualmente se encuentra en plena fase de desarrollo junto a PRE CONSULTANTS, con el objetivo de ser una herramienta ACV de software libre.</li> <li>- <a href="http://www.openlca.org/">http://www.openlca.org/</a></li> </ul>
<b>USES-LCA 2.0</b>	Radboud University Nijmegen, Holland	Agricultura, silvicultura y caza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramienta gratuita basada en Excel muy específica para el sector primario.</li> <li>- Utiliza bases de datos propias.</li> <li>- Mide el impacto ambiental en TEFs (Toxic Equivalent Factors) y otras unidades que comprenden daños tóxicos al ser humano y al medio ambiente.</li> <li>- <a href="http://www.ru.nl/environmentalscience/research/life_cycle/multimedia_toxic">http://www.ru.nl/environmentalscience/research/life_cycle/multimedia_toxic</a></li> </ul>



Por último, destacar la herramienta “Eco-it”, desarrollada para IHOBE y que permite el cálculo simplificado de ACV (en base a la metodología RECIPE) y Huella de Carbono de modo integrado.

Esta herramienta, de fácil manejo, está disponible de modo gratuito para las empresas del País Vasco a través de la página web de IHOBE: [www.ihobe.net](http://www.ihobe.net).





## 1.7. International reference life cycle data system - ilcd

El "International Reference Life Cycle Data System" (ILCD), es una plataforma europea creada bajo el auspicio de la "European Platform on Life Cycle Assessment".

El objetivo de esta plataforma es el de incrementar el conocimiento, la aceptación y la aplicación de la perspectiva del ciclo de vida (Life Cycle Thinking) y el ACV en la industria y las administraciones públicas.

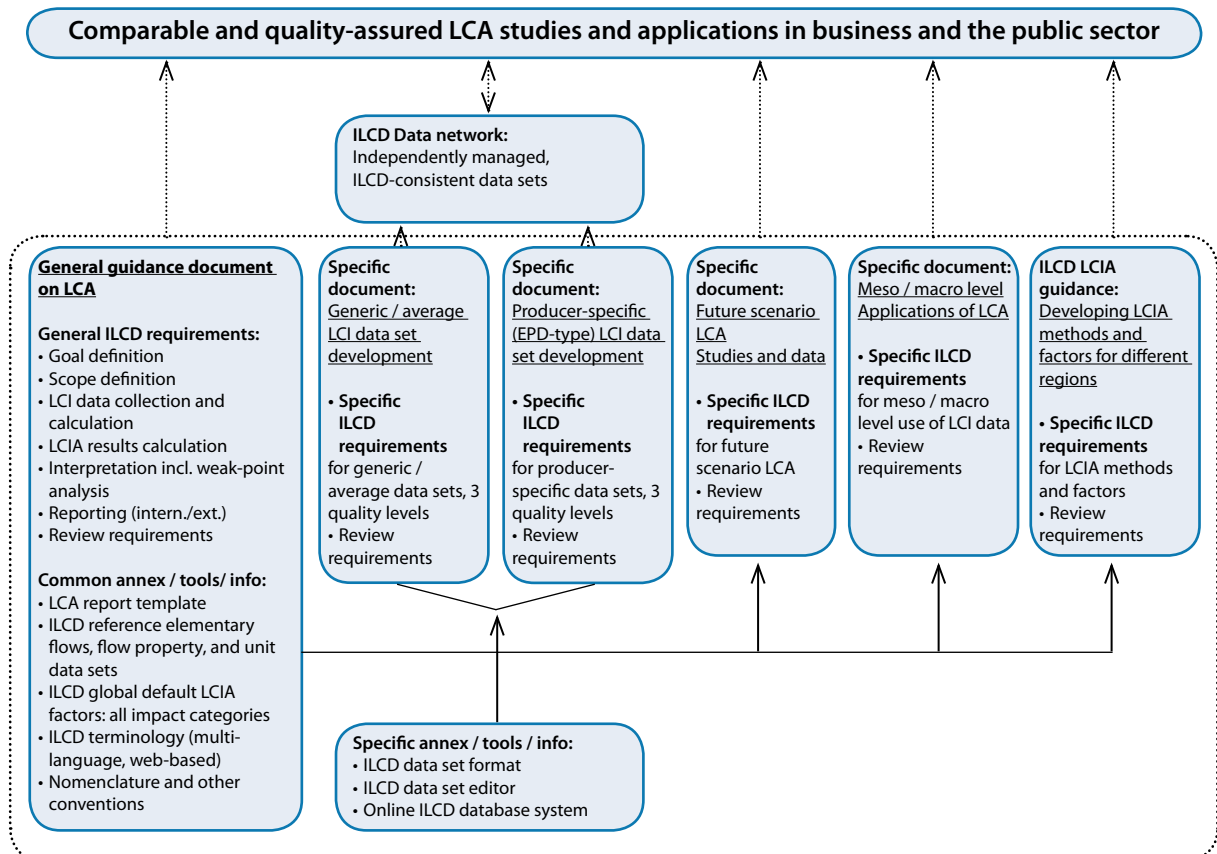
También busca el conseguir unificar formatos de datos, metodologías y crear un entorno de trabajo común para que los proyectos de ACV se lleven a cabo bajo las mismas directrices.

El ILCD surge con el fin de trabajar a nivel internacional en el desarrollo de un manual común, que aporte herramientas y datos de calidad así como información consistente en relación al ciclo de vida y que permita, por tanto, una toma de decisiones sólida. El ILCD se encuentra actualmente en desarrollo, consta de una serie de manuales de documentación técnica, herramientas y documentos, compilaciones de datos y otros recursos en relación a las buenas prácticas en ACV.

Las recomendaciones del ILCD y otros componentes son de naturaleza predominantemente técnica y están dirigidos a los grupos de interés tanto en el ámbito privado como en el público, así como a expertos en el desarrollo de Inventarios del Ciclo de Vida (ICV) y Evaluaciones de Impactos del Ciclo de Vida (EICV).

El ILCD se centra en dos grandes logros:

- **Manual ILCD:** incluye documentos guía en relación a las normas de la serie ISO 14040, recomendaciones en relación a metodología, plantillas para elaboración de informes, etc. Toda la documentación será de dominio público.
  - Recomendación de métodos de recogida de datos y de cómo hacer el ACV.
  - Series de datos ICV genéricos/promediados, metodología ILCD, requisitos de calidad, nomenclatura, documentación y revisión, con 3 niveles de calidad de los datos.
  - ICV específicos para fabricantes.
  - Estudios ACV comparativos.
  - ICV para aplicaciones a nivel meso / macro.
  - Nomenclatura, documentación y requisitos para la revisión del ACV.
- **ILCD Data Network:** se desarrollarán BBDD. A modo de ejemplo, está ya disponible la ELCD core database. <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcaifohub/index.vm>



Esquema documental del manual ILCD

### 2.1. ¿Por qué la necesidad de medir la huella de carbono?

El concepto de **Huella de Carbono (HC)** surge del concepto de **Huella Ecológica**, de la cual se podría decir que es un subconjunto. La HC mide la totalidad de **gases de efecto invernadero (GEI)** emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto.

En realidad el concepto de HC va más allá de la medición única del CO<sub>2</sub> emitido, ya que se tienen en cuenta todos los GEI que contribuyen al calentamiento global, para después convertir los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO<sub>2</sub>. Por ello el término correcto sería HC equivalente o emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, aunque en la práctica y por comodidad se utiliza simplemente el término Carbono.

En realidad, la HC es una versión simplificada de un Análisis de Ciclo de Vida en el que, en lugar de considerar varias categorías de impacto ambiental al mismo tiempo, se considera únicamente una de ellas, la relativa a Calentamiento Global.

Esta visión ambiental que tiene únicamente en cuenta una categoría de impacto puede ocasionar problemas de interpretación de los resultados obtenidos, al

haber omitido el resto de impactos ambientales. Es decir, puede que en lo que respecta a emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub>, el sistema analizado no tenga una problemática ambiental especial, pero que en otra categoría de impacto ambiental sí que la tenga.

El ejemplo más claro de este problema es la producción de energía eléctrica en una central nuclear. El proceso de fisión y generación eléctrica no genera emisiones de CO<sub>2</sub>, pero genera una gran cantidad de residuos nucleares peligrosos. Desde el punto de vista de una metodología de EICV que mida solo las emisiones de CO<sub>2</sub> eq, como es la HC, el proceso no sería contaminante, cuando realmente no es así. Esa visión integral de todas las categorías de impacto la facilita el ACV.

En definitiva, una HC menor no siempre es sinónimo de un mejor comportamiento ambiental global. Es por ello recomendable complementar el uso de la HC con otro tipo de herramientas con visión global, como el ACV.

Sin embargo, la importancia que en la actualidad está cobrando la problemática ambiental asociada al calentamiento global, ha llevado a diferentes asociaciones y administraciones a desarrollar estrategias, exigencias y en ocasiones legislaciones específicas de reducción de GEI (como las derivadas del cumplimiento del Protocolo de Kyoto).

CATEGORIA DE IMPACTO AMBIENTAL	UNIDAD DE REFERENCIA	FACTOR DE CARACTERIZACION	<b>HUELLA DE CARBONO</b>
CALENTAMIENTO GLOBAL	Kg. Eq CO <sub>2</sub>	Potencial de Calentamiento Global (PCG)	
CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS	MJ	Cantidad Consumida	
REDUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO	Kg. Eq. CFC-11	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO)	
EUTROFIZACIÓN	Kg. Eq. de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Potencial de Eutrofización (PE)	
ACIDIFICACIÓN	Kg. Eq SO <sub>2</sub>	Potencial de Acidificación (PA)	
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS	Tm	Cantidad Consumida	
FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS	Kg. Eq. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)	

**ACV**

4 La Huella Ecológica es un indicador agregado definido como el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida.



Para poder certificar el cumplimiento de dichas exigencias, se han desarrollado BBDD y metodologías específicas para la medición de las emisiones de GEI y el cálculo de la HC, con lo que poco a poco han ido surgiendo herramientas específicas para su cálculo.

## 2.2. Normalización de la medición de la huella de carbono y medición de emisiones de gases de efecto invernadero.

La familia de normas ISO comprendidas entre la ISO14064 y la14069 tienen como objetivo dar credibilidad y aseguramiento a los reportes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI. Las normas no están alineadas con ningún esquema particular, más bien son independientes y pueden ser usadas por organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o en mecanismos voluntarios de reducción de emisiones. Las normas se pueden aplicar a todos los tipos de GEI, no estando limitadas al CO<sub>2</sub>. Veamos más a detalle cada una de ellas:

- **ISO 14064:2006:** Contiene 3 partes y un conjunto de criterios para la contabilización y verificación de GEI. Las normas definen las mejores prácticas internacionales en la gestión, reporte y verificación de datos e información referidos a GEI. El uso de enfoques normalizados para la contabilización y verificación de datos de emisión aseguran que una tonelada de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, sea siempre la misma, donde sea que se emita o se acumule.
  - **ISO 14064-1:2006.** Greenhouse gases-Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. (Cuantificación y reporte de emisiones y remoción de Gases con Efecto Invernadero a nivel de las Organizaciones).
  - **ISO 14064-2:2006.** Greenhouse gases- Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements. (Cuantificación y reporte de GEI a nivel de Proyectos).
- **ISO 14064-3:2006.** Greenhouse gases- Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions. (Validación y verificación de aseveraciones sobre GEI).
- **ISO 14065:2007:** La norma "ISO 14065:2007: Greenhouse gases -- Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition", ha sido desarrollada para asegurar los procesos de verificación y validación, y define requisitos para aquellas organizaciones que realicen validaciones o verificaciones de GEI. Estas organizaciones pueden realizar verificaciones de datos gestionados según la norma ISO 14064-3 o según otros criterios específicos tales como esquemas de comercio de emisiones o normas corporativas.
- **ISO 14.066:** La norma "ISO 14.066 Greenhouse gases -- Competence requirements for conducting greenhouse gas validation and verification engagements with guidance for evaluation" esta todavía en proceso de desarrollo , y definirá los requisitos competenciales para realizar las actividades de Validación y Verificación de GEI. La ISO 14.066 se encargará en adelante de aportar los detalles sobre competencias personales no contemplados en la norma ISO 14.065 de acreditación de organismos de validación/verificación de GEI.
- **ISO 14.067:** La norma "ISO 14.067 Carbon footprint of products", actualmente en fase de desarrollo, describirá el cálculo de la huella de carbono provocada exclusivamente por los productos, no por las organizaciones. Esta norma constará a su vez de dos partes: En la primera de ellas se describirá la cuantificación de la huella de carbono del propio producto, mientras que en la segunda se detallará el modo de comunicación de la misma.
- **ISO 14.069:** La norma "ISO/AWI 14.069 GHG -- Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbon footprint of organization) -- Guidance for the application of ISO 14064-1",

---

<sup>5</sup> En base a lo establecido por el Protocolo de Kyoto (31 de mayo de 2002), los países firmantes se comprometían a reducir las emisiones de 6 tipos de GEI (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)) en un 5,2% de manera global en el periodo 2008-2012, respecto a los valores del año 1990. A cada país se le otorgó un objetivo distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de "reparto de la carga", con lo que el cumplimiento individual del objetivo de cada país permitiría conseguir el objetivo global del 5,2%. La unión europea acordó el objetivo de reducir sus emisiones en un 8%, aunque en el caso de España el compromiso acordado no fue de reducción de emisiones, sino de no aumentar sus emisiones por encima del 15% en relación al año base. Posteriormente, el 10 de Enero del 2007, la Unión Europea, en el marco de su "Política estratégica Europea energética", se comprometió a aumentar su porcentaje establecido de reducción de GEI hasta un 20% para el año 2020.

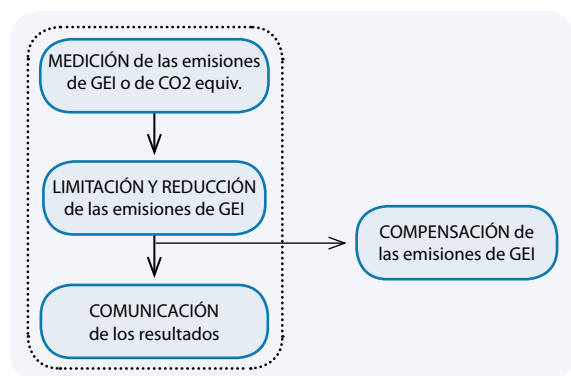
## Bloque 2: Huella de carbono

también en fase de desarrollo, pretende recoger las directrices básicas de aplicación de la norma ISO 14.064-1. Tiene como objetivo definir una sistemática para la realización de la huella de carbono por parte de las organizaciones, así como la posterior elaboración de la información de emisiones de GEI.

### 2.3. Metodologías de medición de la huella de carbono

Prácticamente todos los proyectos que surgen de la necesidad de medir la HC de un producto o sistema, no sólo tienen como objetivo el cálculo de las emisiones de GEI, sino que también han de establecer medidas de reducción o compensación de dichas emisiones.

Por ello los pasos habituales en proyectos de medición de HC suelen ser:



1. **Medición de las emisiones de GEI o de CO<sub>2</sub> eq:** Se requiere un inventario de las emisiones de GEI o una evaluación de dichas emisiones. Para la medición de la HC en relación a las emisiones estimadas para una actividad en concreto, se siguen metodologías diferentes las cuales se han simplificado en herramientas como las calculadoras de huella de carbono.
2. **Limitación y reducción de las emisiones de GEI:** Mediante la implantación de tecnologías menos contaminantes u otras estrategias de reducción de emisiones.
3. **Compensación de las emisiones de GEI:** Para neutralizar el impacto generado. El concepto se centra en la participación en **proyectos de compensación de emisiones (PCE)** para compensar las emisiones de GEI que se generen en el sistema analizado. (esta etapa se describe más a detalle en

un punto específico de este mismo documento).

4. **Comunicación de los resultados:** tanto interna como externamente. Por un lado para motivar la concienciación medioambiental de los trabajadores, y por el otro para la mejora de la imagen corporativa.

#### 2.3.1. Cálculo de la huella de carbono de un territorio o país

Son metodologías para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones de GEI de un determinado territorio o país.

Lo más común es llevar a cabo este cálculo a través de una metodología conocida como **Análisis Input-Output (AIO)**.

El AIO fue desarrollado en los años 30 con el objetivo de proporcionar un soporte empírico para el estudio de las relaciones existentes entre los diferentes componentes (actividades económicas) de una economía, sobre la base de la teoría del equilibrio general (Leontief, 1936). Este análisis tiene su base en el uso **Tablas Input-Output**, que es un conjunto de ecuaciones que describe el flujo de bienes y servicios entre los diferentes sectores de una economía en un período determinado.

El análisis Input-Output ambiental ha tenido continuidad desde su formulación y se ha extendido a nuevas áreas de investigación como el de la HC.

De esta forma, gracias al AIO, podemos vincular la demanda final de bienes y servicios con las emisiones, directas e indirectas, asociadas a su producción, independientemente del país donde ésta se localice. A través de ello se puede cuantificar en qué medida una determinada actividad económica demanda en su proceso productivo inputs procedentes de otras actividades económicas y, en consecuencia, en qué medida un incremento de la demanda final de un bien o servicio supone una demanda indirecta de otros bienes y servicios utilizados como inputs intermedios en la producción de dicho producto.

En las columnas de las tablas input-output se anotan las entradas de un sector procedentes del resto de sectores y de él mismo y en las filas se muestran las salidas de un sector hacia el resto de sectores y hacia él mismo.

6 En Noviembre de 2009, fecha de elaboración del presente informe, la norma se encontraba en fase de Committee Draft (CD).

7 En Noviembre de 2009, fecha de elaboración del presente informe, la norma se encontraba en fase de Working Draft (WD).



Los elementos que conforman la tabla/matriz son:

- La Demanda Intermedia es la agregación de todas las salidas (ventas) de un sector a otros y a sí mismo, es suma de productos intermedios de un sector hacia el exterior y hacia sí.
- La Demanda Final es el total de productos demandados para su consumo directo por los consumidores.
- La Demanda Total es la suma de las dos anteriores
- El Valor añadido es el que se añade al transformar un producto en sus sucesivas fases hasta que llega al consumidor.
- Los Consumos intermedios son las entradas procedentes de otros sectores y de uno mismo, para producir.
- Los Coeficientes técnicos miden, en porcentaje, el papel de cada sector sobre el total de producción de un sector.
- Los Coeficientes de mercado, en cambio, muestran, también en porcentaje, el papel de cada sector en la demanda total de un sector.

Su principal desventaja radica en que no diferencian entre emisiones directas e indirectas. Las **emisiones directas** son aquellas emisiones procedentes de

fuentes donde se tiene control sobre ellas, como las procedentes del consumo de combustible para climatización, transporte, etc.

Las **emisiones indirectas** son emisiones que ocurren desde fuentes cuyo control corresponde a otra organización, como por ejemplo las procedentes del consumo de electricidad, consumo de papel, transporte público, etc.

Sin embargo la ISO 14064-1:2006 realiza un desglose mayor:

- **Emisión directa de gases de efecto invernadero:** Emisión de GEI proveniente de fuentes de GEI (Unidad o proceso físico que libera un GEI hacia la atmósfera) que pertenecen o son controladas por la organización.
- **Emisión indirecta de gases de efecto invernadero por energía:** Emisión de GEI que proviene de la generación de electricidad, calor o vapor de origen externo consumidos por la organización.
- **Otras emisiones indirectas de gas de efecto invernadero:** Emisión de GEI diferente de la emisión indirecta de gases de efecto invernadero por energía, que es una consecuencia de las actividades de la organización, pero que se origina en fuentes de GEI (Unidad o proceso físico que libera un GEI hacia la atmósfera) que pertenecen o son controladas por otras organizaciones.

		COMMODITIES					USING INDUSTRIES					CONSUMING SECTORS					ICD
		1	2	3	...	m	1	2	3	...	n	H	C	O	...	E	
		COMMODITIES					MATRIX 2 COMMODITY USES OR INDUSTRY INPUTS					MATRIX 1 FINAL DEMANDS BY CONSUMERS					TOTAL COMMODITY DEMAND
PRODUCING INDUSTRIES		MATRIX 5 COMMODITY ORIGINS OR INDUSTRY OUTPUTS					---					---					TOTAL INDUSTRY OUTPUTS
PRIMARY INPUT SECTORS		---					MATRIX 3 FACTOR USES					MATRIX 4 NONMARKET TRANSFERS					TOTAL FACTOR RECEIPTS
		VECTOR 6: COMMODITY IMPORTS															
SUM		TOTAL COMMODITY SUPPLY					TOTAL INDUSTRY INPUTS					TOTAL FINAL OUTLAYS					

Tabla esquemática Input - Output

## 1.3.2. Cálculo de la huella de carbono de una empresa, producto y/o servicio

Para este alcance, existen metodologías tanto de carácter obligatorio (como la que establece la Directiva 2003/87/CE en relación al Régimen Europeo de Derechos de Emisión de GEI, para aquellas empresas que se vean afectadas por ella) como de carácter voluntario (como el Greenhouse Gas Protocol-GHG Protocol).

La norma UNE-ISO 14064:2006 también especifica el modo a través del cual debería de llevarse a cabo el cálculo de la HC de una empresa y de un proyecto.

La compañía Carbon Trust, junto con el Defra y la BSI British Standards han elaborado una especificación pública, la PAS 2050:2008, en relación al cálculo de las emisiones de GEI de bienes y servicios a lo largo de su ciclo de vida.

De entre las metodologías de cálculo de emisiones de GEI, se recogen y detallan a continuación las más difundidas e implantadas:

METODOLOGÍA	CREADOR	GEI CONTEMPLADOS	CARACTERÍSTICAS
<b>PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)</b>	Organización Meteorológica Mundial (WMO)  Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>◦ Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>◦ Óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)</li> <li>◦ Hidrofluorocarbonos (HFC)</li> <li>◦ Perfluorocarbonos (PFC)</li> <li>◦ Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)</li> <li>◦ Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>)</li> <li>◦ Trifluorometil pentafluoruro de azufre (SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>)</li> <li>◦ Éteres halogenados</li> <li>◦ Otros halocarbonos no cubiertos por el Protocolo de Montreal</li> </ul>	<p>Su objetivo es analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.</p> <p>Respaldado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.</p> <p><a href="http://www.ipcc.ch">www.ipcc.ch</a></p>
<b>GREENHOUSE GAS PROTOCOL (GHG PROTOCOL)</b>	World Resources Institute  World Business Council for Sustainable Development	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>◦ Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>◦ Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)</li> <li>◦ Hidrofluorocarbonos (HFCs)</li> <li>◦ Perfluorocarbonos (PFCs)</li> <li>◦ Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)</li> </ul>	<p>Han desarrollado lo que llaman "El Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte", el cual ofrece estándares y orientación para las compañías y otras organizaciones que estén preparando un inventario de GEI. Comprende dos estándares distintos, aunque vinculados entre sí:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de GEI: Guía para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI.</li> <li>◦ Estándar de cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI: Guía para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.</li> </ul> <p>Está desarrollando un nuevo estándar para la contabilidad y reporte de las GEIs de producto y cadena de suministro. El nuevo estándar incluirá documentos de orientación en torno a la cuantificación a lo largo del ciclo de vida ("huella de carbono") y la cuantificación y reporte correspondiente a toda la cadena de valor de una organización.</p> <p>A partir de las metodologías existentes, los futuros documentos guía ofrecerán procesos estandarizados para el inventario de emisiones GEI de las compañías a lo largo de la cadena de valor y para una mejor incorporación de los impactos de los GEI en la toma de decisiones, basados en una perspectiva de ciclo de vida.</p>



METODOLOGÍA	CREADOR	GEI CONTEMPLADOS	CARACTERÍSTICAS
			<p>Las herramientas de cálculo desarrolladas por el GHG Protocol permiten a las compañías desarrollar inventarios sencillos y fiables. La tipología de herramientas varían en función del sector industrial en el que se vayan a aplicar y se basan en lo establecido por el IPCC para la recogida de datos a nivel nacional, pero han sido refinadas para un público sin conocimientos técnicos sobre la materia.</p> <p><a href="http://www.ghgprotocol.org">www.ghgprotocol.org</a></p>
<p><b>PAS 2050:2008</b></p> <p><b>ASSESSING THE LIFE CYCLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF GOODS AND SERVICES</b></p>	<p>BSI British Standards</p> <p>Carbon Trust</p> <p>Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>◦ Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>◦ Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)</li> <li>◦ Hidrofluorocarbonos (HFC)</li> <li>◦ Perfluorocarbonos (PFC)</li> <li>◦ Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)</li> <li>◦ Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>)</li> <li>◦ Trifluorometil pentafluoruro de azufre (SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>)</li> <li>◦ Éteres halogenados</li> <li>◦ Otros halocarbonos no cubiertos por el Protocolo de Montreal</li> </ul>	<p>Sistema de certificación Británico creado con el fin de especificar los requisitos para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de bienes y servicios. Estas especificaciones serán aplicables tanto a las organizaciones que evalúan las emisiones GEI de productos a lo largo de su ciclo de vida, como a organizaciones que evalúan esas emisiones desde la cuna a la puerta (cradle-to-gate).</p> <p>A través de este sistema se tiene en cuenta la categoría de impacto de calentamiento global y las emisiones GEI se miden en masa y se convierten a CO<sub>2</sub> eq usando los coeficientes de GWP que propone el IPCC.</p> <p>La evaluación deberá incluir las emisiones relativas a procesos, entradas y salidas a lo largo del ciclo de vida, incluyendo pero no limitándose a las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Uso de energía</li> <li>◦ Procesos de combustión</li> <li>◦ Reacciones químicas</li> <li>◦ Pérdidas de refrigerantes y otros gases fugitivos</li> <li>◦ Operaciones</li> <li>◦ Servicios de aprovisionamiento y envío</li> <li>◦ Cambio del uso del suelo</li> <li>◦ Procesos agrícolas</li> <li>◦ Residuos</li> </ul> <p>Para calcular las emisiones de GEI asociadas a la Unidad Funcional de un producto se seguirá la siguiente metodología:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Conversión de los datos de actividad primaria y datos secundarios en emisiones GEI. Se multiplican los datos de actividad por el factor de emisión para cada actividad. Este resultado será registrado como emisión de GEI por unidad funcional de producto.</li> <li>b) Conversión de los datos de emisiones GEI a emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes multiplicando cada dato de emisión por su GWP.</li> <li>c) El impacto derivado del almacenamiento de carbono asociado al producto se expresará en CO<sub>2</sub>-eq y se descontará del total de emisiones.</li> <li>d) Se sumarán todos los resultados obtenidos para obtener las emisiones de GEI en términos de CO<sub>2</sub>-eq por unidad funcional.</li> <li>e) Se revisarán las emisiones teniendo en cuenta materias primas y actividades poco significativas que se hayan despreciado en las primeras etapas.</li> </ol>

<http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050/>

### 2.4 Herramientas para la medición de la huella de carbono

A continuación se describen las principales herramientas existentes hoy en día para la estimación de las GEI, por ser su aplicación la más extendida e implantada.

Se ha realizado una clasificación de las mismas atendiendo al foco/s de emisiones sobre el que se centran. De esta manera, las herramientas están orientadas a:

Organizaciones, si se están considerando las emisiones derivadas de la actividad propia de la organización.

Proyectos, si se están considerando las emisiones derivadas de los proyectos acometidos por las organizaciones o por los usuarios finales. Estos proyectos pueden contemplar también aquellos que permiten reducir las emisiones GEI.

Actividades, si se están considerando las emisiones derivadas de las acciones realizadas por el usuario final.

Producto, si se están considerando las emisiones debidas a todo el ciclo de vida del mismo.

Las herramientas pueden contener datos de múltiples sectores o ser específicas para la aplicación concreta en un sector.

En ocasiones se crean herramientas para su aplicación específica a una legislación o normativa.

Otras veces, el objetivo de la herramienta es sensibilizar sobre la problemática del cambio climático a la población y acercar a las personas que carecen de conocimientos técnicos las metodologías o los medios para calcular su huella de carbono, con la posibilidad, según que herramientas, de compensar dicha huella.

Por estas razones, las herramientas de medición de HC pueden tener un enfoque de su aplicación genérico, sectorial, o consistir en herramientas Online sencillas e intuitivas de utilizar.





#### 2.4.1 Herramientas genéricas

Se indican a continuación aquellas herramientas pensadas para cualquier sector de actividad.

ENTIDAD		DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...	
PE INTERNATIONAL		<p>La consultora PE INTERNATIONAL trabaja en torno a la huella de carbono en dos vertientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>Huella de Carbono de corporaciones:</b> La metodología utilizada para la estimación de la huella se basa en el ACV, trabajando de acuerdo con lo establecido en los protocolos existentes, tales como, el Protocolo GHG, la ISO 14064 y la PAS 2050. Los factores de emisión para las operaciones indirectas hacen referencia a la Base de Datos de Ciclo de Vida de la UE. El <b>software Sofi</b> es la solución ofrecida e integra la huella de carbono de las organizaciones y su cadena de suministro.</li> <li>◦ <b>Huella de Carbono de producto:</b> El ACV de acuerdo a la ISO 14044 (cubierto también por la PAS 2050) es la metodología elegida para la determinación de la huella de carbono de un producto. El <b>software GaBi</b> es la solución técnica ofrecida. Los datos primarios específicos correspondientes a los análisis de la propia compañía, y pueden combinarse con datos acerca de emisiones GEI recogidos en la base de datos de GaBi.</li> </ul> <p><a href="http://www.pe-international.com">www.pe-international.com</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	✓
AUTODESK		<p>El asistente para materiales sostenibles de <b>Autodesk Inventor</b> ayuda en la toma de decisiones para la selección de materiales que puedan reducir el impacto ambiental producido por un producto.</p> <p>El asistente ofrece amplios inventarios de materiales con campos en los que añadir propiedades de sostenibilidad y materiales usados habitualmente, e informes de sostenibilidad para analizar y documentar el impacto ambiental de los materiales seleccionados, posibilitando el cálculo de la huella de carbono del diseño al completo.</p> <p><a href="http://labs.autodesk.com/technologies/sustainable_materials_assistant/">http://labs.autodesk.com/technologies/sustainable_materials_assistant/</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	
			Productos	✓





ENTIDAD		DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...	
CARBON FOOTPRINT		<p>Recoge una serie de herramientas para el cálculo de las emisiones asociadas con diferentes actividades de negocios y domésticas. Los cálculos de las emisiones primarias se basan en factores de conversión tratados por diferentes instituciones como el Ministerio de medio ambiente, alimentación y asuntos rurales del Reino Unido, la EPA norteamericana, etc.</p> <p>Los cálculos de las emisiones secundarias se basan en estimaciones desarrolladas por la propia empresa para ilustrar así el impacto en el medioambiente de las actividades diarias.</p> <p><a href="http://www.carbonfootprint.com/index.html">www.carbonfootprint.com/index.html</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	✓
opsGHGM / ecoGHGM		<p>Herramienta software completa que ofrece soluciones para gestionar el esquema de mercado de emisiones de la UE, el US 1605b reporting y más.</p> <p><a href="http://www.esp-net.com/Solutions/GreenhouseGasSuite/tabid/66/Default.aspx">www.esp-net.com/Solutions/GreenhouseGasSuite/tabid/66/Default.aspx</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	
			Productos	
ESS GHG/ CARBON SOLUTION		<p>Plataforma integral con herramientas válidas para asesorar a diferentes actividades de negocio en la gestión y comunicación de los datos de GEI asociados a productos, a la cadena de suministro y localizaciones desde la planta hasta la sala de juntas.</p> <p>Apoya a las organizaciones en la obtención de datos y en el reporte de un inventario de emisiones de carbono verificable, el desarrollo de estrategias de negocio y herramientas de análisis, y ayuda a los usuarios en la evaluación de la ejecución de las estrategias de carbono, en la distribución de tareas y en la comunicación</p> <p><a href="http://www.ess-home.com/solutions/carbon-management/greenhouse-gas-reporting.asp">www.ess-home.com/solutions/carbon-management/greenhouse-gas-reporting.asp</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	
			Productos	
INTELEX TECHNOLOGIES		<p>El Módulo de Rastreo de GEI de INTELEX permite a los usuarios configurar los puntos y factores de emisiones a nivel de organización. Todos los datos de actividad (electricidad, uso de calderas, uso de vehículos, etc.) se transponen de manera directa a indicadores de gases de efecto invernadero y se traducen en la gestión al más alto nivel mientras que se mantiene la integridad de los datos de localización.</p> <p><a href="http://www.intelex.com/Greenhouse_Gas_Emissions-506-1product.aspx">www.intelex.com/Greenhouse_Gas_Emissions-506-1product.aspx</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	
			Productos	



## 2.4.2. Herramientas sectoriales

Existen otro grupo de herramientas desarrolladas con un enfoque específico y que cubren las necesidades

concretas de un determinado sector industrial. Más concretas que las anteriores, permiten una mejor aproximación en caso de disponer de una herramienta sectorial. Entre ellas, podemos destacar las siguientes:

ENTIDAD	SECTOR	DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...	
CENTER FOR CLEAN PRODUCTS AND CLEAN TECHNOLOGIES	ELÉCTRICO - ELECTRÓNICO	<p>La Calculadora de los beneficios ambientales de la electrónica pretende asesorar a las instituciones en la cuantificación de los beneficios de la gestión ambiental del equipamiento electrónico. La calculadora estima los beneficios medioambientales y económicos asociados a la compra de productos registrados como EPEAT, además de ofrecer mejoras en el uso de equipos y consejos sobre mejores prácticas en la gestión de su fin de vida.</p> <p>Actualmente, la herramienta está diseñada para evaluar ordenadores de escritorio (con CRT o LCD) y portátiles. (<a href="http://www.epeat.net">www.epeat.net</a>). Este proyecto ha desarrollado mediciones y herramientas cuantitativas que traducen atributos y actividades en beneficios ambientales, incluyendo entre otras la disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>.</p> <p><a href="http://eerc.ra.utk.edu/ccpct/eebc/eebc.html">http://eerc.ra.utk.edu/ccpct/eebc/eebc.html</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	✓

## Bloque 2: Huella de carbono

ENTIDAD	SECTOR	DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...
<b>CEMENT CO<sub>2</sub> PROTOCOL</b> 	EDIFICACIÓN Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	<p>Los métodos básicos para los cálculos propuestos por este Protocolo, tiene como referencia las Guías IPCC.</p> <p>El inventario propuesto por el Protocolo de la industria cementera, diferencia entre dos tipos de fuentes de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones directas.</li> <li>- Emisiones indirectas.</li> </ul> <p><a href="http://www.wbcscement.org">www.wbcscement.org</a></p>	Organización 
			Proyectos
			Actividades
			Productos
<b>BUILD CARBON NEUTRAL</b> 	EDIFICACIÓN Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	<p>Calculadora de carbono para la construcción que permite estimar las emisiones de CO2 asociadas a todo un proyecto de la construcción. Esta herramienta ayuda a constructores, arquitectos y agentes de planeamiento a aproximarse a las emisiones derivadas de un proyecto de la construcción. Para construir nuevas edificaciones generando el menor impacto ambiental posible, implica tres pasos esenciales: reducir, renovar y compensar.</p> <p>Mediante el uso de la calculadora de carbono se consiguen estimaciones acerca de la energía y las cantidades de carbono asociadas durante el proceso de construcción. Las mediciones tienen en cuenta los materiales de construcción, procesos y el carbono emitido debido a la degradación del ecosistema o el carbono secuestrado mediante instalaciones o restauración.</p> <p><a href="http://www.buildcarbonneutral.org">www.buildcarbonneutral.org</a></p>	Organización
			Proyectos
			Actividades
			Productos 
<b>SUPERFOS</b> 	ENVASE - EMBALAJE	<p>SUPERFOS, fabricante europeo de envases, ha desarrollado una nueva herramienta profesional que permite realizar cálculos precisos de la huella de carbono de cada solución de envasado.</p> <p>Puesto que los sistemas de energía y la eliminación de residuos varían de un país a otro, resultaba difícil calcular la huella real de cada mercado. La calculadora de SUPERFOS permite diferenciar entre la gestión de residuos, los sistemas de energía y los sistemas de recuperación de cada mercado, incluyendo la existencia o no de un sistema de reciclaje. La herramienta puede calcular las emisiones exactas de CO2 de los productos de SUPERFOS mediante la selección de materias primas, consumo de energía en producción, transporte y eliminación.</p> <p><a href="http://www.superfos.com/default3.asp?pge=/html/news/127_news.htm">www.superfos.com/default3.asp?pge=/html/news/127_news.htm</a></p>	Organización
			Proyectos
			Actividades
			Productos 
<b>GREENGIANTS</b> 	MOBILIARIO	<p>Recoge 12 calculadoras de carbono, algunas únicamente utilizables en su país de desarrollo.</p> <p><a href="http://www.beagreengiant.com/#/resources/calculators">www.beagreengiant.com/#/resources/calculators</a></p>	Organización
			Proyectos
			Actividades 
			Productos





### 2.4.3. Calculadoras online

Un último grupo lo constituyen las llamadas “calculadoras online”, pequeñas aplicaciones accesibles a través de Internet y que permiten un primer acercamiento al concepto de Huella de Carbono. Su resultado no es

tan exhaustivo como el que se puede obtener con las herramientas anteriores, aunque constituyen un buen punto de partida para conocer las implicaciones de la HC.


Entre las más importantes, podemos destacar las siguientes:

ENTIDAD		DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...	
INTERNATIONAL CARBON (ICROA)		<p>La Alianza Internacional de Reducción y Compensación de Carbono es una alianza sin ánimo de lucro que aglutina a proveedores líderes en reducción de compensación de carbono. Todas sus acciones se encaminan hacia la unificación de las normas de la industria. Prácticamente la totalidad de socios disponen de calculadoras online de la HC.</p> <p><a href="http://www.icroa.org">www.icroa.org</a></p>	Organización	✓
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	
CALCULADORA DE CARBONO		<p>Los gobiernos de Europa trabajan juntos para afrontar el cambio climático y reducir las emisiones de carbono en la UE. La Calculadora de Carbono ofrece algunas ideas para reducir la huella personal de carbono a través de sencillos cambios cotidianos.</p> <p>Para conocer el ahorro de carbono, se deben marcar los cambios dispuestos a realizar en cuatro categorías diferentes, con lo que la calculadora deducirá cuántos Kg. de CO<sub>2</sub> es posible ahorrar cada año, ofreciendo la posibilidad de comprometerse a reducir la huella de carbono personal.</p> <p><a href="http://www.mycarbonfootprint.eu/index.cfm?language=es">www.mycarbonfootprint.eu/index.cfm?language=es</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	
SAFE CLIMATE		<p>Determina las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de las fuentes principales de emisión: consumo doméstico de energía y transporte por coche y avión.</p> <p>La huella de Carbono asociada a los hábitos de cada persona, se basa en dos áreas principales del uso de energía. La metodología de cálculo se basa en lo establecido por la iniciativa GHG Protocol.</p> <p><a href="http://www.safeclimate.net/calculator">www.safeclimate.net/calculator</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	
CERO CO <sub>2</sub>		<p>CeroCO<sub>2</sub> es una iniciativa que pretende sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de iniciar una acción inmediata contra el calentamiento del planeta, para lo que ofrece herramientas para calcular, reducir, y compensar las emisiones de CO<sub>2</sub>.</p> <p><a href="http://www.ceroco2.org/calcular/Default.aspx">www.ceroco2.org/calcular/Default.aspx</a></p>	Organización	
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	
GREENPEACE		<p>GREENPEACE dispone de una calculadora específica orientada a la iluminación. Introduciendo el número de bombillas incandescentes que se quieren cambiar por bombillas fluorescentes, la calculadora estima el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>.</p> <p><a href="http://www.greenpeace.org/india/banthebulb/co2-calculator">www.greenpeace.org/india/banthebulb/co2-calculator</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	
			Productos	✓
AIR FRANCE		<p>Calculadora de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los vuelos realizados por las compañías AIR FRANCE, KLM y sus socios regionales (BRITAIR, CITYJET, REGIONAL, AIRLINER, CCM AIRLINES O KLM CITYHOPPER).</p> <p>La metodología de cálculo de emisiones se basa en la premisa de que el CO<sub>2</sub> emitido es proporcional al combustible consumido.</p> <p><a href="http://developpement-durable.airfrance.com/FR/en/local/calculateurCO2/calculateurAccueil.htm">http://developpement-durable.airfrance.com/FR/en/local/calculateurCO2/calculateurAccueil.htm</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	

## Bloque 2: Huella de carbono

ENTIDAD		DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...	
EARTHLAB		<p>Con el fin de calcular el impacto que un estilo de vida tiene sobre la tierra, EARTHLAB ofrece una calculadora con apartados sobre el hogar, energía, viajes, trabajo, etc.</p> <p><a href="http://www.earthlab.com/createprofile/reg.aspx">www.earthlab.com/createprofile/reg.aspx</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	
IDEA		<p>Emisiones de los automóviles: IDAE, emisiones de cada modelo de vehículo presente en el mercado español.</p> <p><a href="http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.84/relecategoria.1052/relemenu.86">www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.84/relecategoria.1052/relemenu.86</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	
			Productos	✓
EPA		<p>La EPA pone a disposición de los ciudadanos una calculadora de emisiones domésticas. La herramienta consta de tres apartados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimación de las emisiones actuales.</li> <li>- Análisis de acciones a llevar a cabo con el fin de reducirlas.</li> <li>- Resultados del ahorro económico asociado a la puesta en marcha de acciones.</li> </ul> <p>La información en la que basa sus cálculos contempla aspectos como el tipo de vivienda, consumo de calefacción, uso de vehículos, reducción de emisiones por hábitos de reciclado, etc.</p> <p><a href="http://epa.gov/climatechange/emissions/ind_calculator.html">http://epa.gov/climatechange/emissions/ind_calculator.html</a></p>	Organización	
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	
BERKELEY UNIVERSITY		<p>La Universidad de Berkeley, ha elaborado dos calculadoras para la estimación de la huella de carbono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una de las calculadoras permite estimar las emisiones asociadas a los viajes realizados en avión así como visualizar el coste recomendado para su compensación.</li> <li>- La otra, denominada CoolClimate Calculador, basa su estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en datos con respecto al uso del transporte, tipología de vivienda, alimentación, bienes y servicios, etc.</li> </ul> <p><a href="http://bie.berkeley.edu/calculator.swf">http://bie.berkeley.edu/calculator.swf</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	
MY CLIMATE		<p>Casi toda actividad diaria tiene como resultado emisiones que impactan de manera negativa sobre el clima. MYCLIMATE ha elaborado calculadoras de emisiones para diferentes ámbitos, además de proyectos mediante los cuales compensar dichas emisiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculadora de emisiones para los vuelos</li> <li>- Calculadora de emisiones del uso del coche</li> <li>- Calculadora de emisiones domésticas</li> <li>- Calculadora de emisiones de un negocio</li> <li>- Calculadora de emisiones de un evento</li> </ul> <p><a href="http://www.myclimate.org">www.myclimate.org</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	
			Productos	✓
ATMOSFAIR		<p>Permite a los viajeros calcular la cantidad de gases de efecto invernadero causados por los vuelos que realizan, así como estimar el coste para compensar dichas emisiones mediante la inversión en proyectos de protección ambiental.</p> <p><a href="http://www.atmosfair.de">www.atmosfair.de</a></p>	Organización	
			Proyectos	✓
			Actividades	✓
			Productos	
WWF		<p>Esta herramienta para el cálculo de la huella de carbono, tiene en cuenta aspectos diferenciados en 4 apartados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación. Es necesario incluir datos acerca del tipo de dieta.</li> <li>- Transporte.</li> <li>- Vivienda.</li> <li>- Otros. Se analiza la adquisición de electrodomésticos, joyería, herramientas, mascotas, etc.</li> </ul> <p><a href="http://www.footprint.wwf.org.uk">www.footprint.wwf.org.uk</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	✓



ENTIDAD		DESCRIPCIÓN	MIDE EMISIONES DE...	
GREEN PRINT		<p>GREENPRINT es una oportunidad para aprender sobre cómo las elecciones que se hacen en la vida cotidiana pueden afectar al planeta. El objetivo trata de identificar acciones que las personas pueden llevar a cabo para ayudar al medio ambiente.</p> <p><a href="http://www.mygreenprint.org/?WT.mc_id=123567">www.mygreenprint.org/?WT.mc_id=123567</a></p>	Organización	
			Proyectos	
			Actividades	✓
			Productos	

## 2.5. Compensación de las emisiones de GEI

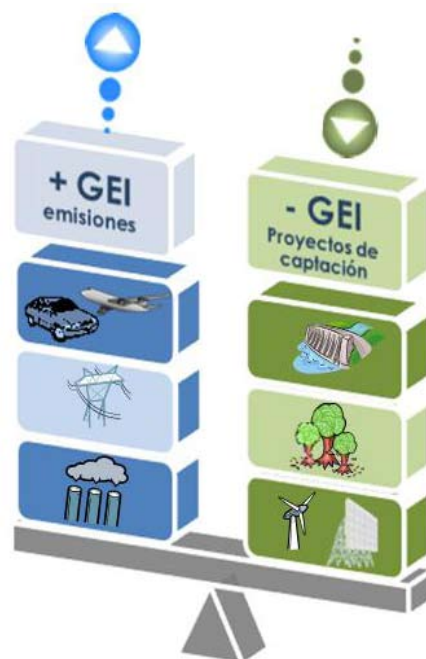
Como ya se ha comentado, el objetivo de la compensación de las emisiones de GEI es neutralizar el impacto generado por el sistema analizado. El concepto se centra en la participación en proyectos de compensación de emisiones (PCE).

Los PCE han de contribuir a la reducción de GEI en la atmósfera mediante una de estas vías:

Evitando la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por medio de proyectos de ahorro o eficiencia energética, o de sustitución de combustibles fósiles por energías renovables

Captando CO<sub>2</sub> de la atmósfera mediante proyectos de captación de CO<sub>2</sub>, por ejemplo a través de reforestación (en los que el CO<sub>2</sub> es retirado de la atmósfera al quedar fijado en la masa forestal a través del proceso de la fotosíntesis) o de desarrollo de nuevas tecnologías.

Las entidades que se dedican a gestionar los PCE suelen ser Organizaciones sin ánimo de lucro o no gubernamentales, que se dedican a ofrecer estos sistemas de compensación. El coste por cada tonelada de CO<sub>2</sub> que se haya de compensar varía de unas a



PRINCIPIO DE LA NEUTRALIDAD DEL CARBONO

Esquema de funcionamiento del principio de Compensación de Emisiones de GEI

otra, aunque lo normal es que suela rondar los 10€/tonelada CO<sub>2</sub> aproximadamente.

Destacamos a continuación algunas de estas organizaciones:

<b>Ekopass</b>	Promovida por la entidad Vasca Naidier, con la colaboración del Gobierno Vasco, principales ayuntamiento de la CAPV y las cajas de ahorro vascas. Para empresas o administraciones, dispone de un servicio personalizado para ayudar a estimar las emisiones generadas por la organización y elaborar un plan de compensaciones y certificar todo el proceso. <a href="http://www.ekopass.org">http://www.ekopass.org</a>
<b>CeroCo2</b>	Iniciativa conjunta de las Fundaciones Ecología y Desarrollo y Accionatura, que cuenta con el apoyo de los Ayuntamientos de Barcelona y Zaragoza, la Junta de Andalucía, la Diputación de Barcelona, el Centro de Recursos Ambientales de Navarra, el Gobierno de Cantabria y el INCAE Business School de Costa Rica. Ofrecen la posibilidad de elegir entre los distintos proyectos a los que destinar el dinero. <a href="http://www.cero2.org">www.cero2.org</a>
<b>Climate care</b>	ONG de origen inglés que cuenta con varios proyectos de energías renovables en África y Asia. También cuenta con sistema de cálculo de emisiones en línea y con paquetes para empresas. <a href="http://www.jpmorganclimatecare.com">www.jpmorganclimatecare.com</a>
<b>OCO2</b>	Organización holandesa. Los proyectos destinados se basan en las energías renovables al 100%. No cuenta con un sistema de cálculo de emisiones de Co <sub>2</sub> en línea, siendo necesario para ello establecer contacto. La Web está en inglés. <a href="http://www.oco2.com">www.oco2.com</a>

Un detalle sobre estos sistemas de compensación es que una gran parte de estos proyectos se dedican a la reforestación, una práctica sobre la que no se suelen tener en cuenta ciertos inconvenientes, como que la madera vuelve a emitir el CO<sub>2</sub> absorbido si es quemada. Además, lo que se paga ahora es por lo que se absorberá en los próximos años, no por lo que se ha contaminado, con lo que los cálculos y los datos se pueden desfasar.

Por otra parte, la compensación de emisiones no tiene porqué llevar implícito que el proyecto o producto analizado contenga algún tipo de estrategia de mejora medioambiental o que el mismo sea "ecológico". De ahí surgen las dudas sobre las intenciones de algunas empresas que han hecho gala de esta conducta ecológica en sus campañas de publicidad, ya que la información mostrada, aunque es cierta, no es del todo transparente.

Así por ejemplo, decir que un producto o actividad es carbón neutro o CO<sub>2</sub>=0. Se da a entender que ese producto es ecológico o que no genera emisiones, cuando lo único que se ha hecho es calcular las emisiones de GEI y pagar su equivalente para compensarlas a través de un PCE.

Si que es cierto que muchos de los sistemas de compensación de emisiones marcan como obligatorio que se hayan llevado a cabo estrategias de reducción de las emisiones, pero no siempre es el caso, y por ello se ha anunciado desde diversas administraciones que pondrán en marcha un registro en el Observatorio de la Sostenibilidad para garantizar un control objetivo y riguroso.

Con todo, asegurando una información veraz en las acciones comerciales y de promoción, la participación en sistemas de este tipo contribuye de forma decidida a la mejora ambiental, siendo un comportamiento recomendable para las organizaciones empresariales comprometidas con el Medio Ambiente.



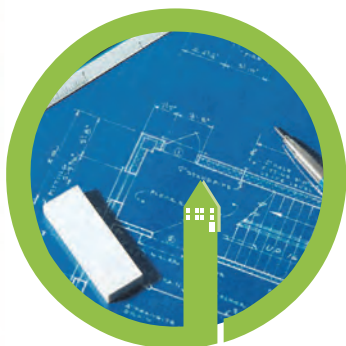


Herr-baitza  
Sociedad Pública del

**EUSKO JAURLARITZA**  
**GOBIERNO VASCO**

INGURUMEN, LURRALDE  
PLANGINTZA, NEKAZARITZA  
ETA ARRANTZA SAIA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,  
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL,  
AGRICULTURA Y PESCA



# Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al sector de la edificación

**Proyecto EnerBuiLCA**

Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings



UE/EU - FEDER/ERDF





Programa  
de Cooperación  
Territorial SUDOE  
Interreg IV B

# Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al sector de la edificación

Proyecto EnerBuiLCA

Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings



UE/EU - FEDER/ERDF

## PROYECTO ENERBUILCA

### Equipo de Trabajo:

#### Coordinadores:

Ignacio Zabalza  
Alfonso Aranda  
Sabina Scarpellini  
*CIRCE - Centro de Investigación  
de Recursos y Consumos Energéticos*

#### Participantes:

Cristina Gazulla  
Marina Isasa  
*Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida  
y Cambio Climático (ESCI-UPF)*

Lara Mabe  
Beatriz Sánchez  
*TECNALIA - Corporación tecnológica. Unidad  
de Construcción - División de Sostenibilidad*

Ferran Bermejo  
Gloria Díez  
*iMat - Centro Tecnológico de la Construcción*

Rogelio Zubizarreta  
*IAT - Instituto Andaluz de Tecnología*

António Baio Dias  
*CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica  
e do Vidro Direcção Geral Unidade  
de Ambiente e Sustentabilidade*

Lucie Duclos  
*NOBATEK - Centre de Ressources Technologiques*

Paulo Partidário  
Paulo Martins  
Paula Duarte  
Rui Frazão  
*LNEG - Laboratório Nacional de Energia  
e Geologia, IP*



# Índice

1. Introducción .....	5
2. Descripción del concepto de enfoque de ciclo de vida .....	7
3. Descripción de los orígenes y desarrollo del ACV .....	11
4. Metodología del ACV .....	13
4.1. Definición de objetivos y alcance .....	14
4.2. Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) .....	18
4.3. Evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV) .....	19
4.4. Interpretación de resultados .....	24
5. Oportunidades del uso o aplicación del ACV en el sector de la edificación .....	25
6. Principales herramientas que permiten aplicar el ACV en el sector de la edificación .....	31
7. La herramienta EnerBuiLCA .....	35
8. Un ejemplo práctico de aplicación del ACV en el sector de la edificación: ACV de baldosas cerámicas .....	39
8.1. Motivación / objetivos de la aplicación de la metodología de ACV .....	40

8.2. Descripción del producto .....	41
8.3. Utilización del ACV en el caso de éxito .....	41
8.4. Resultados .....	45
8.5. Conclusiones .....	47
9. Estado del arte del ACV en el sector de la edificación y propuestas de mejora .....	49
Referencias .....	53



## Introducción

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y su aplicación a los edificios, es percibido por muchos como una metodología complicada y que requiere de mucho tiempo para su aprendizaje y comprensión. Además de esto, se han identificado otras barreras a la aplicación más generalizada del ACV como son la falta de bases de datos gratuitas y también de exigencias legislativas u otros incentivos, como puede ser la desvinculación de los actuales procedimientos de certificación energética y el ACV. Algunas de las acciones propuestas para sobrellevar estas barreras incluyen la formación y concienciación general sobre la importancia del ACV, la oferta de información sintetizada y guías sencillas y el establecimiento de requerimientos normativos relativos a la consideración de los impactos ambientales en la totalidad del ciclo de vida de los edificios, y no sólo en la fase de uso, como sucede actualmente. Las acciones de formación y concienciación quedan recogidas en el marco del proyecto EnerBuiLCA mediante el desarrollo de este manual explicativo de ACV, el manual de uso de la herramienta EnerBuiLCA y los cursos de formación.





## Descripción del concepto de enfoque de ciclo de vida

Los edificios producen impactos en el medioambiente a lo largo de todas las etapas de su vida útil, comenzando por la extracción de las materias primas y su transporte, el consumo de energía necesario para la fabricación de los materiales constructivos y su transporte desde las plantas de producción hasta la obra, los movimientos de tierra, consumos energéticos y residuos que se producen durante la construcción de los edificios, el consumo de energía y agua para satisfacer las distintas demandas en el uso de los edificios, su mantenimiento y finalmente su demolición, así como la disposición final de todos sus elementos constructivos al final de su vida útil. Además, todas estas etapas de la vida de los edificios están fuertemente interrelacionadas, de modo que los impactos en una de las etapas condicionan los impactos de las etapas siguientes.

A pesar del elevado impacto energético y ambiental que presentan los edificios en su fase de uso, es imprescindible también analizar el resto de fases del ciclo de vida, con el objetivo de poder contemplar todas las oportunidades de mejora, tanto actuales como futuras. En este sentido, hay que tener en cuenta que la aplicación del actual marco normativo forzaría necesariamente una disminución de los impactos en la etapa de uso de los edificios, aumentando el peso relativo de las restantes etapas que forman parte del ciclo de vida de los edificios, especialmente en lo referente al impacto de la producción de los materiales de construcción utilizados.

Por todo ello, la reducción del impacto medioambiental de los edificios requiere la aplicación de metodologías de evaluación de impacto adecuadas, de carácter global, y que incluyan todas las etapas de la vida de un edificio.

Según la Comisión Europea [COM (2003) 302; COM (2005) 666; COM (2005) 670 y COM (2008) 397], en la actualidad, la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye el mejor marco disponible para evaluar los impactos ambientales potenciales de cualquier tipo de actividad, producto o servicio sin límites geográficos, funcionales o temporales, ya que se examinan todos los procesos seguidos por las materias primas, desde su extracción, transformación y uso hasta su retorno a la naturaleza en forma de residuos. Por tanto, una ventaja clara del ACV es que permite detectar situaciones en las que un determinado producto parece más ecológico que otro simplemente porque transfiere cargas ambientales a otros procesos o zonas geográficas, sin que se produzca una mejora real desde el punto de vista global.



FIGURA 1. Ciclo de vida de un producto.

A pesar de que existen estudios de ACV de productos industriales desde hace más de 40 años, su aplicación al sector de la edificación es relativamente reciente y requiere de un esfuerzo investigador para la correcta adaptación de la metodología que



garantice su uso generalizado por parte de los agentes del sector. En general, la aplicación del ACV en la edificación conlleva una mayor complejidad con respecto a otros sistemas más sencillos, como por ejemplo, la fabricación de productos y componentes, que tienen lugar en entornos más controlados, en los que se dispone de más información. Es obvio que los edificios constituyen un tipo de “producto” muy especial, ya que tienen una vida relativamente larga (que supera mayoritariamente los 50 años), pueden sufrir modificaciones en su uso con cierta frecuencia (especialmente si se trata de edificios del sector terciario como oficinas o locales comerciales) lo que afecta a la unidad funcional utilizada en el ACV, a menudo tienen múltiples usos y funciones (ya que en un mismo edificio puede haber viviendas, garajes, oficinas, etc.), contienen una gran cantidad de materiales y componentes diferentes, se construyen en un entorno predeterminado, son normalmente únicos (rara vez se pueden encontrar dos edificios que sean iguales aún estando contruidos con los mismos materiales), están integrados dentro de una urbanización en la que existen diversas infraestructuras viarias, lo que complica el establecimiento de los límites del sistema a analizar y la asignación de los impactos medioambientales de dichas infraestructuras entre los distintos edificios que se benefician de las mismas.



En este contexto, el ACV es una metodología versátil y útil para disminuir los consumos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector de la construcción y establecer las estrategias de mejora medioambiental más adecuadas desde una perspectiva global [Thormark C., 2002; Yohanis Y.G., Norton B., 2002; Adalberth K. et al., 2001; Peuportier B., 2001; Sartori I., Hestnes A.G., 2007].

Por ello, el ACV permite dar una respuesta clara para cada edificio particular, a cuestiones tales como: ¿cuál es la mejor combinación de materiales de construcción para la fachada?, ¿qué estructura es más respetuosa con el medioambiente?, ¿qué fuentes energéticas son las más adecuadas?, ¿cuál es el espesor de aislamiento óptimo?, ¿en cuánto se reduce el impacto medioambiental al instalar sistemas renovables como captadores solares térmicos, paneles fotovoltaicos, calderas de biomasa o aerogeneradores de pequeña potencia?, ¿cómo repercute la posibilidad de reciclado de una determinada solución constructiva?, ¿cuál es el impacto asociado a la movilidad de los ocupantes del edificio y a las infraestructuras de suministro de energía y agua necesarias?, ¿qué objetivos medioambientales es posible plantear para el edificio? y ¿cuál es el grado de cumplimiento de dichos objetivos medioambientales?



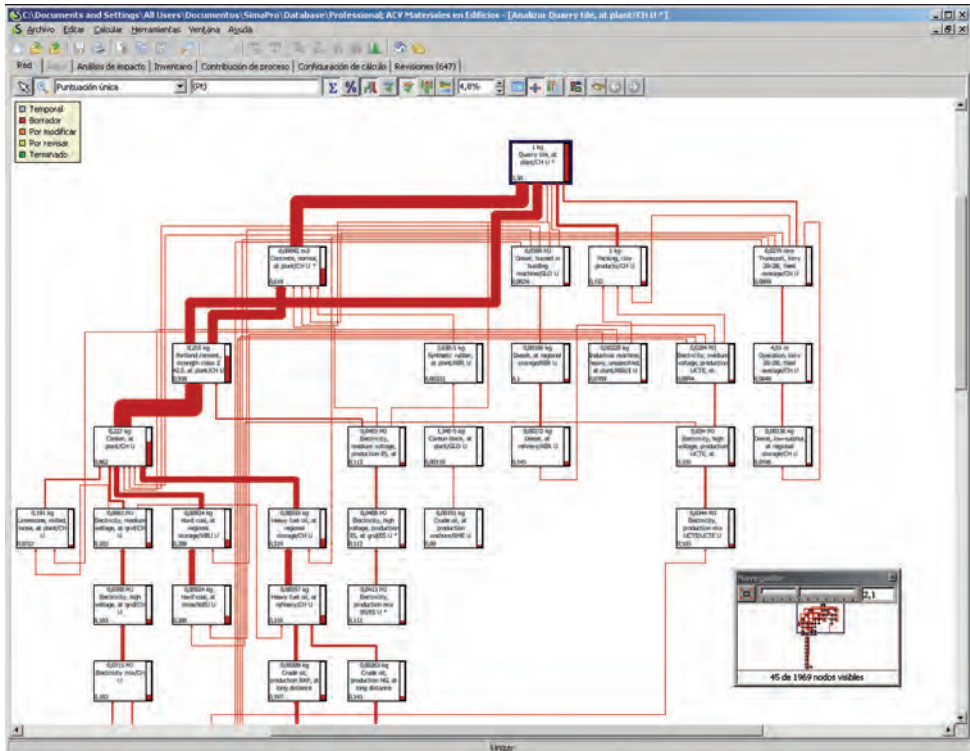
## Descripción de los orígenes y desarrollo del ACV

Los primeros estudios de ACV datan de finales de los años 60 y principios de los 70 [Boustead I., 1972; Boustead I., Hancock G.F., 1979] En lo que respecta a la edificación, en 1982 se publicó un estudio que utilizando un diagrama de flujo input/output [Bekker P.C.F., 1982] realizó una aproximación al ciclo de vida de la edificación, remarcando el agotamiento de los recursos naturales causado por este sector.

No obstante, hasta la década de los 90 la metodología del ACV no estuvo suficientemente desarrollada siendo su aplicación bastante limitada [Boustead I., 1996]. Fue la SETAC —Society of Environmental Toxicology and Chemistry— quién en 1993 estableció la primera definición oficial de ACV, según la cual, se trata de “un proceso objetivo para evaluar cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar su impacto en el medioambiente y evaluar y poner en práctica estrategias de mejora medioambiental”.

A diferencia de otras metodologías que se centran en la mejora de los impactos medioambientales de los procesos, el ACV estudia los aspectos medioambientales y los impactos potenciales a lo largo de toda la vida de los productos y/o servicios, “desde la cuna hasta la tumba”, es decir, desde la extracción de las materias primas y la energía necesaria hasta la producción, uso y disposición de los productos desde una perspectiva global, sin ningún tipo de límites geográficos, funcionales o temporales.

En el año 1996, la SETAC elaboró el informe “Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment”, que sirvió de base para la elaboración de las primeras normas sobre ACV [ISO 14040-14044] publicadas entre 1997 y 1998.



En los últimos años, diversos autores han propuesto ampliar el enfoque del ACV atendiendo a la triple "P" de la sostenibilidad: people (social) - planet (ambiental) - profit (económica), proponiendo un análisis de ciclo de vida para la sostenibilidad (ACVS), que integre el ACV convencional con el Análisis del Coste del Ciclo de Vida (ACCV) y el análisis del ciclo de vida social [Weidema B.P., 2006; Klöpffer W., 2008; Andrews E.S., et al., 2009; Heijungs R., Huppes G., Guinée J.B., 2010].



## Metodología del ACV

En la actualidad, la metodología general de ACV está estandarizada en las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006.

En el caso de los edificios, existe un conjunto de estándares metodológicos publicados por parte del Comité Técnico 350 “Sustainability of construction works” del Comité Europeo de Normalización bajo mandato de la Unión Europea para la Normalización en el campo de la gestión integral del comportamiento medioambiental de los edificios [EN 15643-1,-2,-3 y -4, EN 15804, EN 15978]. Estos estándares proporcionan un método de cálculo basado en el ACV para evaluar el comportamiento medioambiental de un edificio y comunicar los resultados de dicha evaluación.

La metodología general del ACV consta de cuatro fases, si bien es posible realizar estudios simplificados, en los que se elimine alguna de ellas:

- Definición de objetivos y alcance, donde se establece la finalidad del estudio, los límites del sistema a evaluar, los datos necesarios y otras hipótesis.
- Análisis de inventario, donde se cuantifican todos los flujos de energía y de materiales que entran y salen del sistema durante todo su ciclo de vida.
- Evaluación de los impactos ambientales derivados de los flujos de energía y materiales recopilados en el inventario y que son clasificados según los efectos ambientales que pueden generar.
- Interpretación, donde los resultados de las fases precedentes son analizados conjuntamente, en consonancia con los objetivos del estudio, con objeto de establecer las conclusiones y recomendaciones finales.

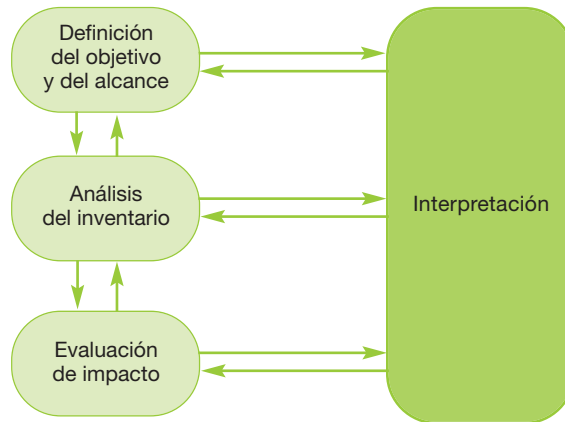


FIGURA 2. Metodología general del ACV.

La metodología del ACV tiene un carácter dinámico o iterativo, de manera que las cuatro fases de las que consta están interrelacionadas. Por ello, a medida que se obtienen resultados se pueden reconsiderar las hipótesis planteadas o refinar los datos utilizados en cualquiera de las fases [Aranda A., et al., 2006].

## 4.1. Definición de objetivos y alcance

De acuerdo con la norma ISO 14044, el objetivo y alcance de un estudio de ACV deben definirse claramente y ser consistentes con la aplicación que se persigue. Así, en cuanto al objetivo, se debe indicar claramente la aplicación y las razones para desarrollar el estudio, el público al que va dirigido y si los resultados se van a utilizar con fines comparativos [ISO 14040:2006]. Es evidente que en el caso de los estudios de ACV en edificios, el objetivo y alcance pueden variar notablemente en función del tipo y uso del edificio, de su localización geográfica y del momento de la vida del edificio en que se haga el estudio (etapa preliminar de diseño, construcción, uso, rehabilitación o demolición). No obstante, si se pretende comparar los resultados del ACV de distintos edificios, deberán utilizar la misma unidad funcional y consideraciones metodológicas equivalentes como la función, los límites del sistema, la calidad de los datos, la evaluación de impacto, etc.

En cuanto al alcance, entre otros aspectos se deben definir:

- *La función del sistema a estudiar*, que define sus características de operación. Hay que destacar que un sistema puede tener más de una función. Por ello, si se pretende comparar 2 sistemas diferentes, es preciso que desarrollen la misma función. Por ejemplo, no sería correcto comparar un estudio de ACV de un edificio que contiene viviendas y oficinas con otro destinado sólo a viviendas, ya que la función desempeñada por cada uno de ellos es distinta. Del mismo modo, a la hora de comparar soluciones constructivas, se debe asegurar que se rijan por las mismas normativas y que cumplan con las mismas exigencias y condicionantes de uso. Los productos, componentes o sistemas de los edificios deben ser comparados en el contexto del ciclo de vida del edificio. Por todo ello, en estudios de ACV comparativos de edificios o componentes de edificios se utiliza el concepto de “*equivalente funcional*”, definido como una representación de las características técnicas y funcionales del edificio. En la definición del equivalente funcional se deben tener en cuenta aspectos como legislación vigente, los requerimientos técnicos, la/s función/es desempeñadas, el patrón de uso y ubicación del edificio, su duración, etc.
- *La unidad funcional*, que constituye la unidad de referencia para todas las entradas y salidas del sistema que se obtendrán en el análisis de inventario. El “tamaño” de la unidad funcional depende del tipo de estudio que se pretenda realizar. Un ejemplo típico de unidad funcional aplicado a edificios podría ser: un edificio diseñado para un determinado número de residentes o trabajadores suponiendo una ocupación del 100%, en una localización concreta, cumpliendo unas normativas determinadas relativas al confort térmico, salubridad, limitación de demanda energética, etc., durante una vida útil estimada de 50 años. La vida útil estimada de 50 años se utiliza a menudo como valor predeterminado [Malmqvist T., et al., 2010], ya que, por múltiples motivos, es muy difícil prever la duración real de un edificio.

- *El sistema*, es decir, aquello que se está analizando y que incluye el conjunto de procesos unitarios o subsistemas necesarios que, interconectados material y energéticamente, permiten la presencia del producto estudiado en el mercado.
- *Los límites del sistema*, que delimitan los procesos unitarios que serán incluidos dentro del análisis. Hay que considerar que no es necesario gastar recursos para la cuantificación de las entradas y salidas que no cambien significativamente las conclusiones del estudio. Por ello, es necesario establecer unos límites en consonancia con los objetivos del estudio, que además posteriormente puedan ser refinados sobre la base de los resultados preliminares. En cualquier caso, toda decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/salidas debe quedar claramente justificada y los criterios o reglas de corte utilizadas para fijar los límites del sistema deben garantizar la precisión y representatividad de los resultados obtenidos.

En el caso de edificios, según las recomendaciones del CEN/TC 350, el sistema a analizar debe incluir las siguientes 4 etapas o subsistemas del edificio: producción, construcción, uso y disposición final, tal como se indica en la siguiente tabla.





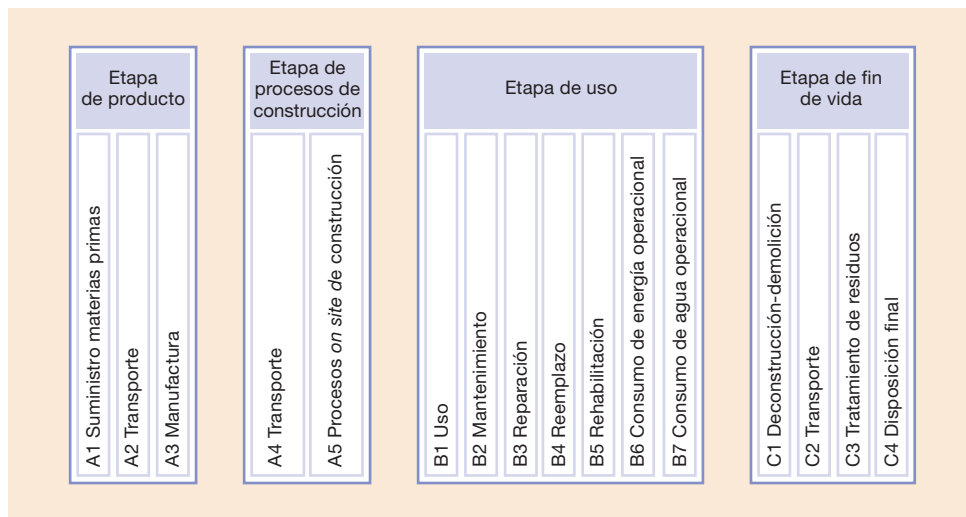


TABLA 1. Etapas del ciclo de vida de un edificio según el estándar EN 15643-2 del CEN/TC 350.

- Dentro del alcance, hay que definir también las *categorías y metodologías de evaluación de impacto* que se van a emplear en el estudio. Cada método de evaluación difiere en las categorías de impacto consideradas, los métodos de cálculo de los impactos y en el peso asignado a cada uno de ellos. La siguiente tabla muestra, sobre la base del mayor consenso científico existente, las categorías de impacto recomendadas por CEN/TC 350 para llevar a cabo estudios de ACV en edificios.

Categoría de impacto
Calentamiento global
Destrucción de la capa de ozono estratosférico
Acidificación de la tierra y el agua
Eutrofización
Formación de ozono troposférico
Agotamiento de recursos abióticos (elementos y fósiles)

TABLA 2. Categorías de impacto sugeridas para ACV en edificios por el CEN/TC 350.



- Otro aspecto a definir dentro del alcance son los *requisitos de calidad de los datos* necesarios para lograr los objetivos del estudio. Estos requisitos deberían especificar la cobertura temporal (antigüedad de los datos utilizados), geográfica (local, regional, nacional, continental, global, etc.) y tecnológica (mejor tecnología disponible, media ponderada de tecnologías, etc.), así como la precisión, amplitud y representatividad de los datos, entre otros aspectos.

## 4.2. Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)

El análisis de inventario comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes a cada uno de los procesos unitarios que formen parte del sistema analizado. En definitiva, se trata de realizar un balance de los flujos elementales que entran y salen del sistema a lo largo de todo su ciclo de vida para la unidad funcional seleccionada. Los flujos elementales son los flujos energéticos y de materiales que provienen de la naturaleza (como por ejemplo, el petróleo, el carbón, el agua, la arena natural, etc.) sin ninguna transformación previa realizada por el ser humano, o que van directamente a la naturaleza (como por ejemplo, las emisiones al aire de CO<sub>2</sub>, los vertidos de nitratos al agua, etc.). Para cada proceso unitario, las entradas cuantificadas incluyen el uso de energía y materias primas, mientras que las salidas cuantificadas incluyen las emisiones al aire, agua y suelo, subproductos y otros vertidos, tal como muestra la siguiente figura.

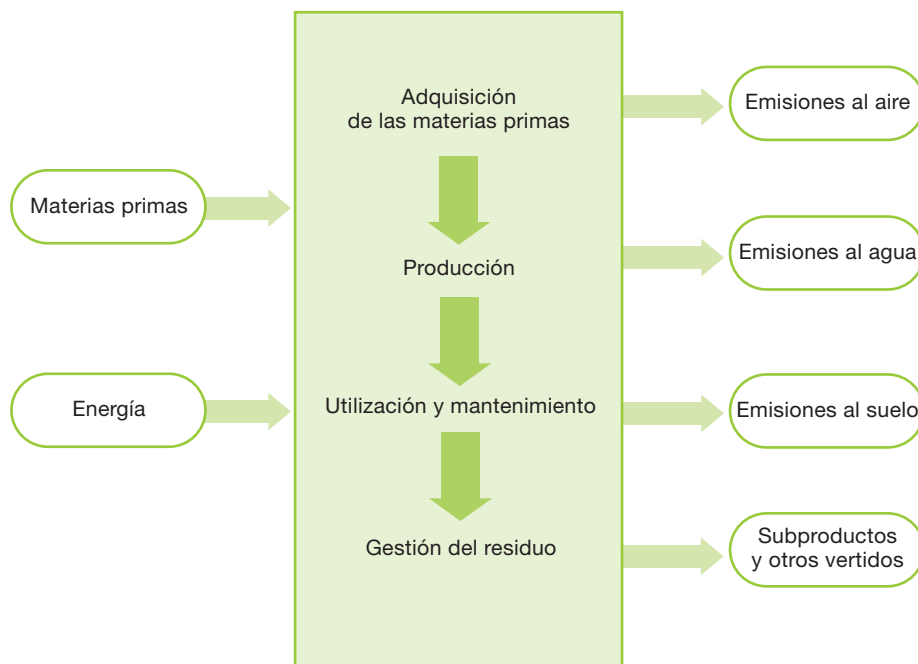


FIGURA 3. Inventario del ciclo de vida aplicado a un proceso unitario del sistema.

En caso de que existan procesos que den lugar a más de un producto, o los residuos del producto sean reciclados o reutilizados para crear un nuevo producto, se deben aplicar criterios de asignación que permitan un adecuado reparto de los impactos entre los distintos productos.

### 4.3. Evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV)

En esta fase se agrupan y evalúan los resultados del inventario de ciclo de vida de acuerdo a las categorías de impacto (como por ejemplo, el calentamiento global potencial, la acidificación de la tierra y el agua, etc.) seleccionadas en la fase de

definición de objetivos y alcance. Cada categoría se cuantifica mediante indicadores numéricos (como por ejemplo, los kg de CO<sub>2</sub> equivalentes), para lo cual se aplican métodos de evaluación de impactos determinados.

La evaluación de impactos incluye obligatoriamente las siguientes etapas:

- *Clasificación:* Asignación de los datos del inventario a las categorías de impacto previamente seleccionadas y siguiendo el método de evaluación escogido. Todas las entradas y salidas del inventario se clasifican en las diferentes categorías de impacto, de acuerdo con el tipo de cambio que pueden ocasionar en el medioambiente. El resultado final es un inventario agrupado y simplificado donde solo aparecerán aquellos flujos energéticos y materiales que afecten a las categorías seleccionadas.
- *Caracterización:* Evaluación de la relevancia de los distintos flujos energéticos y materiales para poder así calcular los indicadores numéricos de cada categoría de impacto (como por ejemplo, kg de CO<sub>2</sub> equivalente para el calentamiento global). Se basa en la conversión, para cada categoría de impacto, de los resultados del ICV a unidades comunes utilizando factores de caracterización que representan la cantidad de ese compuesto que, de ser emitido, tendría un efecto en el medio ambiente cuantitativamente comparable a la unidad base de la categoría de impacto (por ejemplo, 1 kg de CH<sub>4</sub> tiene el mismo efecto de calentamiento global que 21 kg de CO<sub>2</sub>). El resultado de la caracterización es el perfil ambiental del sistema, compuesto por el conjunto de indicadores ambientales de las categorías de impacto consideradas.

El resultado final de la caracterización es un inventario agrupado por categorías de impacto, evaluadas cada una de ellas mediante un indicador numérico.

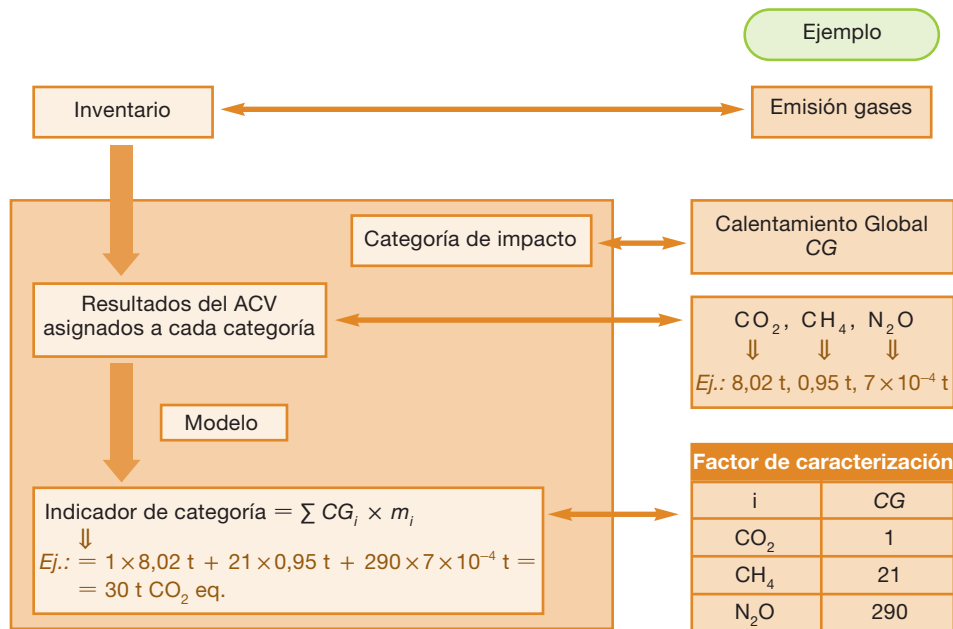


FIGURA 4. Fases de clasificación y caracterización en la EICV. Categoría de calentamiento global.

Opcionalmente los resultados numéricos de la caracterización pueden además normalizarse, agruparse y ponderarse en las siguientes etapas:

- **Normalización:** Cálculo de la importancia relativa de los indicadores de impacto del sistema analizado en relación a las magnitudes reales o previstas a escala nacional, continental o global para dichos indicadores. Conocer el grado de contribución de cada categoría de impacto considerada en un contexto más global puede ayudar a comprender mejor la magnitud relativa de los indicadores numéricos obtenidos en la caracterización. En la normalización se dividen los resultados de la caracterización por factores normalizados que expresan los resultados de impacto para área geográfica y momento de tiempo determinados (como, por ejemplo, los impactos ambientales generados por un ciudadano medio europeo en un año).

- **Ponderación:** Ponderación (subjetiva) de los resultados de las distintas categorías de impacto con el fin de poder compararlas directamente e incluso agregarlas en un único indicador global. En esta etapa, los resultados de los indicadores normalizados de las diferentes categorías de impacto son convertidos a unidades comunes utilizando para ello factores de ponderación numéricos basados en valoraciones subjetivas o juicios de valor. Así, por ejemplo, en un país afectado por las consecuencias del cambio climático, esta categoría de impacto tendrá una gran importancia. Los factores de valoración son obtenidos con criterios socioeconómicos, que se pueden basar en valores monetarios, estándares fijados por las autoridades o criterios establecidos por un panel de expertos. En cualquier caso, tal y como reconoce la norma ISO 14044, no se trata de factores que tengan relevancia científica.

Conviene destacar que en un estudio determinado se pueden utilizar diferentes metodologías de evaluación de impacto con objeto de contrastar los resultados obtenidos para distintas categorías de impacto. Las metodologías de evaluación incluyen normalmente varios de los indicadores medioambientales presentados anteriormente. Entre las más utilizadas en estudios de ACV, destacan las de CML 2001 [Guinée J.B., et al., 2002], Ecoindicador [Goedkoop M, Spriensma R., 2001] o Recipe [Sleeswijk A.W., et al., 2008].

## Ejemplo de clasificación, caracterización y normalización de impactos

Para comprender mejor las etapas anteriores se propone el siguiente ejemplo. Dentro de la categoría de impacto “calentamiento global”, se incluyen principalmente las emisiones de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, emitidos por la acción humana contribuyendo al sobrecalentamiento del planeta. No obstante, cada uno de estos gases contribuye con distinto peso al calentamiento global. Para realizar la caracterización se toma como indicador de referencia los kg de CO<sub>2</sub> emitidos, por lo que su factor de caracterización es la unidad (1). A partir de ahí, sobre la base de estudios científicos (como los que publica periódicamente el Panel Intergubernamental para el Cambio

Climático) se conoce que el CH<sub>4</sub> tiene un efecto sobre el calentamiento global 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub>, mientras que el N<sub>2</sub>O es 290 superior. Por tanto los factores de caracterización del CH<sub>4</sub> y del N<sub>2</sub>O para el calentamiento global serían de 21 y 290 respectivamente. Utilizando estos factores, el indicador numérico de la categoría “calentamiento global” se obtendría a partir de la suma ponderada de la masa emitida de cada contaminante multiplicada por su factor de caracterización, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Calentamiento global (kg CO}_2 \text{ equivalente)} = \sum_i \text{CG}_i \times m_i$$

Donde:

- CG<sub>i</sub>: Factor de caracterización para el calentamiento global de la sustancia i (kg CO<sub>2</sub>/kg<sub>i</sub>).
- m<sub>i</sub>: Masa emitida de la sustancia i (kg).

Supongamos que el sistema analizado, emite 8,02 t de CO<sub>2</sub> (=8,02 t de CO<sub>2</sub> eq.), 0,95 t de CH<sub>4</sub> (× 21 = 19,95 t de CO<sub>2</sub> eq.) y 0,0007 t de N<sub>2</sub>O (× 290 = 2,03 t de CO<sub>2</sub> eq.), dando un resultado de caracterización de 30 t de CO<sub>2</sub> eq. para la categoría de calentamiento global.

En la normalización se persigue determinar la trascendencia de esta cifra comparándola con un valor de referencia. Para ello, sobre la base de estudios científicos, se conoce que la cantidad anual de CO<sub>2</sub> emitida a escala global que contribuye al calentamiento global es de 38 × 10<sup>9</sup> t de CO<sub>2</sub>.

Esta cifra constituirá el factor de normalización para la categoría “calentamiento global”, por lo que las 30 t de CO<sub>2</sub> eq. del sistema analizado se dividirán por esta cantidad: 30 t de CO<sub>2</sub> / 38 × 10<sup>9</sup> t de CO<sub>2</sub> = 89,47 × 10<sup>-12</sup>.

Este resultado, cifra adimensional, representa el orden de magnitud del impacto ambiental del producto comparado con la carga ambiental total para la categoría de impacto “calentamiento global”.

## 4.4. Interpretación de resultados

En la fase de interpretación se combinan los resultados de las fases anteriores del ACV para obtener conclusiones y recomendaciones útiles para la toma de decisiones sobre el sistema analizado. En la interpretación se engloban 3 elementos fundamentales:

- *Identificación de las variables significativas:* qué procesos conllevan un mayor impacto y cuáles se podrían obviar.
- *Verificación de los resultados:* Se pretende establecer y reforzar la confianza y fiabilidad de los resultados del estudio mediante análisis de integridad, de sensibilidad y de consistencia. El análisis de integridad pretende asegurar que toda la información relevante y los datos necesarios para la interpretación están disponibles y completos. En el análisis de sensibilidad se evalúa la fiabilidad de los resultados finales y de las conclusiones determinando si se ven afectados por incertidumbres en los datos o en los métodos de evaluación seleccionados. El análisis de consistencia valora si las hipótesis, métodos y datos son coherentes con el objetivo y alcance del estudio.
- *Conclusiones y recomendaciones.*





## Oportunidades del uso o aplicación del ACV en el sector de la edificación

La aplicación de la metodología de ACV en edificios conlleva innumerables oportunidades para el sector de la construcción al facilitar la toma de decisiones por parte de las empresas de la construcción, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con vistas a la planificación de estrategias de ecoeficiencia en la edificación, como por ejemplo:

- la identificación de oportunidades para mejorar los impactos medioambientales en el sector de la construcción considerando el ciclo de vida completo de los edificios,
- el establecimiento de prioridades para el diseño ecológico o la eco-rehabilitación de edificios,
- la selección adecuada de proveedores de materiales constructivos y equipos energéticos,
- la comparación de distintas opciones de diseño y de productos concretos,
- el establecimiento de estrategias y políticas fiscales para gestionar los residuos de la construcción y el transporte de materiales,
- la definición de nuevos programas de I+D+i y de normativas de ecoeficiencia,
- la implantación de políticas de ayudas a la construcción y a la rehabilitación, etc.

Además, los estudios de ACV pueden facilitar la consecución de un etiquetado medioambiental de los edificios, que dependiendo de las políticas nacionales o regionales, podría permitir la obtención de ayudas y subvenciones, así como posibles reducciones de las tasas e impuestos, como consecuencia directa de la reducción del impacto ambiental.

Los potenciales usuarios del ACV en el sector de la edificación lo forman un grupo muy variado de actores, como son fabricantes de productos de la construcción, consultores, arquitectos, ingenieros, gestores energéticos de la administración local y autonómica, planificadores urbanísticos o promotores inmobiliarios, entre otros.

Tipo de usuario	Fase del proceso de construcción	Propósito del ACV
Planificadores urbanísticos y asesores municipales	Fases preliminares	Establecimiento de objetivos a nivel municipal, regional o estatal
Promotores inmobiliarios y clientes		Información de políticas de edificación/rehabilitación Contratación y compra pública verde Establecimiento de objetivos para las zonas a desarrollar
Fabricantes de productos de la construcción	Primeros diseños y diseños detallados	Elección del emplazamiento del edificio Dimensionamiento del proyecto Establecimiento de objetivos medioambientales para el edificio dentro de un Programa determinado
Arquitectos	Primeros diseños y diseños detallados de nuevos edificios, en colaboración con ingenieros Diseño de proyectos de rehabilitación	Evaluación del impacto de los productos de la construcción (Ecoetiquetas y Declaraciones Ambientales de Producto)
Ingenieros/ Consultores	Primeros diseños y diseños detallados de nuevos edificios, en colaboración con arquitectos Diseño de proyectos de rehabilitación	Comparación de opciones de diseño (geometría/orientación, opciones técnicas)

TABLA 3. Usuarios de ACV para edificios.

Un estudio de ACV permite evaluar la influencia que tienen las principales decisiones adoptadas en la fase de diseño del edificio sobre el mantenimiento y los gastos

asociados al funcionamiento, así como los impactos medioambientales reales del edificio. De este modo es posible evaluar el potencial de ahorro energético y disminución de emisiones asociadas a la implantación de distintas soluciones constructivas y arquitectónicas de bajo impacto a nivel local, regional y global.

Así el ACV permite la toma de decisiones teniendo en cuenta la globalidad de impactos ambientales del ciclo de vida de los edificios evitando evaluaciones parciales de una etapa o un impacto ambiental (por ejemplo la certificación energética evalúa un solo aspecto ambiental, consumo energético, y en una única etapa del ciclo de vida del edificio, uso del edificio).



Mediante la combinación del ACV con el Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) [Gluch P., Baumann H., 2004; Langdon D., 2007], se obtiene una mayor rentabilidad económica de las inversiones relacionadas con la edificación y la rehabilitación, contribuyendo a una mejora de la gestión energética de los edificios. Esta combinación puede, por ejemplo, ser utilizada para la selección de soluciones constructivas alternativas, identificando la solución técnica que cumple con un objetivo medioambiental establecido con el menor coste, o la contabilización del impacto medioambiental en dicho coste.

Asimismo el uso del ACV ayuda a promover la construcción de Edificios de Cero Emisiones de Ciclo de Vida [Hernández P., Kenny P., 2010] con un impacto medioambiental muy bajo, integrando técnicas avanzadas de ecodiseño arquitectónico, bioconstrucción, ahorro energético, agua y materiales, y energías renovables, obteniendo la máxima eficiencia de los recursos disponibles y el máximo confort térmico.



También hay que señalar que el ACV permite realizar una definición objetiva de los criterios más adecuados para la contratación y la compra pública verde. En la actualidad, a pesar de que el 40% de la demanda de obras de construcción proviene del sector público, frecuentemente se desaprovechan las posibilidades de contratación pública, que podría facilitar la demanda de soluciones sostenibles orientadas a la innovación considerando las evaluaciones del ciclo de vida y del coste-beneficio.

A nivel de materiales y productos de la construcción, el ACV permite realizar una evaluación cuantitativa de sus impactos, favoreciendo su mejora y ecoetiquetado para comunicar los beneficios obtenidos. El ecoetiquetado de productos es un mecanismo de carácter voluntario que permite distinguir aquellos productos que han sido fabricados con un menor impacto sobre el medioambiente. Las ecoetiquetas o etiquetas ecológicas proporcionan al comprador (profesional o privado) información sobre las repercusiones medioambientales de los productos, ayudándole a comparar y escoger entre varias alternativas. Existen diferentes tipos de ecoetiquetas, siendo las de tipo III (o Declaraciones Ambientales de Producto, DAP) las más relacionadas con la metodología del ACV. Este tipo de ecoetiquetas consisten en una declaración sobre los impactos ambientales que genera un determinado producto a lo largo de su ciclo de vida (de la cuna a la tumba) o hasta la fase de producción (de la cuna a la puerta); la información declarada se basa en la metodología del ACV, aplicada siguiendo unas reglas específicas para la categoría de producto en cuestión. La tabla 4 presenta los principales programas de DAP (normalizados según ISO 14025:2006, ISO 21930:2007 y EN 15804:2012) relacionadas con productos del sector de la construcción existentes en la actualidad a nivel mundial.

Las DAP de productos concretos pueden utilizarse en la elaboración de estudios de ACV de sistemas más complejos e incluso de edificios. En este sentido, las DAPs permiten disponer de información más precisa de sus materiales constructivos que la obtenida a partir de las bases de datos (públicas o comerciales) existentes, que generalmente contienen valores promedios. No obstante, a día de hoy y debido al carácter voluntario de las DAPs, éstas sólo existen para un reducido, aunque creciente, número de productos.











Sistema/Programa DAP	Administrador	País	Logotipo y página web
Déclaration sur les caractéristiques écologiques de produits utilisés dans la construction	SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein)	Suiza	 <a href="http://www.sia.ch">http://www.sia.ch</a>
BRE	BRE Environmental Profiles Certification	Reino Unido	 <a href="http://www.bre.co.uk">http://www.bre.co.uk</a>
MRPI® (Milieu Relevante Product Informatie)	NVTB (Nederlands Verbond Toelevering Bouw)	Holanda	 <a href="http://www.mrpi.nl">http://www.mrpi.nl</a>
Umwelt-Deklarationen (EPD)	IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V.)	Alemania	 <a href="http://bau-umwelt.de">http://bau-umwelt.de</a>
Programme de Déclaration Environnementale et Sanitaire pour les produits de construction (FDE&S)	AFNOR Groupe	Francia	 <a href="http://www.inies.fr">http://www.inies.fr</a>
RT Environmental Declaration	The Building Information Foundation RTS	Finlandia	 <a href="http://www.rts.fi">http://www.rts.fi</a>
EPD - Noruega	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner	Noruega	 <a href="http://www.epd-norge.no">http://www.epd-norge.no</a>
EPD® system	International EPD Consortium	Internacional	 <a href="http://www.environdec.com">http://www.environdec.com</a>
The Green Standard EPD System	The Green Standard	Estados Unidos	 <a href="http://www.thegreenstandard.org">http://www.thegreenstandard.org</a>
DAPc - Declaración Ambiental de Productos en el sector de la Construcción	CAATEEB (Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona)	España	 <a href="http://es.csostenible.net">http://es.csostenible.net</a>

TABLA 4. Principales programas de DAP del sector de la edificación a nivel mundial.

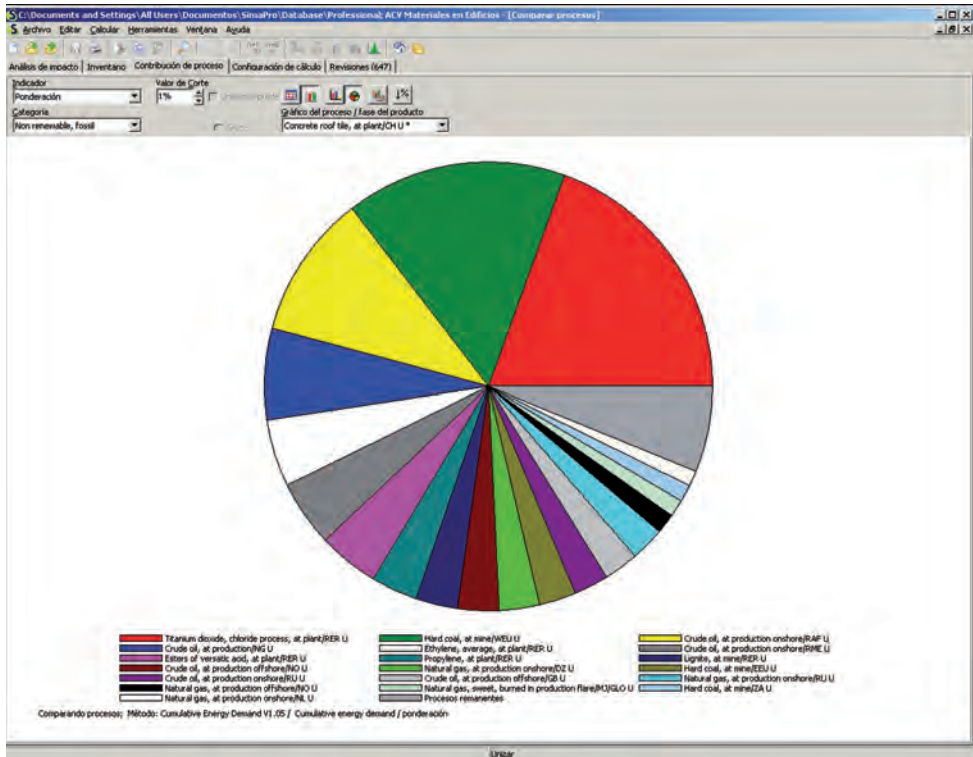


## Principales herramientas que permiten aplicar el ACV en el sector de la edificación

Con el objetivo de facilitar la aplicación del ACV, en las últimas décadas se han desarrollado programas informáticos que ayudan al analista a confeccionar el inventario de ciclo de vida, calcular los resultados de la evaluación de impactos e interpretar los resultados.

Algunas de estas herramientas son de carácter general, como GaBi (PE International, Alemania) o SimaPro (PRé Consultants, Países Bajos), es decir, que pueden utilizarse para evaluar cualquier tipo de producto. Otras han sido desarrolladas específicamente para su aplicación en el sector de la edificación, de manera que, por ejemplo, incluyen módulos pre-determinados para describir los principales componentes del edificio, permitiendo así que expertos no usuarios en la metodología del ACV puedan aplicarla. Son ejemplos de este tipo de herramientas, BEES (NIST, EUA), SBS (Fraunhofer, Alemania) o Elodie (CSTB, Francia).

En el caso de aplicaciones informáticas de ACV de uso general el usuario tiene más libertad a la hora de seleccionar las hipótesis de partida. No obstante, normalmente requieren de un alto conocimiento de la metodología del ACV y un mayor tiempo de uso, ya que además es preciso el uso de otras herramientas para cuantificar las masas de los distintos materiales de construcción utilizados, los consumos energéticos del edificio, etc. En el caso de las herramientas adaptadas, las interfaces están más adaptados al análisis de edificios, simplificando y agilizando la entrada de datos y la interpretación de los resultados obtenidos, e integrando los distintos cálculos requeridos en la misma aplicación.



Además de su facilidad de uso, otro aspecto importante a la hora de utilizar una de estas herramientas es conocer si disponen de bases de datos ambientales que ayuden a la realización del Inventario de Ciclo de Vida. Los datos pueden proceder de una o más bases de datos, en función de los requisitos de calidad definidos. La Tabla 5 muestra las principales bases de datos de inventario de ciclo de vida que se pueden utilizar en los estudios de ACV.

En los últimos años, a medida que más DAP son publicadas, se están desarrollando bases de datos con información sobre los impactos ambientales de productos de la construcción. Así, programas como Elodie se alimentan de la base de datos de DAP francesas (base de datos INIES), al igual que lo hace el Sustainable Building Specifier (SBS) con las DAP alemanas (base de datos Ökobau).



Base de datos (año)	Contenido	Entidad desarrolladora	Nº de procesos (2010)
ELCD core database v.II (2009)	Materiales, transformación de energía, transporte y gestión de residuos	Diversas entidades, asociaciones y organizaciones europeas < <a href="http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetCategories.vm">http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetCategories.vm</a> >	316
U.S. Life-Cycle Inventory database v.1.6.0 (2008)	Flujos de energía y materiales para los procesos unitarios más comunes	National Renewable Energy Laboratory (Estados Unidos) < <a href="http://www.nrel.gov/lci/database">www.nrel.gov/lci/database</a> >	355
Ecoinvent v1.2 (2005)	Gran variedad de procesos incluyendo energía, transporte, materiales de construcción, productos químicos, agricultura, gestión de residuos, etc. de Suiza y Alemania	Ecoinvent centre (Suiza) < <a href="http://www.ecoinvent.ch">www.ecoinvent.ch</a> >	2.700
Ecoinvent v2.0 (2007)			4.000
IVAM LCA Data v.4.06 (2004)	Datos holandeses sobre materiales, transporte, energía y tratamiento de residuos	IVAM Environmental Research (Holanda) < <a href="http://www.ivam.uva.nl/index.php?id=164&amp;L=1">www.ivam.uva.nl/index.php?id=164&amp;L=1</a> >	1.350
Boustead Model v.5.0.12 (2006)	Amplia base de datos de materiales, producción de combustibles y energía	Boustead Consulting Limited (Reino Unido) < <a href="http://www.boustead-consulting.co.uk">www.boustead-consulting.co.uk</a> >	-
Athena database v.4 (2009)	Consumos energéticos y emisiones de productos de la construcción a lo largo de su vida útil	Athena Institute (Canadá) < <a href="http://www.athenasmi.org/tools/database/index.html">www.athenasmi.org/tools/database/index.html</a> >	1.200
Idemat (2001)	Base de datos holandesa, compilada a partir de distintas fuentes	Delft Technical University (Países Bajos) < <a href="http://www.io.tudelft.nl">www.io.tudelft.nl</a> >	508
Gabi database	Base de datos que incluye procesos del sector agrícola, de la construcción, productos químicos, electrónica y TICs, energía, alimentación, metales, minería productos industriales, plásticos, etc.	PE International < <a href="http://www.gabi-software.com">www.gabi-software.com</a> >	4.500
ETH-ESU (1996)	Amplia base de datos suiza centrada en energía, transporte y residuos	ETH-ESU (Suiza) < <a href="http://www.uns.ethz.ch">www.uns.ethz.ch</a> >	1.200
GEMIS 4.5 (2009)	Base de datos gratuita que engloba procesos energéticos y de transporte, materiales, procesos de reciclaje y de tratamiento de residuos	Öko-Institut (Alemania) < <a href="http://www.gemis.de">www.gemis.de</a> >	-

TABLA 5. Principales bases de datos para estudios de ACV.





## La herramienta EnerBuiLCA

En el contexto de las herramientas adaptadas a la aplicación del ACV al sector de la edificación, desde el proyecto EnerBuiLCA se ha desarrollado un software que permite, mediante la introducción de información básica de un edificio completo o solución constructiva, la evaluación de los impactos ambientales de sus fases de producción, construcción y uso.

La herramienta EnerBuiLCA es accesible desde la plataforma on-line de la Red Temática del proyecto ([www.enerbuiLCA-sudoe.eu](http://www.enerbuiLCA-sudoe.eu)), y se basa en la metodología del ACV, como se describe en la norma ISO 14040:2006 e ISO 14044: 2006. Las especificaciones técnicas y los métodos de cálculo que figuran en las normas EN 15.643-1, EN 15643-2, EN15804 y EN 15978 también se han considerado en el desarrollo de la herramienta.

En relación a la definición de los **objetivos y alcance del estudio**, la herramienta EnerBuiLCA permite la evaluación de las etapas de producción, construcción y uso de un edificio o solución constructiva. La etapa de fin de vida no se incluye en los límites del sistema a evaluar debido a las dificultades encontradas en la búsqueda de información sobre esta etapa en proyectos similares desarrollados previamente como CICLOPE (un Proyecto Singular Estratégico fundado por el Ministerio español de Ciencia e Innovación).

En la etapa de producción se incluyen los procesos relacionados con el suministro de materias primas, el transporte hasta la puerta de la fábrica y los procesos de fabricación de los productos de construcción, incluyendo el tratamiento de los residuos derivados de estos procesos (ver Tabla 1).

La etapa de construcción incluye el transporte de los productos de construcción de la puerta de la fábrica al lugar de construcción, la demanda de energía de la maquinaria utilizada en esta fase y el transporte de los residuos generados en el lugar de construcción (ver Tabla 1).

En la etapa de uso se tiene en cuenta la demanda final de energía para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación, así como la contribución de los sistemas de energía renovable. La demanda final de energía se calcula de acuerdo a la guía para el cálculo de la eficiencia energética de los edificios. El funcionamiento de los equipamientos (por ejemplo, el de una escalera mecánica) y los servicios relacionados al edificio (como la demanda de agua, el tratamiento de las aguas residuales en las instalaciones municipales de tratamiento de aguas residuales, la movilidad de los usuarios, los productos de consumo y residuos sólidos) han sido excluidos del análisis y por consiguiente del alcance de la herramienta. Los procesos de mantenimiento del edificio que generalmente incluyen el reemplazo de diferentes elementos de la envolvente como ventanas, puertas y otros elementos se incluyen en la etapa de uso. Estos incluyen la producción de nuevos productos o sistemas, el transporte desde la fábrica a la obra y la disposición final de los productos sustituidos/sistemas. La información sobre la vida útil de estos elementos se obtiene de las diferentes DAP de los productos.

En cuanto a las **categorías de impacto** a considerar, como primera aproximación, esta herramienta solo contempla una categoría de impacto ambiental (el calentamiento global) y un indicador de impacto (el consumo de energía primaria). Esto es debido a que se pretende que esta herramienta sea un paso preliminar o entrenamiento para un usuario no experto en ACV, antes de pasar a utilizar la metodología completa. Actualmente, la mayor parte de los impactos ambientales que ocasionan los edificios son debidos al consumo de energía, mientras que el cambio climático permite discriminar entre los efectos de las diferentes fuentes de energía utilizadas (renovables o no renovables y, dentro de las últimas, entre carbón, nuclear, petróleo, etc.).



Siguiendo los ejemplos de Elodie en Francia o SBS en Alemania, el software EnerBuiLCA se alimenta de una base de datos que ha sido específicamente creada para el proyecto. La estrategia seguida para el desarrollo de esta base de datos consiste en la recopilación de información ambiental disponible de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) de productos de la construcción de diferentes sistemas de ecoetiquetado como el DAPc, Deklaration Umwelt, el Sistema Internacional EPD etc (CAATEEB de 2012; IBU 2012; Environdec de 2012), lo que simplifica en gran medida la fase de **análisis de inventario de ciclo de vida**. Se han desarrollado 3 bases de datos diferentes: (1) una de los productos de construcción, incluyendo 70 productos del Catálogo de Elementos Constructivos, (2) otra de soluciones constructivas, incluyendo información ambiental y técnica de las soluciones representativas para España, Francia y Portugal, y (3) una última con información genérica que incluye información sobre las fuentes de energía y el transporte.

**Cálculo de resultados:** La herramienta se presenta mediante una interfaz a través de la cual el usuario podrá crear un proyecto de edificio para su evaluación. Con este fin, el diseñador introduce información básica sobre el edificio objeto de estudio (ya

sea de nueva obra o rehabilitación) en la herramienta, tal como: tipo de edificio, requisitos técnicos y funcionales, tipo de uso y vida útil. Una vez hecho esto, el diseñador puede buscar en la base de datos las soluciones constructivas que forman parte del edificio y, tras la introducción de la información sobre el consumo de energía de la fase de uso (calculado con una herramienta de simulación), obtener información en tiempo real sobre el consumo de energía y emisiones de GEI asociadas.

El diseñador es capaz así de evaluar tanto edificios completos como soluciones constructivas. Dado que en la actualidad la base de datos de productos de la construcción y de sistemas constructivos contiene una cantidad limitada de información, el diseñador también puede modificar la información existente sobre los productos y/o soluciones constructivas y/o crear nuevos productos o sistemas constructivos para adaptar la información al escenario real en estudio. De esta información, únicamente pasará a formar parte de la base de datos publicable de productos de construcción la información que haya sufrido un proceso de validación por parte de los administradores de la herramienta. De esta manera, la base de datos medioambiental de los productos podrá ir ampliándose a medida que aumenta su uso.

La herramienta ha sido validada en 20 casos piloto diferentes en diversas regiones del área SUDOE de España, Francia y Portugal. Mediante el uso de la herramienta se obtienen, en tiempo real, resultados de impacto que permiten a los diferentes usuarios considerar diferentes opciones de diseño a la hora de proyectar edificios e interpretar los resultados fácilmente.



## Un ejemplo práctico de aplicación del ACV en el sector de la edificación: ACV de baldosas cerámicas

La información que conforma este capítulo ha sido extraída por iMat (hoy en día integrado en el centro tecnológico ASCAMM), principalmente de Benveniste G., et al., 2011, así como de otros artículos y comunicaciones técnicas complementarias sobre las baldosas cerámicas y el uso de la metodología de ACV. El texto definitivo ha sido revisado por ASCER - Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos.

Recordamos que la finalidad de este documento es ofrecer una pincelada práctica sobre la utilidad de la metodología de ACV, para obtener información adicional o detallada sobre el impacto ambiental de las baldosas cerámicas se recomienda consultar la bibliografía correspondiente o contactar directamente con ASCER.



FIGURA 5. Imagen que muestra algunas de las aplicaciones de las baldosas cerámicas. Fuente: [www.ascer.es](http://www.ascer.es).

## 8.1. Motivación / Objetivos de la aplicación de la metodología de ACV

Conocer la magnitud y naturaleza de los impactos ambientales durante el ciclo de vida de la baldosa cerámica (producción, distribución, uso y gestión del fin de vida), con la finalidad de focalizar los esfuerzos en la reducción y mejora de la sostenibilidad del producto frente a otros productos emergentes y materiales competidores.

Se considera el ACV como una herramienta valiosa a la hora de afrontar dificultades derivadas de la crisis económica global y detectar potenciales de mejora para así poder desarrollar planes estratégicos de diferenciación e innovación del producto basados en la variable ambiental.

Otro objetivo del estudio de ACV de la baldosa cerámica a nivel sectorial era disponer de la información de partida para la redacción de las Reglas de Categoría de Producto (en adelante RCP) para este tipo de recubrimiento. Las RCP son un conjunto de directrices que guían en la redacción de las Declaraciones Ambientales de Producto (etiqueta ecológica Tipo III según la clasificación ISO) y en la redacción del ACV que las sustenta. Entre otras cosas, las RCP determinan cuál debe ser la unidad funcional aplicada, las categorías de impacto evaluadas, los límites del sistema estudiado o los requisitos de calidad de los datos.

Cliente: ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) / Apoyo financiero: IMPIVA (Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana de la Generalitat Valenciana, y los Fondos FEDER, a través de los Planes Sectoriales de Competitividad.

- Empresas colaboradoras fabricantes de productos o sistemas: Más de 50 empresas del sector de la fabricación de baldosas cerámicas y afines adheridas a ASCER (que representan aproximadamente el 50% de la producción española).
- Equipo que aplica la metodología de ACV: GiGa (ESCI-UPF) y el ITC (Instituto de Tecnología Cerámica de la Universidad Jaume I).



## 8.2. Descripción del producto

Las baldosas cerámicas son piezas planas de poco espesor fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas. Generalmente se utilizan como pavimentos para suelos, y revestimientos de paredes y fachadas.

Las arcillas utilizadas en la composición del soporte pueden ser de cocción roja o bien de cocción blanca. Las baldosas cerámicas, tanto de pavimento de suelo como de revestimiento de paredes, son piezas cerámicas impermeables que están constituidas normalmente por un soporte arcilloso y un recubrimiento vítreo: el esmalte cerámico.

La extensa gama de productos cerámicos existente en el mercado actual está condicionada por las variadas utilidades de este material en la arquitectura y la decoración de interiores. En función de su aplicación, existen diferentes tipologías de producto y características [ASCER].

## 8.3. Utilización del ACV en el caso de éxito

El estudio de ciclo de vida de las baldosas cerámicas a nivel sectorial se lleva a cabo de acuerdo con las normas ISO sobre ACV [UNE EN ISO 14040:2006 y UNE EN ISO 14044:2006].

A continuación se resumen algunos aspectos relativos a la metodología de ACV y las fases en las que se estructura el análisis: definición de los objetivos y el alcance del estudio, análisis del inventario, evaluación de impacto, e interpretación de los resultados [Benveniste G., et al., 2011].

### Objetivos y alcance

- Función principal: pavimentar (suelos) o revestir (paredes).
- Unidad funcional (UF): revestimiento de 1 m<sup>2</sup> de superficie (pared o suelo) de un edificio con gres/azulejo durante 50 años considerando un uso residencial, comercial o sanitario.

- Descripción del producto analizado: En el estudio se han analizado los comportamientos ambientales de 3 tipos de baldosas (azulejo, gres porcelánico y gres esmaltado) considerando dos coloraciones del soporte distintas. Para el revestimiento de paredes, se ha considerado el azulejo de coloración blanca (AB) y roja (AR), agrupado como azulejo medio. Para el pavimento, se han considerado el Gres Porcelánico medio (GP), el Gres Esmaltado de coloración blanca (GEB) y roja (GER), agrupado como Gres Esmaltado medio.

## Límites del sistema

- Se estudian todas las fases del ciclo de vida, distinguiendo 4 fases principales: extracción, transporte hasta fábrica y fabricación de la baldosa cerámica [A], transporte hasta el edificio y colocación [B], uso y mantenimiento [C], desconstrucción y fin de vida [D] (véase la Figura 6).

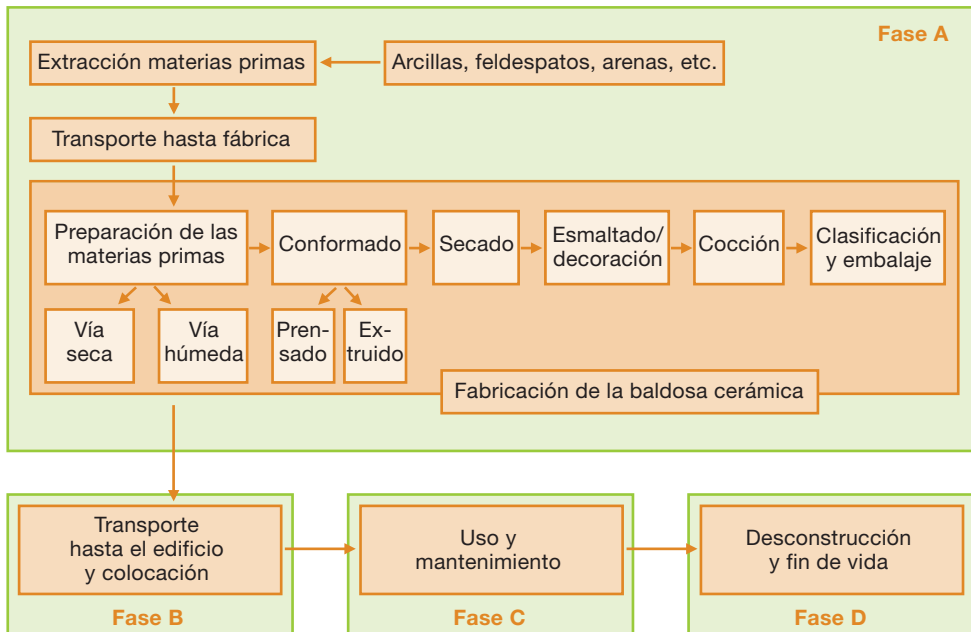


FIGURA 6. Fases consideradas en el Ciclo de Vida. Fuente: ITC y ASCER, 2008.

- Quedan fuera de los límites del sistema la producción de maquinaria y equipamiento industrial (por su poca relevancia en relación al proceso productivo), así como las operaciones de reciclaje de residuos (dado que forman parte del ciclo de vida del producto reciclado). Se han considerado despreciables los impactos generados por aquellas materias primas que componen la baldosa cuyo peso sea inferior al 1% sobre el peso total de la baldosa.

## Análisis de inventario

La información se ha obtenido a partir de datos agregados de procesos en algunos casos y datos de procesos unitarios en otros, según la disponibilidad de datos de las empresas. Al tratarse de un análisis a nivel sectorial, los datos utilizados son promedios ponderados en función de la producción, establecidos entre un número representativo de fabricantes del sector, no pudiendo atribuir, por tanto, los datos y los resultados a un único fabricante.

- *Fase A:* Se recopilan datos medios de las materias primas que componen para cada tipo de baldosa, así como el tipo de transporte utilizado hasta la planta y las distancias medias recorridas. Para cada tipo de baldosa se han determinado los consumos de agua, de energía, las emisiones atmosféricas y los residuos generados a lo largo de todo su proceso de fabricación. La mayor parte de los residuos generados en el proceso de fabricación, excepto los residuos de los embalajes, son reintroducidos en la fase de producción de la baldosa o son excluidos por formar parte de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones (fuera de los límites del sistema).
- *Fase B:* Las baldosas cerámicas se comercializan en todo el mundo. Las distancias medias y tipo de transporte utilizado respecto a la producción total de baldosas cerámicas se establece a partir de datos estadísticos. La colocación se realiza de manera manual y se ha considerado que se utiliza mortero adhesivo 1:4 para su fijación, con rendimientos por m<sup>2</sup> adecuados a cada tipo de baldosa. Para la definición de los posibles escenarios de gestión de los residuos

de los materiales de embalaje se utilizan datos medios de recogida selectiva de los diferentes tipos de residuos.

- *Fase C:* Se considera la limpieza higiénica, suponiendo una determinada frecuencia de limpieza a lo largo de su vida útil y estimando unos consumos de agua y detergente a partir de referencias bibliográficas. Para el marco temporal establecido de 50 años no se requiere otra actividad de mantenimiento ni reemplazo.
- *Fase D:* Se considera que el 87% de los residuos se depositan en vertederos y el 17% restante son revalorizados al ser reutilizados como material de relleno, estimándose una distancia media de 50 km entre el edificio y el vertedero.

## Evaluación de impactos

Se escogen las categorías de impacto ambiental recomendadas en la EN 15804 sobre Declaraciones Ambientales de Producto de la construcción:

- Agotamiento de Recursos Abióticos (ARA).
- Potencial de Acidificación (PA).
- Potencial de Eutrofización (PE).
- Potencial de Calentamiento Global (PCG).
- Potencial de Destrucción de la capa de Ozono Estratosférico (PDOE).
- Potencial de Formación de Ozono Fotoquímico (PFOF).

Se ha utilizado la metodología de CML 2002 para la clasificación y caracterización de los impactos ambientales [Guinée J.B., et al., 2002].

Además se han incluido una serie de indicadores de flujo para ayudar a la toma de decisiones y la interpretación de resultados. Estos indicadores son: consumo de energía primaria (MJ) y consumo de agua (kg).

## 8.4. Resultados

La Tabla 6 muestra el perfil ambiental para cada tipo de baldosas.

Tipología	Unidades	Gres porcelánico medio	Gres esmaltado medio	Azulejo medio
Agotamiento de recursos abióticos	kg de Sb eq.	1,1 E-01	1,1 E-01	1,0 E-01
Potencial de acidificación	kg de SO <sub>2</sub> eq.	7,9 E-02	7,0 E-02	6,8 E-02
Potencial de eutrofización	kg de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.	9,6 E-03	9,1 E-03	8,9 E-03
Potencial de calentamiento global	kg de CO <sub>2</sub> eq.	1,8 E+01	1,7 E+01	1,9 E+01
Potencial de agotamiento de ozono estratosférico	kg de R11 eq.	2,1 E-07	1,7 E-07	1,8 E-07
Potencial de formación de ozono fotoquímico	kg de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.	2,0 E-02	2,0 E-02	1,9 E-02
Consumo de energía primaria	MJ	3,0 E+02	2,9 E+02	3,0 E+02
Consumo de agua	kg	3,4 E+02	3,3 E+02	3,4 E+02

TABLA 6. Perfil ambiental de cada tipo de baldosas (unidades/m<sup>2</sup>) [Benveniste G. et al., 2011].

En la Figura 7, la Figura 8 y la Figura 9 se puede observar, respectivamente, la contribución de cada fase del ciclo de vida al valor total de cada una de las categorías de impacto evaluadas para el Gres porcelánico medio, Gres esmaltado medio y el Azulejo medio.

Las fases que más influyen, tanto en los indicadores ambientales (agua y energía), como en las categorías de impacto estudiadas, son las de fabricación y uso. Aunque hay que tener en cuenta que la etapa de uso está sujeta a hábitos que dependen del usuario y del escenario en que se encuentre, por lo tanto puede ser un dato subjetivo.

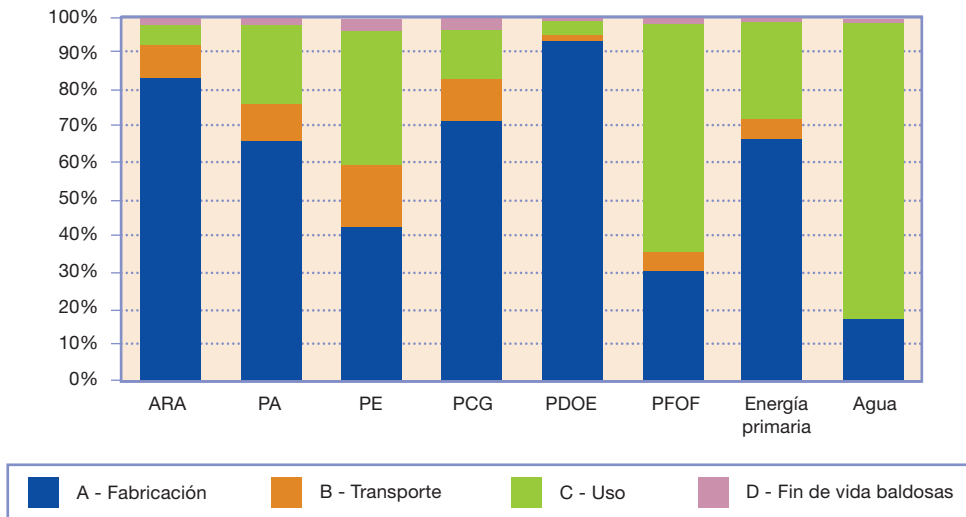


FIGURA 7. Contribución de las fases de ciclo de vida a las categorías de impacto para el Gres Porcelánico medio [Benveniste G. et al., 2011].

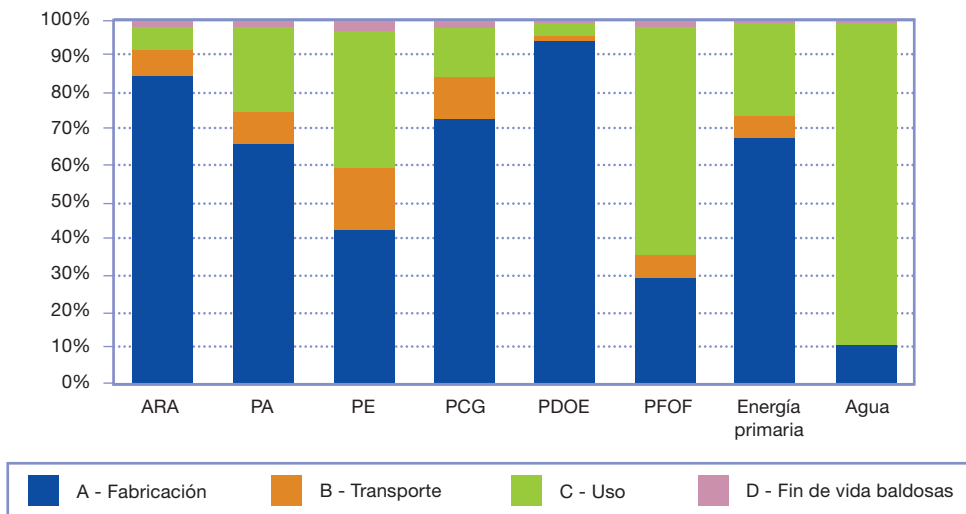


FIGURA 8. Contribuciones de las fases de ciclo de vida a las categorías de impacto para el Gres Esmaltado medio [Benveniste G. et al., 2011].

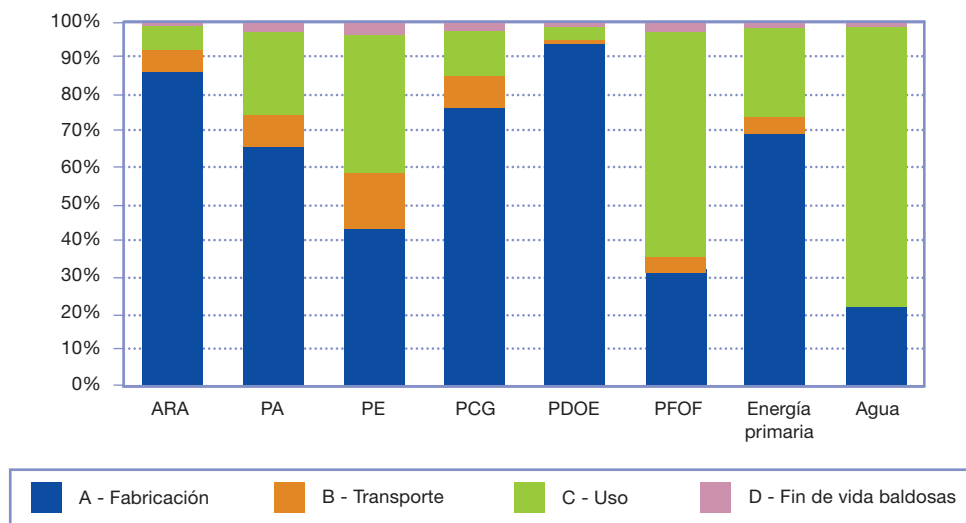


FIGURA 9. Contribuciones de las fases del ciclo de vida a las categorías de impacto para el Azulejo medio [Benveniste G. et al., 2011].

## 8.5. Conclusiones

El estudio ha permitido identificar las posibilidades reales de reducción del consumo energético para el sector de las baldosas cerámicas, teniendo en cuenta la elevada implantación de Mejores Técnicas Disponibles en dicho sector [Benveniste G. et al., 2011].

El estudio de ACV de las baldosas cerámicas a nivel sectorial ha permitido redactar las Reglas de Categoría de Producto, que son un conjunto de directrices que guían en la redacción de las Declaraciones Ambientales de Producto (etiqueta ecológica Tipo III según la clasificación ISO) [Reglas de Categoría de Producto para productos de recubrimiento cerámico, 2010].

Hasta la fecha se han obtenido 9 DAP de baldosas cerámicas aplicando estas RCP [Agenda de la construcción sostenible].

Se constata la metodología de ACV como una herramienta valiosa a la hora de afrontar dificultades derivadas de la crisis económica global y detectar potenciales de mejora para así poder desarrollar planes estratégicos de diferenciación e innovación del producto basados en la variable ambiental. Una muestra de ello es el proyecto DAPCER: “Desarrollo de una herramienta simplificada para la obtención de distintivos ambientales”, cuyo fin es aumentar la competitividad de las empresas mediante la elaboración de Análisis de Ciclo de Vida y Declaraciones Ambientales de Productos para baldosas cerámicas, de una forma más rápida y económica. DAPCER está siendo desarrollado por el ITC junto con la Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático, a petición de ASCER y financiado por IMPIVA a través de los europeos Fondos FEDER [RUVID].





## Estado del arte del ACV en el sector de la edificación y propuestas de mejora

En la actualidad, se observa una baja aplicación del enfoque de ciclo de vida (“life cycle thinking”) en el sector de la edificación, quedándose restringida a edificios muy específicos, como por ejemplo, los de carácter demostrativo o piloto en el marco de proyectos de I+D+i, ecobarrios o ecociudades, edificios representativos como las sedes de grandes compañías, etc. Son ejemplo de ello, los casos del análisis ambiental comparativo realizado para VISESA entre dos promociones de viviendas de protección oficial emplazadas en Vitoria-Gasteiz con el objetivo de evaluar los efectos de la industrialización de la construcción, el ACV simplificado realizado para el Consorcio de Playa de Palma sobre la redacción del proyecto de rehabilitación de un bloque de viviendas plurifamiliar o el ACV realizado para 60 viviendas de nueva planta en Tossa de Mar (Gerona) promovidas por Incasòl. Mediante el proyecto EnerBuiLCA, se aportan 20 nuevos ejemplos de aplicación de la perspectiva de ciclo de vida de edificios.

Actualmente en las regiones del área SUDOE los estudios de ACV a nivel de edificios se desarrollan de forma incipiente y en casos muy puntuales, principalmente por centros de I+D y universidades así como por algunas consultoras especializadas. Por otra parte, a nivel de producto, el ACV es utilizado muy ocasionalmente (aunque de manera creciente), por las empresas fabricantes de materiales constructivos, en la elaboración de sus declaraciones ambientales de producto y otras informaciones.

Sin embargo, y a pesar de las importantes oportunidades que supondría una universalización en el uso del ACV, actualmente existen diversas barreras y obstáculos

a superar para conseguir su aplicación generalizada en los edificios. Las principales barreras son técnicas —asociadas a la disponibilidad de herramientas y bases de datos adecuadas al sector—, formativas —asociadas a la disponibilidad de un cuerpo técnico suficientemente capacitado, experto y extendido en el territorio— y económicas —asociadas al alto coste de implantación del ACV en la edificación, ya sea por la falta de herramientas e información, por la falta de personal cualificado, o por la cantidad de tiempo que supone la realización de este tipo de estudios—. En consecuencia, el ACV se percibe, en general, como una metodología complicada por parte de los agentes del sector de la construcción, existiendo dificultades en la comprensión de sus resultados. Causa de ello es, en gran parte, el escaso conocimiento de esta metodología como indican, por ejemplo, los resultados de diversas encuestas realizadas entre los profesionales.

Pero, seguramente la barrera más importante para un uso extendido del ACV en la edificación es la falta de exigencias legislativas y de incentivos, que conlleva una baja demanda para la realización de este tipo de estudios. Por ejemplo, en la actualidad no existe prácticamente ningún vínculo entre el ACV y los procedimientos de certificación energética que se han desarrollado durante estos últimos años. Por ello, en algunos casos se puede dar la contradicción de obtener una mejor calificación energética, a pesar de inducir un mayor consumo de energía primaria en términos globales, ya que la energía incorporada en los materiales de construcción no se considera en la certificación energética. La incorporación del ACV en los actuales procedimientos de certificación energética de edificios permitiría mejorar dichos procedimientos valorando la energía incorporada en los materiales de la construcción, el impacto de los transportes asociados y la disposición final de los materiales, obteniendo una mejor aproximación al impacto medioambiental real del edificio, y promoviendo la construcción sostenible de ecoedificios y la innovación en el sector de la construcción, así como promoviendo la rehabilitación de edificios aumentando su durabilidad y, a la vez, reduciendo los impactos ambientales debidos a la nueva edificación evitada.



Por tanto, las principales acciones que tendrían que ponerse en marcha para superar las barreras anteriores son: formación y concienciación general sobre la importancia del ACV dirigida a todos los agentes del sector, apoyo económico a la realización de estudios y proyectos, ofrecimiento de información sintetizada y guías sencillas como ayuda al proyecto de edificios de obra nueva y rehabilitación, y establecimiento de requerimientos normativos relativos a la consideración de los impactos ambientales en la totalidad del ciclo de vida de los edificios, y no sólo en la fase de uso, como sucede actualmente. Mediante el desarrollo del proyecto EnerBuiLCA, este manual explicativo junto con el manual de la herramienta, cursos formativos, etc., se pretende contribuir a las acciones de formación y concienciación para superar las barreras del ACV.

El intenso desarrollo de nueva normativa sobre eficiencia energética edificatoria que se ha producido durante los últimos años hace que los distintos agentes involucrados se quejen de falta de tiempo para adaptarse a la nueva legislación y aplicar todos los nuevos requisitos normativos. En este sentido, las herramientas simplificadas

de ACV, como EnerBuiLCA, podrían ser un excelente complemento de los procedimientos actuales de certificación energética de edificios para obtener una contabilidad real de la energía y emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al edificio, incorporando las etapas de producción de materiales, transporte y disposición final. Este mayor uso del enfoque de ciclo de vida produciría una mejora de la eficiencia energética del sector de la construcción en términos globales y, además, del perfil medioambiental de los materiales utilizados promoviendo su reutilización y/o reciclaje.



## Referencias

- Adalberth K, Almgren A, Holleris E., 2001. *Life cycle assessment of four multi-family buildings*. International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings 2:1-21.
- Agenda de la construcció sostenible. <[www.csostenible.net](http://www.csostenible.net)>.
- Andrews E.S., et al., 2009. *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products*. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. ISBN: 978-92-807-3021-0.  
<[http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1164xPA-guidelines\\_sLCA.pdf](http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1164xPA-guidelines_sLCA.pdf)>.
- Aranda A., Zabalza I., Martínez A., Valero A., Scarpellini S., 2006. *El análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. ISBN: 84-96169-74-X. Fundación Confemetal, Madrid.
- ASCER - Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos. <[www.ascer.es](http://www.ascer.es)>.
- Bekker P.C.F., 1982. *A life-cycle approach in building*. Building and Environment, 17(1):55-61.
- Benveniste G., Gazulla C., Fullana P., Celades I., Ros T., Zaera V., Godes B., 2011. *Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas*. Informes de la Construcción 63(522):71-81.
- Boustead I., 1972. *The milk bottle*. Open University Press. Milton Keynes.
- Boustead I., Hancock G.F., 1979. *Handbook of Industrial Energy Analysis*. Ellis Horwood Ltd.
- Boustead I., 1996. *LCA - How it came about. The beginning in the U.K.* International Journal of Life Cycle Assessment, 1(3):147-150.
- CEN/TC 350. EN 15643-1:2010, Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings – Part 1: General Framework.
- CEN/TC 350. EN 15643-2:2011, Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings – Part 2: Framework for the Assessment of Environmental Performance.
- CEN/TC 350. EN 15643-3:2012, Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings – Part 3: Framework for the Assessment of social Performance.
- CEN/TC 350. EN 15643-4: 2012, Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings – Part 4: Framework for the Assessment of economic Performance.
- CEN/TC 350. EN 15804:2012. Sustainability of Construction Works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.

- CEN/TC 350. EN 15978:2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method.
- Comisión Europea. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Integrated Product Policy. *Building on Environmental Life-Cycle Thinking*. Bruselas, (COM (2003) 302).
- Comisión Europea. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste*. Bruselas, (COM (2005) 666).
- Comisión Europea. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources*. Bruselas, (COM (2005) 670).
- Comisión Europea. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan. Bruselas, (COM (2008) 397).
- Gluch P., Baumann H., 2004. *The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making*. Building and Environment, 39(5):571-580.
- Goedkoop M. and Spriensma R. (2000). *The Eco-indicator 99 : A damage oriented method for life cycle impact assessment*. PRé Consultants. Amersfoort. The Netherlands. 142 p.
- Guinée J.B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., de Koning A., van Oers L., Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H.A., de Bruijn H., van Duin R., Huijbregts, M.A.J. *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 2002.
- Heijungs R., Huppes G., Guinée J.B., 2010. *Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis*. Polymer Degradation and Stability, 95(3):422-428.
- Hernandez P., Kenny P., 2010. *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)*. Energy and Buildings, 42:815-821.
- ISO 21930:2007 Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products.
- Klöpffer W., 2008. *Life cycle sustainability assessment of products*. International Journal of Life Cycle Assessment, 13(2):89-94.
- Langdon D., 2007. *Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction – Guidance on the use of the LCC Methodology and its application in public procurement*. David Langdon, Management Consulting.
- Malmqvist T., Glaumann M., Scarpellini S., Zabalza I., Aranda A., Llera E., Díaz S., 2010. *LCA in buildings: The ENSLIC simplified method and guidelines*. Energy, 36(4):1900-07.
- Peuportier B., 2001. *Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context*. Energy and Buildings 33:443-50.

- Proyecto singular estratégico CICLOPE - Análisis del impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida en términos cuantificables de consumo energético y emisiones GEI asociadas. Subproyecto 2: Metodología de evaluación del impacto ambiental y económico de los edificios. Entregable E2.4.1.
- Sartori I, Hestnes AG., 2007. *Energy use in the life cycle of conventional and low energy buildings: a review article*. Energy and Buildings 39:249-57.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).
- Red de Universidades Valencianas para el fomento de la Investigación, el Desarrollo y la Innovación (RUID). <<http://ruvid.webs.upv.es>>.
- Reglas de Categoría de Producto (RCP) para productos de recubrimiento cerámico RCP 002 Versión 1, 2010.
- Ros T., Celades I., Monfort E., Zaera V., Benveniste G., Cerdán C., Fullana i Palmer P., 2010. *Impactos ambientales de ciclo de vida de las baldosas cerámicas. Análisis sectorial, identificación de estrategias de mejora y comunicación*. Conama10 – Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- Sleeswijk A.W., Van Oers L.F.C.M., Guinée J.B., Struijs J., Huijbregts M.A.J., 2008. *Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000*. Science of the Total Environment 390 (1):227-240.
- Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 1993. Guidelines for Life Cycle Assessment: A "Code of Practice".
- Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). 1996. Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment.
- Thormark C., 2002. *A low energy building in a life cycle-its embodied energy, energy need for operation and recycling potential*. Building and Environment 37:429-35.
- Unión Europea, 2010. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).
- UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- UNE-ISO 14025:2007. Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos.
- Weidema B.P., 2006. *The Integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment*. International Journal of Life Cycle Assessment, 11 (Special 1):89-96.
- Yohanis YG, Norton B., 2002. *Life-cycle operational and embodied energy for a generic single-storey office building in the UK*. Energy 27:77-92.
- Zabalza I., Aranda A., Scarpellini S., 2009. *LCA in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. Building and Environment, 44:2510-20.



Impreso sobre papel reciclado 100%.



# Proyecto EnerBuiLCA

## Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings

### Coordinador:

- CIRCE - Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos



### Participantes:

- Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático (ESCI-UPF)



- TECNALIA - Corporación tecnológica. Unidad de Construcción - División de Sostenibilidad



- iMat - Centro Tecnológico de la Construcción



- IAT - Instituto Andaluz de Tecnología



- CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro Direcção Geral Unidade de Ambiente e Sustentabilidade

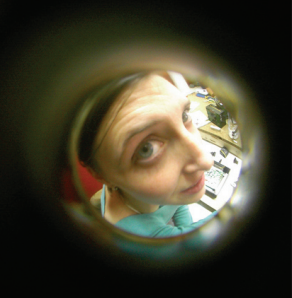


- NOBATEK - Centre de Ressources Technologiques



- LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, IP





Alcances y limitaciones del uso del método de

## ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

DR. ARQ. MSc. WILVER CONTRERAS MIRANDA (1), DR. ING. VICENTE CLOQUELL BALLESTER (2), DR. ARQ. MSc. MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS (3).

(1,3). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, VALENCIA, ESPAÑA; UNIVERSIDAD DE LOS ANDES MÉRIDA, VENEZUELA. (2). DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA (DPI), UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, VALENCIA, ESPAÑA.

para la evaluación de impactos medioambientales en la industria forestal

### RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo versa sobre la importancia y descripción técnica de los procedimientos concernientes al uso del método de Análisis del Ciclo de Vida (ACV). El mismo permite determinar los niveles de sostenibilidad que pueden llegar a suceder a través del ciclo de vida de un producto forestal, manufacturado en cualquiera de las industrias que conforman el amplio espectro de la Industria Forestal (Madera y el Corcho). El método ACV ha tenido un desarrollo reciente en el ámbito industrial internacional y nacional, y su empleo ha sido muy difundido en los países industrializados dentro de empresas fabricantes de automóviles, plásticos, calzados, etcétera. Pero con muy poca difusión en los países en vías de desarrollo industrial, especialmente aquellos que tienen grandes recursos forestales de bosques naturales tropicales, caso Venezuela. Finalmente, se formulan los principales conceptos, alcances y debilidades que tiene el ACV dentro del sector forestal.

Palabras claves: Análisis de ciclo de vida, impactos ambientales, sector madera y corcho.

### INTRODUCCIÓN

El método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), es un método relativamente reciente. Su proceso de difusión, desarrollo y aplicación han venido siendo protagonizado por instituciones como la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), la SPOLD (Society for the Promotion of LCA Development), o investigadores de gran prestigio en el área como Fiksel (1997), Fullana (2003) o Capuz et al. (2003). Su empleo, se rige mediante toda una serie de consideraciones técnicas que vienen descritas en las Normas ISO 14040. Por ser un método técnico que permite determinar los impactos medioambientales, no sólo en el ciclo de vida de un producto o servicio industrial, él exige que los técnicos que lo realicen, deberán tener un alto nivel de conocimiento en la temática tratada, ética empresarial y un trabajo consensual en las valoraciones, que a su vez requiere una gran rigurosidad científica y tecnológica para poder alcanzar el éxito del mismo, pero especialmente la confiabilidad del estudio. Por ello, se exponen en el presente trabajo los principales alcances y debilidades del ACV para ser aplicado en la Industria Forestal. Así como su proyección futura, dada la gran

importancia de este método dentro de la Ciencia del Proyecto, la Ecología Industrial y la Ingeniería Industrial, pero especialmente por el interés que representa para el sector forestal, por ser una herramienta técnica válida para la cuantificación de los niveles de sostenibilidad y otros tipos de impactos (ambientales, sociales, económicos, etc.) de un producto forestal y servicio industrial, a fin de poder tomar decisiones a tiempo para realizar un mejor aprovechamiento forestal de determinado sector geográfico, redefinir procesos industriales y mejorar el diseño de nuevos productos forestales, como una forma real y sincera, por parte de la Industria Forestal en procurar el verdadero establecimiento del Desarrollo Sostenible global.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del presente trabajo se realizó aplicando la metodología denominada, la Estrategia General de Resolución de Problemas de Gómez – Senent (2002), y la Teoría de las Seis Dimensiones del Proyecto. La estructura de la metodología permitió llegar a definir las siguientes fases aplicando las iteraciones respectivas para la determinación

del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en el contexto de la Industria Forestal (Madera y del Corcho):

- Revisión y análisis de la bibliografía especializada; Sinopsis de la conceptualización y de la normalización referida al ACV; importancia, fortalezas, debilidades y principales herramientas informáticas de aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a los productos y servicios industriales; Redacción de las conclusiones y recomendaciones; Divulgación de la información.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Breve conceptualización e importancia del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para la industria forestal.

Figura 1. Modelo gráfico del Análisis de Ciclo de Vida (Norma ISO 14040: 1998). Fuente: Elaboración propia.

Según la Norma ISO 14040 (<http://www.iso.org>), se entiende por Análisis de Ciclo de Vida (ACV), como la «Recopilación y evaluación de las entradas y salidas y los potenciales impactos medioambientales del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida». Todo ello concierne, en el caso de un producto forestal, desde la obtención (aprovechamiento forestal) de la madera sólida, ubicada en un bosque natural o una plantación forestal, pasando por los procesos de transformación primaria y secundaria de la industria mecánica, hasta llegar a ser un producto forestal de valor agregado o alto valor agregado, el cual una vez comercializado, usado y finalizado su uso, puede llegar a ser basura, residuo o reciclado. En cada una de esas etapas generadas se llegan a producir impactos ambientales, negativos o positivos, los cuales tratan de identificar el ACV (Figura 2). Se puede entender por objetivo de estudio, según la parte A del modelo de la Figura 1, aquel que indica la aplicación prevista, sus motivos y el destinatario (a quién se va a comunicar los resultados del ACV).

Hoy día, debido al mayor nivel de conciencia, capacitación y sensibilidad de los usuarios, ha crecido la exigencia de productos sostenibles por parte de la sociedad, considerando el funcionamiento ambiental de la madera y sus productos forestales derivados, en comparación con otros materiales y productos industriales. Esa búsqueda de parámetros de evaluación, de una forma u otra ha llevado a la creación del sistema de valoración ambiental denominado Life Cycle Assessment or Análisis (LCA); Análisis

**Cuadro 1.** Principales normas ISO, serie 14040, para el desarrollo exitoso de un ACV. Fuente: Elaboración propia.

**ISO 14040:1998.** Provee los principios generales de trabajo y requerimientos metodológicos para los ACV de productos y servicios.

**ISO 14041: 1998** Provee la guía para poder determinar las metas y el radio de acción de un estudio de ACV, además de guiar metodológicamente en un inventario de ciclo de vida.

**ISO14042:2000** Provee la guía metodológica para el desarrollo en la fase de evaluación de impactos en el ciclo de vida dentro de un estudio de ACV.

**ISO14043:2000** Provee la guía metodológica para la interpretación de los resultados desde el estudio de un ACV.

**ISO14048:2002** Provee la información a considerar en la formación de datos de soporte del ACV.

**ISO/TR14049/14047** Provee ejemplos ilustrados como se puede aplicar las guías metodológicas en ISO 14041 e ISO 14042.

**ISO 150041** Análisis de Ciclo de Vida Simplificado.

o Evaluación del Ciclo de Vida (ACV) de un producto o servicio. También son términos alternativos de ACV, ecobalance y análisis del perfil del recurso y del ambiente (Barroso, 2001).

En el Cuadro 1 se exponen resumidamente las principales normas de ACV y la evolución de las mismas en el tiempo, sin dejar de mencionar que existe la Norma ISO 64 la cuales una guía para la inclusión de aspectos ambientales en el diseño de un producto. También se nombran, dada la importancia de los impactos de los envases en la sociedad industrial actual, el desarrollo de la Norma 12340, con sus recomendaciones más importantes en la realización de un análisis de inventario en el ciclo de vida en un sistema de envasado. Como una muestra del gran interés que han tomado los estudios y la aplicación de ACV en el ámbito internacional, en el mes de julio 2006, se editó la nueva norma de ACV desarrollada por la organización Organización Internacional de Estandarización (ISO).

Por otro lado, la definición de alcances permite especificar el ámbito de aplicación del estudio, límites, requerimientos de datos, hipótesis, etcétera. El alcance debe definirse de forma que se asegure que la profundidad del estudio es compatible con los objetivos definidos inicialmente. Los alcances del ACV consideran los siguientes aspectos: La unidad funcional; Las funciones del sistema del producto, o en caso de estudios comparativos, los sistemas; El sistema del producto a estudiar; Los límites del sistema del producto; Las reglas de asignación de cargas; Los tipos de impacto y la metodología de evaluación del impacto, así como la consiguiente interpretación a realizar; Los requisitos de los datos; Las hipótesis; Las limitaciones; Los requisitos iniciales de calidad de los datos; El tipo de revisión crítica, si la hubiera; El tipo y formato del informe final.

Uno de los conceptos más importantes que todo experto en ACV debe tener bien claro es la unidad funcional. Ésta es la unidad de medida a la que irán referidas todas las entradas y salidas del sistema y que permite comparar dos productos que realicen la misma función. Otro aspecto técnico de gran importancia en todo ACV, es tener la definición de un procedimiento que garantice la calidad de los datos (Análisis de los Inventarios, Parte B de la Figura 1). La calidad de los datos de un ACV se define como el grado de fiabilidad de los datos de entrada y salida, tanto de forma individual como global. Esta es una de las grandes

dificultades que presentan en la actualidad los estudios ACV, tal como es la posibilidad real de encontrar los datos adecuados. La calidad de estos datos está en función de varios parámetros (procedencia geográfica, temporalidad (año), tecnología usada en el proceso, precisión y representatividad, fuente y representatividad de la fuente, consistencia y reproducibilidad de los métodos usados en el ACV, variabilidad e incertidumbre de la información y métodos). Cuando se realiza por primera vez un estudio de ACV, es aconsejable según Fullana (2003), no despreciar ningún dato por su calidad. Futuras revisiones del estudio y la dedicación de más recursos permitirán la mejora del mismo.

La evaluación de impactos del ciclo de vida (Parte C Figura 1), evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida. Ya se ha expuesto que la realización de un ACV es un proceso iterativo. La evaluación de impacto (cualitativa o cuantitativa) debe formar parte de todo ACV estimativo para identificar las partes del sistema que influyen más en el resultado final y que, por tanto, deben ser estudiadas más profundamente. De esta manera, se optimizan recursos económicos y humanos.

La SETAC, citada por Consoli et al. (1993), propuso cuatro etapas en la evaluación de impacto: (1) Clasificación, que es donde se analizan los datos obtenidos en el inventario. Los diferentes contaminantes se agrupan en categorías de impacto según el tipo de efecto esperado. (2) Caracterización, es donde se analizan los efectos de los diferentes contaminantes, y si es posible, se cuantifican y agregan en categorías de impacto. (3) Normalización, se normalizan los datos en categorías de impacto, para aumentar la posibilidad de comparar los datos de las distintas categorías, y utilizar estos datos, como base para la siguiente etapa. (4) Valoración, se evalúa de forma cualitativa o cuantitativa la importancia relativa de las distintas categorías de impacto, con el fin de obtener un único indicador del impacto ambiental del producto o sistema.

Vidal et al. (2002), recomienda que se debe destacar la inexistencia de una técnica generalmente aceptada para asociar datos de inventario con potenciales impactos ambientales de un modo consistente y preciso. Esto es debido al alto grado de subjetividad, el cual es necesario para realizar la selección y evaluación de impactos, que a menudo se basan en datos cualitativos y no

cuantitativos.

En la fase de interpretación de resultados, se definen las principales conclusiones y recomendaciones del ACV, permitiendo realizar, la toma de decisiones que van interrelacionadas de forma consistente, con los objetivos y alcances definidos. Vivanco (2004), dice que esta parte del ACV debe reflejar los resultados de los análisis de sensibilidad e incertidumbre llevados a cabo durante el estudio.

B. Sinopsis de los antecedentes del Análisis del Ciclo de Vida de un producto y su proyección en el sector forestal.

Se considera que la metodología del ACV tiene sus orígenes entre finales de los años sesenta y principios de los años setenta, cuando se llevaron a cabo diversos estudios energéticos en los que se valoró la eficacia de determinadas fuentes de energía, motivados fundamentalmente por la crisis del petróleo de ese entonces (Vidal et al., 2002). En años más recientes, se han estado incrementando las discusiones e investigaciones sobre los resultados de los impactos ambientales por el alto crecimiento en los consumos de energía y de otros materiales en un sitio determinado, así como también, del impacto ambiental con distintos tipos de basura en otros sitios y sus respectivas emisiones al suelo, agua y atmósfera. Desde comienzos de los años ochenta, efectos como el calentamiento global, la degradación de la capa de ozono en la estratosfera, disminución de los recursos naturales, acidificación del agua y suelo, toxicidad ambiental y humana, etcétera, preocuparon a grupos científicos y ambientalistas sobre el desarrollo internacional de nuevos métodos y herramientas para la evaluación de los niveles de sostenibilidad. Uno de los métodos que comenzó a desarrollarse con este propósito es el Análisis del Ciclo de Vida de productos industriales (Fiksel, 1997; Scharai-Rad y Welling, 2002).

Sin embargo, Fullana (2003), resalta que el gran despegue en el desarrollo metodológico y en la aplicación del ACV en la industria internacional, se ha dado en el decenio de los años 90. Reconociendo la labor de difusión de la metodología de ACV en el ámbito del habla hispana, es Fullana y Samitier (1996), quienes impulsaron y se transformaron en una punta de lanza técnica en la expansión del ACV, llegando a difundir de manera pragmática la aplicación de estudios de ACV en pequeñas aplicaciones, dentro de contexto español, a productos concretos con mayor o menor profundidad, tales



como: Bolsas de basura (Fullana, 1996), Envases (Fullana y Puig, 1997; Rieradevall y Navas, 1998; Calzado (Milà et al., 1996); Automóvil (Castells et al., 2000; Vivanco, 2004); Desarrollo de productos, caso máquina de lavado de cítricos (Ferrer, 2004); Gestión de residuos (Barruetaña et al., 1999; Ferrer et al., 2000; Vidal et al., 2001). En el ámbito de la Industria Forestal no existen muchos estudios al respecto, sólo Vidal et al. (2002) y Capuz et al. (2003), que realizan estudios muy localizados sobre la industria de la madera y del mueble de la Comunidad Valenciana. Guzmán (2005), por medio de la Universidad Politécnica de Valencia, España, realiza con éxito dos ACV para la mejora de procesos de producción en una industria del mueble del estado de Jalisco, México. Similarmente Contreras (2006) y Owen de Contreras (2006), desarrollaron exitosamente en conjunto con Cloquell et al. (2006), la propuesta de un método de ACV - COCLOWEN, tanto para problemas complejos como de diagnóstico de diseño de productos forestales, procesos y servicios. Para validar este nuevo método, se realizaron los mismos análisis con el software Simapro versión 6.04 y arrojaron resultados similares.

Respecto a la realidad internacional de los países industrializados, el impulso de la metodología de los ACV, es gracias a la labor de difusión de algunas instituciones de referencia, que han suministrado tanto guías metodológicas como bases de datos actualizadas de sus correspondientes áreas geográficas; como la US-EPA, la Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente, Bosques y Paisaje (BUWAL), y el Centro de Ciencia Ambiental de Leiden (CML), o el Consejo Nórdico. Sin embargo el mayor impulso lo ha recibido de la SETAC.

Por otro lado, cabe destacar, que en 1992, se creó la Society for the Promotion of LCA Development (SPOLD), una asociación de 20 grandes compañías en Europa, con el objetivo de promover el desarrollo y aplicación del ACV (Fullana y Puig, 1997). Uno de los principales objetivos de la SPOLD es establecer un formato común en la realización de inventarios del ciclo de vida que facilite y promueva el intercambio de datos e información de inventario para asegurar un aceptable nivel de calidad (Singhofen, 1996; Weidema, 1999). Esta organización ha apoyado multitud de reuniones de expertos, ha soportado algunas actividades de la SETAC en el campo del ACV y ha promocionado varios estudios y publicaciones, entre los que cabe

destacar el LCA Sourcebook de Ellington et al. (1993), que según Fullana (2003), es una guía práctica donde encontrar, por ejemplo, multitud de aplicaciones y numerosos contactos interesantes entre las principales instituciones de prestigio internacional. Recientemente, se han realizado estudios de ACV dentro del contexto forestal, estudios pilotos como los de Buchanan y Honey (1994), Alcorn y Baird (1996), Frühwald et al. (2003) y Barrios et al. (2005). Estos comparan la diferencia de impactos ambientales entre la producción industrial de productos forestales con los principales materiales usados en la construcción, así como también entre sistemas constructivos usados en la fabricación industrial de viviendas respecto a productos forestales y sistemas constructivos con madera. En los mismos se llegó a obtener resultados mucho más favorables a los productos lignocelulósicos respecto a los materiales constructivos tradicionales (acero, hormigón, aluminio, etc.), llegando a tener los primeros, grandes ventajas competitivas, ahorro de costos y gastos de energía, así como menores impactos ambientales negativos. También, Hillier y Murphy (2000), mostraron que una cerca de madera blanda tratada con tratamientos de conservación de la madera, causaba un impacto ambiental mucho menor que los productos alternativos elaborados en acero o hormigón, en un período estimado de 50 años de vida útil. Para finalizar, la aplicación del ACV en el área de la Industria Forestal y sus productos forestales, aparte de los trabajos de VROM (2002), Hillier y Murphy (2000); Frühwald et al. (2003) y muchos otras investigaciones más, se distingue el trabajo de la Society Products Forest (1996) de los Estados Unidos con su trabajo Life Cycle Environmental Impacts Analysis for Forest Products, que contiene un buen número de artículos de metodologías y aplicaciones de ACV relacionadas con los productos forestales. Por el contrario en el ámbito de habla hispana es muy limitada la información de aplicación de ACV sobre maderas tropicales.

C. Alcances del ACV en el sector forestal. Actualmente los estudios de Análisis de Ciclo de Vida en el diseño de productos, procesos y servicios industriales, están ganando importancia mundial. Se trata de un avance interesante que ayuda a fortalecer la ampliación del uso sostenible de la madera sólida y sus productos forestales derivados. A continuación, se presentan y discuten algunas de las disertaciones más importantes

de los alcances que puede llegar a tener el ACV para el sector forestal, en especial para su Industria Forestal:

· **Mayor alcance respecto a otras metodologías de impacto ambiental.**

Permite hacer un estudio más completo a través de todo el ciclo de vida de un producto industrial o servicio, considerando de forma detallada cada una de las etapas del Sistema de un Producto, entendido éste según la Norma ISO 14041, como el «conjunto de procesos unitarios conectados, material y energéticamente, que realizan una o más funciones definidas». Todo ello, permite que el estudio sea global e integral y no se centra, sólo en aspectos concretos, como es el caso de la metodología de los indicadores de impacto ambiental.

· **Mayor competitividad.** Es una herramienta técnica que puede ayudar a mejorar la competitividad de las maderas sólidas aprovechadas de los bosques naturales y de las plantaciones forestales, así como de los productos forestales industriales, dentro del complejo y dinámico comercio internacional.

· **Mejora la calidad técnica de las matrices.** La metodología del ACV soluciona los principales inconvenientes de las matrices cualitativas: la subjetividad y la relatividad entre los impactos ambientales (Vidal et al., 2002).

· **Determinación de los impactos ambientales.** Es una herramienta técnica que permite determinar los potenciales impactos ambientales, negativos o positivos (las emisiones de gas de efecto invernadero, el agotamiento de los recursos, la acidificación, la eutroficación y los efectos resultantes del uso de las tierras, etcétera), de todo el ciclo de vida de una madera sólida o un producto forestal.

· **Compara la diferencia de impactos ambientales entre materiales.** Un ACV al incluir todas las etapas en la vida del producto industrial, considera una amplia gama de efectos ambientales, lo cual lo transforma en una herramienta de gran utilidad cuando se comparan materiales de diferentes orígenes que pueden desempeñar la función requerida, tales como madera, cloruro de polivinilo (PVC) u otros tipos de plásticos, aluminio, acero, etcétera, que se utilizan para la elaboración de marcos y otros componentes en las puertas, ventanas u otro producto industrial para usos de cerramientos o sistemas estructurales.

· **Evita sectorizar el análisis de procesos industriales.** El uso del ACV evita exagerar la importancia de aspectos únicos o sectoriales (aprovechamiento de la madera, eliminación

de residuos, etc.) de todo el sistema producto de un producto forestal, especialmente cuando se está tratando de entender el impacto ambiental total causado por ese producto industrial. Entonces, la evaluación de impactos a partir de un ACV, obliga a basar los juicios técnicos de los Expertos en todos los aspectos ambientales que se generan en todas las etapas de elaboración del producto, su uso y disposición (Murphy, 2004).

• **Facilita la toma de decisiones.** Este método se aplica, cuando un industrial o proyectista de determinada Industria Forestal pretende iniciar el proceso de desarrollo de un nuevo producto forestal, o el rediseño de sus productos fabricados. Esta es una de las ventajas más significativas respecto a los alcances del ACV, ya que como herramienta técnica permite la comparación de forma aproximada de los impactos ambientales, dentro de un contexto de comparaciones ecológicas entre dos o más productos manufacturados con diferentes materiales, pero usado para fines similares. Así, con estos datos obtenidos, se podrá tomar excelentes decisiones respecto a la selección de los combustibles, adhesivos, materias primas sin transformar, productos y procesos de producción (modificación y rediseño de desplazamientos de materiales dentro de los procesos de manufactura, simplificación de procesos, etc.).

• **Implicación en el Desarrollo de la Integración Ambiental de un país.** El ACV es una herramienta de trabajo para el mejor desarrollo y establecimiento de la Evaluación Ambiental Estratégica (**Environmental Assessment – EA / Strategic Environmental Assessment – SEA**) para el establecimiento de políticas, planes y programas de una determinada Administración. Y es que el ACV, según Forintek Canadá Corporation (1999), es un método útil para la evaluación objetiva de las políticas ambientales corrientes y para mejorar estas formas de beneficio para la población y el ambiente. El ACV provee datos para producir y organizar organizaciones con poder en la toma de decisiones políticas. En otras palabras, el ACV puede funcionar como una herramienta ambiental para evaluar productos y procesos y suministrar guías de referencia para el desarrollo de futuras políticas, leyes y regulaciones de la sociedad y sus Administraciones.

D. Limitaciones del ACV en el sector forestal. Ya se ha comentado con anterioridad, que hasta la presente fecha se han realizado muy pocos estudios de ACV en las especies de maderas sólida, y mucho menos aún en

productos forestales industriales tropicales. La causa de esa deficiencia la podemos encontrar en las siguientes consideraciones técnicas:

• **Escepticismo.** Es una de las principales limitaciones que viene presentando la metodología de ACV por parte de instituciones gubernamentales y ONGs, asesores y evaluadores forestales, así como industriales e investigadores de la ciencia y tecnología de la madera. La principal causa es la subjetividad de los estudios de impacto ambiental y el alto déficit de datos confiables existentes en el sector forestal (Owen de Contreras *et al.*, 2004).

• **Déficit de personal capacitado.** A pesar de la gran dinámica y procesos de difusión que han tenido en los últimos años las técnicas de ACV en los países industrializados, las mismas son una herramienta que continúa estando en el ámbito selecto de los asesores y evaluadores ambientales, y que en muchos de los casos, desempeñan de forma paralela actividades de investigación y docencia en los principales centros de investigación o en instituciones de formación universitaria. Esta realidad analizada para los países de Tercer Mundo, aunque permanece el mismo esquema anterior, es aún más estrecha en las limitaciones, por la falta de formación y experiencia técnica en la metodología de ACV, así como en los sistemas de gestión medio ambiental (SGMA), debiéndose resaltar la gran falta de medios económicos, una demanda menor de ACV y SGMA por parte del sector industrial de esos países, etcétera.

• **Desigualdad de estudios técnicos de ACV.** La mayoría de las ACV realizadas hasta la fecha sobre productos madereros, se basan en maderas templadas, existiendo muy pocos ACV disponibles sobre maderas tropicales. Si los interesados en las maderas tropicales no toman medidas al respecto, es probable que esta disparidad aumente en los próximos años (Murphy, 2004).

• **Altos costos de la tecnología informática.** En este punto se refleja, aparte de los aspectos de escepticismo y déficit de personal capacitado, la poca existencia de bases de datos normalizadas respecto a la siembra, aprovechamiento, transformación, venta y disposición final de los productos forestales industriales en los países de Tercer Mundo. Otra de las grandes limitaciones técnicas, es además la barrera tecnológica existente entre países del Norte y Sur, la cual se acrecienta cada día más con los altos costos que implica el uso de los softwares informáticos de ACV existentes en el mercado para los

países pobres, ya sea por el uso de sus licencias ©, asesorías en la formación de técnicos especializados, y sus continuas actualizaciones. Otro hecho técnico digno de resaltar, es que cualquier ACV que se realice con estos softwares, que traen sus bases de datos incorporadas, es que las mismas son realizadas para otros sitios geográficos, políticos, sociales, económicos e industriales.

• **Normalización de metodologías de los ACV.** Con los altos niveles de conocimiento técnico que puedan ir alcanzando los expertos en ACV, generalmente se tiende al desarrollo de metodologías particulares que en muchos casos son variantes de las metodologías ya reconocidas internacionalmente.

• **Falta de apoyo institucional.** Esta realidad aunque se da mayormente en los países en vías de desarrollo industrial, no escapa a los países desarrollados, generalmente debido a la falta de actualización de los ejecutivos de la alta gerencia del sector ambiental y de comercio de la Administración, así como de los propietarios y dirigentes de la Industria Forestal.

• **No certifica productos forestales.** El ACV en sí, no **certifica** que un área particular del bosque se maneje sobre una base sostenible. Es de resaltar que para alcanzar una certificación están, entre otras, las metodologías planteadas por las Normas ISO 14000 y el Reglamento Europeo EMAS.

## CONCLUSIONES

Se demuestra la importancia que tiene el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para el análisis y determinación de los niveles de sostenibilidad de la madera sólida y sus productos derivados, los productos forestales. Su aplicación está regida por las recomendaciones técnicas referidas en la serie de normas ISO 14040, desarrolladas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). Se ha denotado que desde el decenio de los años noventa, este método ha sido muy difundido en los países industrializados, especialmente en el sector de la industria del automóvil, calzado, cerámica y plásticos. La aplicación del ACV en el sector forestal ha sido muy poca, y casi desconocida en el contexto de la industria forestal de los países en vías de desarrollo industrial. De ahí que el presente estudio, señale sus principales alcances y limitaciones, como una estrategia de difusión y aplicación a corto plazo, dentro del sector académico, investigación y empresarial, en procura de alcanzar verdaderos productos forestales, procesos y servicios industriales sostenibles.



## BIBLIOGRAFÍA

### A. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALCORN, J., G. BAIRD. 1996. Use of Hybrid Energy Analysis Method for Evaluating the Embodied Energy of Building Materials. WREC. London. England.

BARRIOS, E., W. CONTRERAS, M. OWEN DE C. 2005. Repercusiones energéticas y económicas del uso de la madera en Venezuela para la construcción de viviendas sociales. Propuesta de cambio. UNEG – ULA. Puerto Ordaz, Venezuela. Monografía técnica. 25 Págs.

BARROSO, J. 2001. Materiales de construcción e impacto ambiental. AITIM. Boletín de Información Técnica. Enero-Febrero 2001. 209:69-72.

BARRUETABEÑA, L., O., SALAS, M.J. SUÁREZ. 1999. Desarrollo de una metodología simplificada de análisis de ciclo de vida (ACV/LCA) aplicada a la gestión industrial de residuos. Actas del VI Congreso de Ingeniería Ambiental. Bilbao. País Vasco, España.

BUCHANAN, A. AND B. HONEY. 1994. Energy and carbon dioxide implications of building construction. University of Canterbury, Christchurch (New Zealand). Energy and Buildings. 20 (1994): 205-217.

CAPUZ, S. 2002. Introducción al proyecto de Producción. Ingeniería Concurrente para el Diseño de Producto. Colección Libro Docente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 218 Págs.

CAPUZ, S., T. GÓMEZ, R. VIÑOLES, R. LÓPEZ, M<sup>a</sup>. J. BASTANTE, J. VIVANCOS, P. FERRER. 2003. Situación actual y perspectivas del Ecodiseño en las PYMES de la Comunidad Valenciana. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 202 Págs.

CASTELLS, F., J. RODRIGO, J.C. ALONSO, J. BIGORRA. 2000. Environmental improvement of automotive electronic devices by DFE techniques based on life cycle impact assessment. International Conference on Life Cycle Assessment: Tools for Sustainability (InLCA). Arlington, Virginia. U.S.

CLOQUELL, V., W. CONTRERAS, M. OWEN DE CONTRERAS, J. VIVANCOS. 2006. Evaluación del Nivel de Sostenibilidad de la Madera y los Productos Forestales. Método Análisis de Ciclo de Vida ACV-COCLOWEN. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

CONSOLI, F., D. ALLEN, I. BOUSTEAD, J. FAVA, W. FRANKLIN, A. JENSEN, N. DE OUDE, R. PARRISH, R. PERRIMAN, D. POSTLETHWAITE, B. QUAY, J. SEGUIN, and B. VIGON. 1993. Guidelines for life-cycle assessment: a code of practice, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).

CONTRERAS, W. 2006. Propuesta metodológica de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), aplicada a proyectos de diseño de productos forestales laminados encolados

con calidad estructural. Tesis Doctoral. Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

ELLINGTON, J., M. MEO, D. EL-SAYAD. 1993. The LCA Sourcebook: an European business guide to Life-Cycle Assessment. PMC Printers. London, England.

FERRER, G.P. 2004. Propuesta metodológica para la aplicación del Ecodiseño mediante la integración de las consideraciones ambientales en las técnicas de desarrollo de producto. En el marco del Diseño Sistemático. Tesis Doctoral (05.05.04). Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

FERRER, J., A. GALLARDO, R. VIDAL, M.J. BELLÉS, J. RAMOS. 2000. Metodología para la generación de alternativas a la gestión de los residuos sólidos urbanos. Ed. Fundación Dávalos-Fletcher.

FIKSEL, J. 1997. Ingeniería de diseño medioambiental. DFE. McGraw-Hill. Madrid, España. 512 Págs.

FORINTEK CANADA CORPORATION. 1999. Building Materials in the Context of Sustainable Development - An Analytical Framework. Forintek Canada Corporation and Wayne B. Trusty & Associates Limited.

FULLANA, P. 1996. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida al ecotiquetaje del producto bolsas de basura de polietileno. Jornadas sobre aplicaciones industriales del ACV. Barcelona, España.

FULLANA, P. 2003. Análisis de Ciclo de Vida. Seminario La Integración Ambiental de planes, proyectos y productos. Tomo IV. UIMP. Valencia, España. 55 Págs.

FULLANA, P., R. PUIG. 1997. Análisis de Ciclo de Vida. Cuadernos de Medio Ambiente. Ed. Rubes. Barcelona, España.

FULLANA, P., y S. SAMITIER. 1996. Iniciació a l'avaluació del cicle de vida. Ed. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Direcció General de Qualitat Ambiental. Barcelona, España.

GÓMEZ-SENENT, E. 2002. Estrategia General de Resolución de Problemas. Teoría de las Seis Dimensiones. Revista Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. España.

GUZMÁN, M.L. 2005. Propuesta metodológica para la integración del factor ambiental en el diseño de productos y de procesos. Caso de Estudio, del sector del mueble del estado de Jalisco (México). Tesis Doctoral (03.10.05). Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

HILLIER, W. AND R. MURPHY. 2000. Life-cycle assessment of forest products—a good story to tell. Journal of the Institute of Wood Science. 15: 4.

IHOBE S.A. 2002. Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de Implantación en 7 pasos. IHOBE S.A. Depósito legal BI-2644-00. Bilbao, País Vasco. España.

MILÀ, L., X. DOMÈNECH, J. RIERADEVALL, R. PUIG, P. FULLANA. 1996. Aplicació de l'avaluació del cicle de vida al calçat. Aplicacions Industrials del Cicle de Vida. Barcelona, Catalunya, España.

MURPHY, R. 2004. La madera y el círculo de la vida. Revista Actualidad Forestal Tropical. OIMT. 12(3): 12-14.

NORMA ISO 14040. 1997. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco.

NORMA ISO 14041. 1998. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Definición de Objetivo y alcance y el análisis de inventario.

NORMA UNE 150.040. 1996. Análisis de Ciclo de Vida. Principios Generales. AENOR.

OWEN DE C. M. 2006. Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño medioambiental de la industria de puertas y ventanas con madera y productos forestales. Tesis Doctoral. Departamento de Proyectos

de Ingeniería e Innovación. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

OWEN DE C.M., V. CLOQUELL, V.A. CLOQUELL, W. CONTRERAS. 2004. Propuesta de caracterización de Indicadores para evaluación del comportamiento ambiental de la industria de puertas y ventanas de madera. AEIPRO, Bilbao, España.

RIERADEVALL, J., J. NAVAS. 1998. Aplicación de ACV en el diseño de ecoproductos. Ejemplo de minimización del impacto ambiental en los envases. Residuos. 28: 68-82.

SINGHOFEN, A. 1996. Introduction into a common format for life-cycle inventory data. Society for the Promotion of LCA Development (SPOLD).

SOCIETY PRODUCTS FOREST. 1996. Life Cycle Environmental Impacts Analysis for Forest Products. Society Products Forest. Springfield, Oregon. US. 130 Págs.

VIDAL, M<sup>a</sup> R., M<sup>a</sup> BOVEA, N. GEORGANTZIS, E. CAMACHO. 2002. ¿Es rentable diseñar productos ecológicos?: el caso del mueble. Editorial Athenea. Universitat Jaume I. ISBN 84-8021-403-1. Alicante, España.

VIDAL, M.R., A. GALLARDO, J. FERRER. 2001. Integrated analysis for pre-sorting and waste collection schemes. Waste Management & Research. 19.

VIVANCOS, J. L. 2004. Propuesta metodológica para la simplificación del ACV en su aplicación a los componentes plásticos del automóvil en el marco del Ecodiseño. Tesis Doctoral (09.05.05). Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

VROM. 2002. LCA for acetylated wood. Final report 2: light duty piling in fresh water use. Conducted by the Imperial College London and SHR Timber Research for the Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Netherlands.

WEIDEMA, B. P. 1999. SPOLD'99 Format – an electronic data format for exchange of LCI data.

### B. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA EN LA WEB.

FRÜHWALD, A., J. WELLING, M. SCHARAI-RAD. 2003. Comparison of wood products and major substitutes with respect to environmental and energy balances. Seminar for the Sound Use of Wood, ECE/FAO, Poiana Brasov, Romania, 24–27 March 2003. [En línea]. Documento electrónico, fuente Internet. 2003. [Fecha de consulta 25 de Octubre 2005]. Disponible en: [www.unece.org/trade/timber/docs/sem-1/papers/r32Fruehwald\\_doc](http://www.unece.org/trade/timber/docs/sem-1/papers/r32Fruehwald_doc) <http://www.iso.org>. [Fecha de consulta 09 de Septiembre 2005].