



Proyecto cofinanciado con la
Contribución del Programa LIFE
de la Unión Europea
Project co-funded with the
contribution of the LIFE Programme
of the European Union



JUNTA DE
EXTREMADURA
DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA



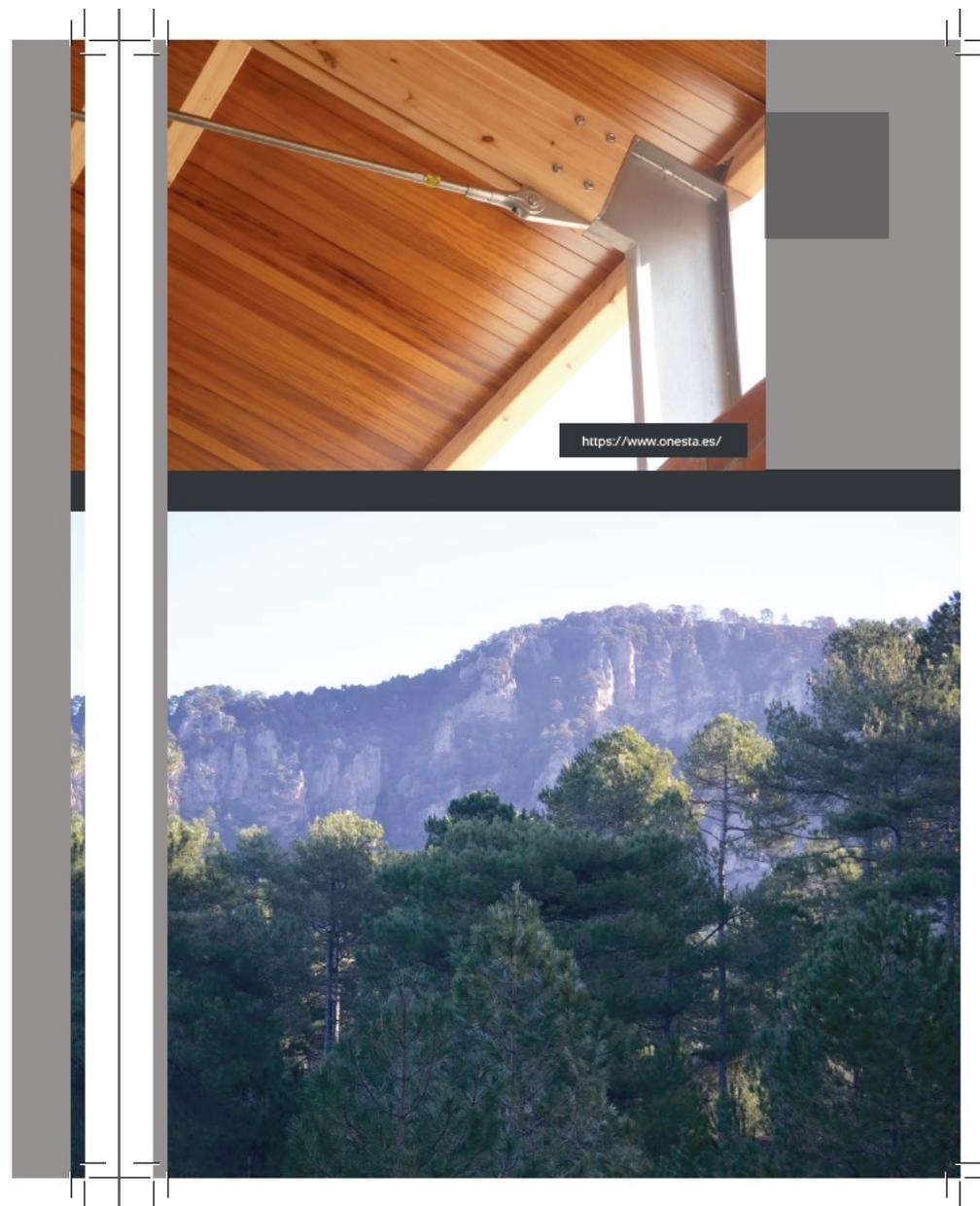
CENTRO DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
DE EXTREMADURA



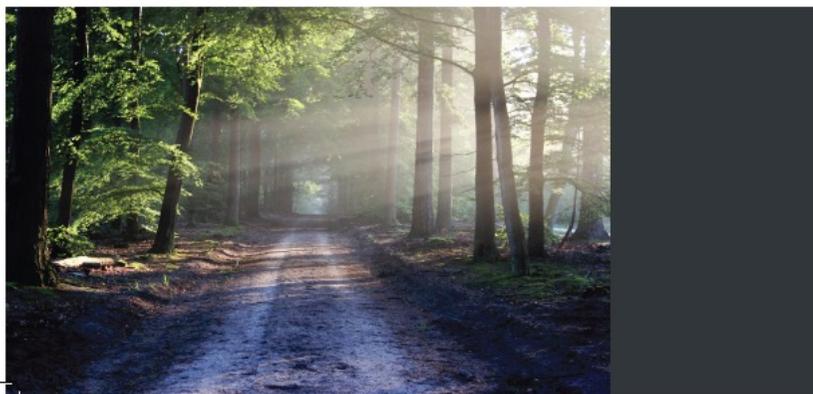
Antecedentes 24

Productos técnicos de madera para la construcción 32

Clase de uso y clase de servicio	38
Clase de uso	39
Clase de servicio	40
Productos de madera maciza	44
Madera aserrada estructural	44
Madera de sección circular para uso estructural	45
Productos de madera modificada	46
Madera termotratada	46
Madera acetilada	46
Madera furfuralada	47
Productos derivados de madera aserrada	48
Madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH)	48
Perfiles de laminación vertical: dúos y tríos	49
Madera laminada encolada (MLE)	50
Tableros de madera maciza monocapa y multicapa (SWP)	52
Tableros contralaminados (CLT)	53
Productos derivados de chapas de madera	56
Tableros y perfiles microlaminados (LVL)	56
Tableros contrachapados	57
Perfiles de chapas de madera (PSL)	57



Productos derivados de virutas, partículas y fibras de madera	58
Tableros OSB	58
Perfiles de virutas (LSL, OSL)	58
Tableros de partículas	58
Tableros de fibras	61
Productos complejos en combinación con otros materiales	62
Tableros madera cemento	62
Tableros sándwich	63
Estructuras mixtas	63
Tableros aligerados	64
Composites madera-plástico	65
Carpinterías técnicas	68
Ventanas	68
Puertas	68
Suelos de madera maciza	69
Suelos multicapa	69
Suelos laminados	69



Certificación de los productos de madera para construcción 71

Certificación técnica	72
Certificación obligatoria	72
Certificación voluntaria	74
Certificación medioambiental	76
Certificación medioambiental de materias primas	78
Certificación Forestal	78
Certificación de la Cadena de Custodia	78
Certificación medioambiental de productos	79
Eco-etiqueta	79
Certificación medioambiental de procesos	81
Ecodiseño	81
Normas de la serie ISO 14000	81
Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)	82

Servicios ecosistémicos asociados a la producción de productos de madera para la construcción 84

Los servicios ecosistémicos de los montes productores de madera	86
Los productos de madera como confinadores de carbono	88
Fijación, secuestro y almacenamiento de carbono	88
Carbono biogénico	90
El potencial del calentamiento global	92
El Potencial de Calentamiento Global en el ACV de productos de madera para construcción	98

Impactos ambientales de la fabricación de los productos de madera para construcción 100

Cadena de valor Monte - Industria - Construcción	104
Aplicación de la metodología de ACV	105
Límites – Alcance del sistema	106
Definición de procesos	107
Sistema de producto	108
Unidad funcional	109
Categorías de impacto	111
Energía operacional y embebida	118

Especies maderables de interés en la Península Ibérica 122

Servicios ecosistémicos de las masas de las principales especies forestales de España	125
Servicios ecosistémicos reguladores	125
Fijación de carbono	125
Eliminación de contaminantes atmosféricos	125
Pino silvestre	127
Morfología	128
Ecología y distribución	128
Pino laricio	133
Morfología	133
Ecología y distribución	134
Pino pinaster	137
Morfología	138
Ecología y distribución	139
Pino radiata	143
Morfología	143
Ecología y distribución	144
Castaño	147
Morfología	148
Ecología y distribución	148
Chopo	153





Fichas de productos de madera 157

Madera aserrada estructural de pino silvestre	158
Madera aserrada estructural de pino laricio	163
Madera aserrada estructural de pino pinaster	168
Madera aserrada estructural de castaño	173
Madera laminada encolada de pino silvestre	178
Madera laminada encolada de castaño	182
Tablero SWP multicapa de pino silvestre	186
Tablero SWP monocapa de castaño	190
Tablero contrachapado de chopo	194
Agradecimientos	198
Bibliografía y referencias	200



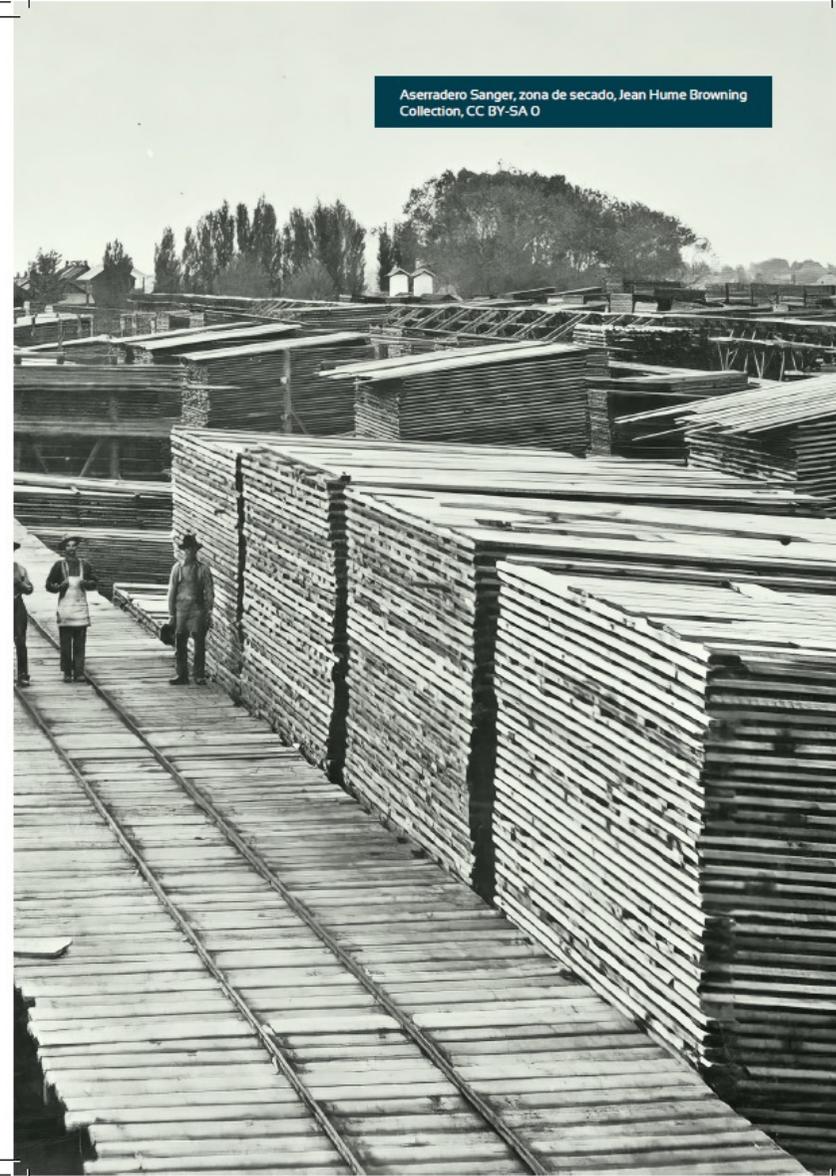
Productos técnicos de madera para la construcción



PAG
32

Guía de productos de madera para una construcción sostenible

Aserradero Sanger, zona de secado, Jean Hume Browning
Collection, CC BY-SA 0



Clase de servicio

Está relacionada con el **comportamiento mecánico y permanencia funcional del material**, según las condiciones higrotérmicas en las que esté trabajando el producto. Este concepto adquiere especial importancia en aquellos productos que incorporen adhesivos en su fabricación, por estar relacionado con la seguridad estructural, ya que los adhesivos tienen que cumplir unas determinadas exigencias para asegurar la integridad de la pieza y por tanto la permanencia del producto. El Código Técnico de la Edificación y la norma **UNE-EN 1995-1** definen las clases de servicio como sigue:

	Caracterizado en las condiciones:	Humedad de equilibrio higroscópico
Clase de servicio 1	Contenido de humedad de la madera correspondiente a una humedad relativa del aire que solo exceda el 65% unas pocas semanas al año	Media en la mayoría de las coníferas no excede el 12%
Clase de servicio 2	Contenido de humedad de la madera correspondiente a una humedad relativa del aire que solo exceda el 85% unas pocas semanas al año	Media en la mayoría de las coníferas no excede el 20%
Clase de servicio 3	Cualquier condición no contemplada en las dos clases anteriores	Toda otra condición de servicio que no pueda ser considerada en las dos clases anteriores

De esta forma, se consideran las condiciones higrotérmicas en las que puede trabajar cada una de las familias de productos, eligiendo las clases de servicio y clases de uso en las cuales dichos productos cumplen con las exigencias mínimas requeridas por la reglamentación. Esto permite definir las **clases técnicas** (en el caso de los tableros y perfiles encolados) y el **tratamiento a incorporar** (en el caso de la madera maciza y productos reconstituidos) para los diferentes productos derivados de madera.

Clases de servicio

Ejemplos

Estructuras de madera expuestas a un ambiente interior (bajo cubierta y con cerramientos perimetrales)
Nota: La temperatura en servicio de los productos de la madera no debe exceder los 50°C

Estructuras de madera a cubierto, pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, como es el caso de cobertizos y viseras, así como las piscinas cubiertas (debido a su ambiente húmedo)
Nota: La temperatura en servicio de los productos de la madera no debe exceder los 70°C

Estructuras de madera expuestas al ambiente exterior sin cubrir. Pérgolas sin cubrición, las pasarelas (no en contacto con el suelo), las vigas que vuelan al exterior son aplicaciones típicas de esta clase de servicio, siempre y cuando se pueda asegurar por diseño que el agua no se acumula en ningún punto del elemento o de las uniones.
Nota 1: La temperatura en servicio de los productos de la madera no debe exceder los 90°C
Nota 2: Salvo especificación en contrario por parte del fabricante, los productos encolados no deberán ser empleados en contacto con el suelo o agua

Productos derivados de madera aserrada



Cubierta de madera maciza empalmada,
<https://woodiswood.net>

Madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH)

La madera maciza empalmada longitudinalmente es un perfil laminado constituido por piezas rectas de sección rectangular obtenidas por empalme longitudinal mediante cola de piezas de madera aserrada clasificada estructuralmente. En el mercado este producto se conoce como **KVH**, siendo su principal destino el uso estructural.

Perfiles de laminación vertical: dúos y tríos

Los dúos y tríos son productos derivados de la madera maciza obtenidos por empalme longitudinal mediante cola de piezas de madera aserrada clasificada estructuralmente y posterior encolado de las 2 o 3 caras de las piezas empalmadas longitudinalmente que integran la pieza final, según se trate de dúo o trío. Las aplicaciones de estos perfiles son las mismas que la madera aserrada estructural y la madera maciza empalmada longitudinalmente. La caracterización y determinación de sus propiedades resistentes exige que sean utilizados como perfiles de laminación vertical, es decir, trabajando las piezas de canto, al contrario que la madera laminada encolada.



Tablones de dúo y trío,
<https://belwood.be>



Cenador con estructura de dúo,
<https://www.macusa.es>

Productos derivados de chapas de madera

Tableros y perfiles microlaminados (LVL)

La madera microlaminada es un producto fabricado con chapas de madera de 3 mm de espesor, encoladas entre sí paralelamente, aunque puede contener alguna chapa en dirección perpendicular. Su función es estructural, existiendo dos tipos de producto, en forma de perfil si su empleo es como viga o en forma de tablero si su uso es para forjado, cubierta o encofrado. Las características técnicas de ambos productos son diferentes. El LVL (Laminated Veneer Lumber) es muy utilizado también en rehabilitación como refuerzo estructural.

En la madera microlaminada solo se contempla una clase técnica, que podrá ser utilizada en CS1 y 2 y en CU1 y 2, aunque en CU2 deberá incorporar un tratamiento superficial.

Estructura de madera microlaminada, <https://arquitectura-madera.com>



Tableros contrachapados

Los tableros contrachapados son productos fabricados con chapas de madera de 2 a 3 mm de espesor, encoladas entre sí perpendicularmente, siempre constituidas por un número impar con un mínimo de 3 chapas. Se usan en aplicaciones estructurales y decorativas de interior y exterior, para proteger estructuras metálicas del fuego, en barcos, suelos de autobuses, cajas de carga en camiones y trenes, etc.

La normativa establece para los tableros contrachapados tres clases técnicas, dependiendo de las condiciones higrotérmicas a las que vaya a trabajar el tablero. Estas clases técnicas son: 1 (CS1 CU1), 2 (CS2 CU2) y 3 (CS3 CU4/5).



Tablero contrachapado de carroceros, <https://servicarpin.es>



Perfil de chapas de madera PSL, <https://ecohabitar.org>

Perfiles de chapas de madera (PSL)

Los perfiles de chapas de madera están fabricados con recortes de chapas de desarrollo, encolados y orientados en la dirección longitudinal del perfil. Son denominados en el mercado como perfiles PSL (Parallel Strand Lumber) por sus siglas en inglés. Con un destino estructural, son utilizados como vigas y pilares.



Certificación de los productos de madera para construcción



Certificación medioambiental de materias primas

CERTIFICACIÓN FORESTAL

Es un proceso voluntario mediante el cual una tercera parte independiente audita y acredita que la gestión llevada a cabo en un bosque se realiza de forma sostenible cumpliendo con unos criterios ecológicos, sociales y económicos previamente reconocidos en un Sistema de Certificación. En España, al igual que a nivel mundial, los dos sistemas de certificación forestal que se encuentran operativos son **PEFC** y **FSC**. Ambos garantizan al consumidor que los productos forestales certificados proceden de montes gestionados de forma sostenible.



CERTIFICACIÓN DE LA CADENA DE CUSTODIA

Es el mecanismo por el cual se puede garantizar al consumidor final que el producto que adquiere proviene de bosques gestionados bajo criterios de sostenibilidad. En este proceso se verifica cuál es el origen de la materia prima y se efectúa un seguimiento de esta, desde su extracción en el monte, su procesado, transporte y distribución del producto, hasta que llega al consumidor final. Es decir, se asegura que el producto final proviene de materia prima certificada por gestión forestal sostenible. Al igual que para la certificación forestal, en la certificación de cadena de custodia también se encuentran operativos los dos sistemas ya mencionados, **PEFC** y **FSC**.

En ocasiones se hace uso de la expresión "**madera certificada**": esta es una forma ambigua de comunicar que se trata de una madera para la cual una Organización externa certifica que procede de la gestión sostenible de bosques y que, incluso, puede referirse a todo el proceso productivo posterior, garantizando la perfecta trazabilidad del material desde el bosque al empleo final.

Certificación medioambiental de productos

ECO-ETIQUETA

Es un distintivo oficial para promover los productos que tienen un efecto ambiental reducido durante todo su ciclo de vida y, así mismo, proporcionar a los consumidores información exacta, no engañosa y con base científica sobre la repercusión ambiental de los productos. La obtención de una Eco-Etiqueta se consigue cumpliendo una serie de criterios ambientales relacionados con la limitación del consumo de agua y energía, la reducción de la producción de residuos, vertidos y emisiones, el uso de fuentes de energía renovables y la difusión de la información ambiental.

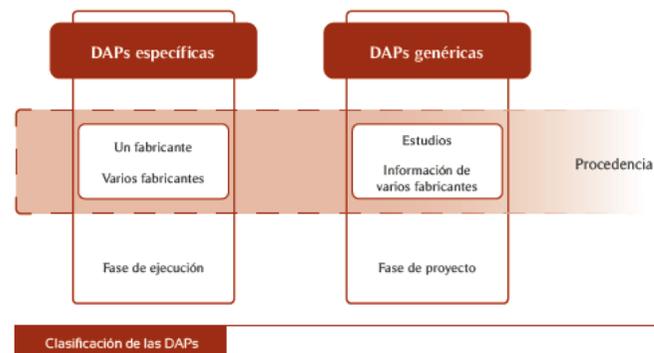


Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)

Entendida esta como un procedimiento de evaluación ambiental de productos o procesos, sirve de apoyo a la toma de decisiones encaminadas a disminuir los impactos en el proceso constructivo. El ACV no solo hace referencia a las cargas ambientales en la fase de producción de un producto, sino también a todas las que se producen en las etapas del proceso constructivo, fabricación del producto, transporte y proceso de construcción, y etapas de uso y de fin de vida del edificio.

Para poder comunicar de una forma homogénea los resultados del ACV aplicado a un producto se utiliza el formato de **Declaración Ambiental de Producto** (DAP). En la DAP se muestra información cuantitativa sobre los impactos ambientales que ocasiona un producto, siguiendo la norma **UNE-EN 15804**. La DAP es clasificada como una ecoetiqueta de Tipo III y es verificada necesariamente por tercera parte.

Existen diferentes tipos de DAPs. Uno de los criterios para su clasificación hace referencia a la procedencia de los datos, diferenciando entre **DAPs específicas** y **DAPs genéricas**. Las DAPs específicas proceden de un fabricante (DAPs Particulares) o de varios, -normalmente fabricantes tipo (DAPs Sectoriales). Por otra parte, las DAPs pueden proceder de estudios, de información de varios fabricantes, etc., y entonces son denominadas DAPs genéricas. Para la evaluación del proceso constructivo, las DAPs genéricas aportan información ambiental necesaria en la fase de proyecto, mientras que en las DAPs específicas la información aportada es utilizada en la fase de ejecución.



EPD®
ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)

Entendida esta como un procedimiento de evaluación ambiental de productos o procesos, sirve de apoyo a la toma de decisiones encaminadas a disminuir los impactos en el proceso constructivo. El ACV no solo hace referencia a las cargas ambientales en la fase de producción de un producto, sino también a todas las que se producen en las etapas del proceso constructivo, fabricación del producto, transporte y proceso de construcción, y etapas de uso y de fin de vida del edificio.

Para poder comunicar de una forma homogénea los resultados del ACV aplicado a un producto se utiliza el formato de **Declaración Ambiental de Producto** (DAP). En la DAP se muestra información cuantitativa sobre los impactos ambientales que ocasiona un producto, siguiendo la norma **UNE-EN 15804**. La DAP es clasificada como una ecoetiqueta de Tipo III y es verificada necesariamente por tercera parte.

Existen diferentes tipos de DAPs. Uno de los criterios para su clasificación hace referencia a la procedencia de los datos, diferenciando entre **DAPs específicas** y **DAPs genéricas**. Las DAPs específicas proceden de un fabricante (DAPs Particulares) o de varios, -normalmente fabricantes tipo (DAPs Sectoriales). Por otra parte, las DAPs pueden proceder de estudios, de información de varios fabricantes, etc., y entonces son denominadas DAPs genéricas. Para la evaluación del proceso constructivo, las DAPs genéricas aportan información ambiental necesaria en la fase de proyecto, mientras que en las DAPs específicas la información aportada es utilizada en la fase de ejecución.

ENVIRONMEN

Certificación medioambiental de materias primas

CERTIFICACIÓN FORESTAL

Es un proceso voluntario mediante el cual una tercera parte independiente audita y acredita que la gestión llevada a cabo en un bosque se realiza de forma sostenible cumpliendo con unos criterios ecológicos, sociales y económicos previamente reconocidos en un Sistema de Certificación. En España, al igual que a nivel mundial, los dos sistemas de certificación forestal que se encuentran operativos son **PEFC** y **FSC**. Ambos garantizan al consumidor que los productos forestales certificados proceden de montes gestionados de forma sostenible.



CERTIFICACIÓN DE LA CADENA DE CUSTODIA

Es el mecanismo por el cual se puede garantizar al consumidor final que el producto que adquiere proviene de bosques gestionados bajo criterios de sostenibilidad. En este proceso se verifica cuál es el origen de la materia prima y se efectúa un seguimiento de esta, desde su extracción en el monte, su procesamiento, transporte y distribución del producto, hasta que llega al consumidor final. Es decir, se asegura que el producto final proviene de materia prima certificada por gestión forestal sostenible. Al igual que para la certificación forestal, en la certificación de cadena de custodia también se encuentran operativos los dos sistemas ya mencionados, **PEFC** y **FSC**.

En ocasiones se hace uso de la expresión **"madera certificada"**: esta es una forma ambigua de comunicar que se trata de una madera para la cual una Organización externa certifica que procede de la gestión sostenible de bosques y que, incluso, puede referirse a todo el proceso productivo posterior, garantizando la perfecta trazabilidad del material desde el bosque al empleo final.

Certificación medioambiental de productos

ECO-ETIQUETA

Es un distintivo oficial para promover los productos que tienen un efecto ambiental reducido durante todo su ciclo de vida y, así mismo, proporcionar a los consumidores información exacta, no engañosa y con base científica sobre la repercusión ambiental de los productos. La obtención de una Eco-Etiqueta se consigue cumpliendo una serie de criterios ambientales relacionados con la limitación del consumo de agua y energía, la reducción de la producción de residuos, vertidos y emisiones, el uso de fuentes de energía renovables y la difusión de la información ambiental.



EPD®

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION



**Servicios ecosistémicos
asociados a la producción
de productos de madera
para la construcción**



Carbono biogénico

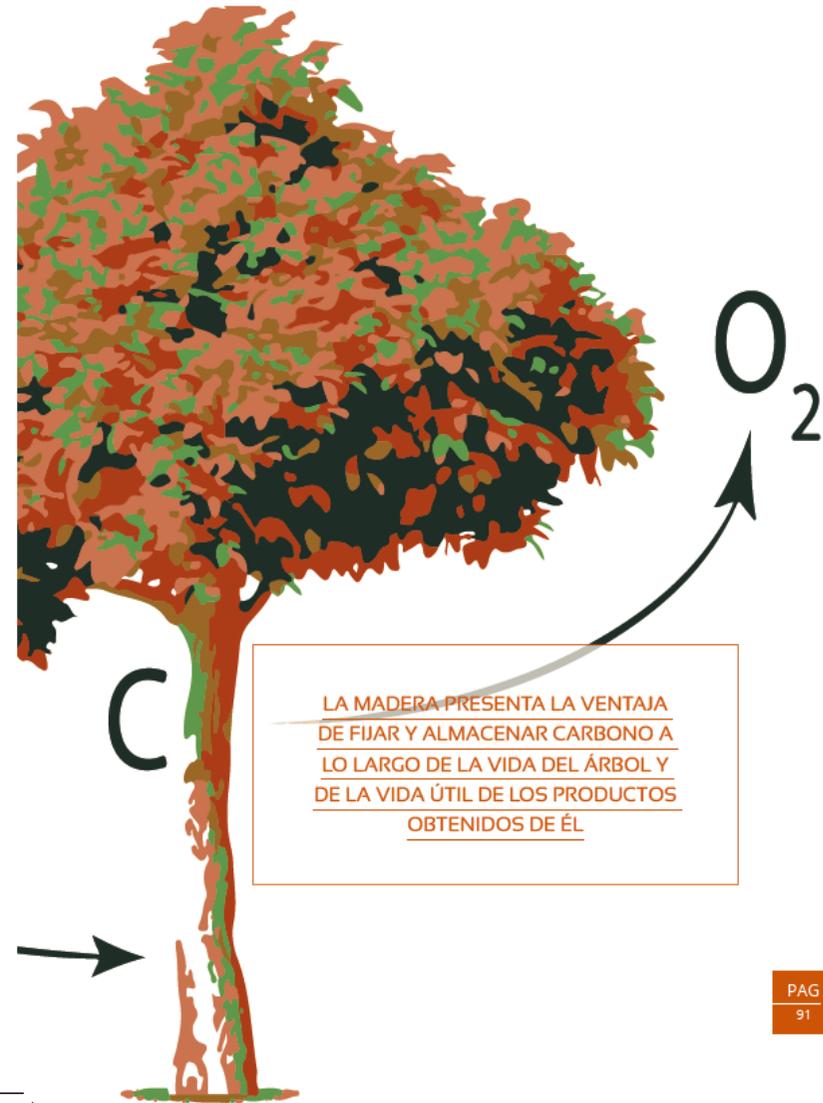
Una de las ventajas comparativas que presentan los productos de madera frente a otros productos de origen no biológico en términos medioambientales es su capacidad para fijar y almacenar carbono en sus tejidos leñosos a lo largo de toda la vida del árbol y de la vida útil de los productos que se obtengan de él.

La metodología de ACV tiene en cuenta esta característica diferenciadora de los productos de madera y la incorpora en el cálculo de los impactos asociados a su ACV mediante la cuantificación del **Potencial de Calentamiento Global – biogénico**, que se desarrollará más adelante. Concretamente, la norma UNE-EN 16449 “Madera y productos derivados de la madera. Cálculo del carbono biogénico de la madera y conversión en dióxido de carbono” establece las bases matemáticas para la cuantificación del carbono biogénico.

En el caso de los productos de madera para construcción hay que tener en cuenta la influencia de la humedad en sus dimensiones y densidad por estar relacionadas con la cantidad de carbono almacenado.

La metodología de cálculo del carbono biogénico se desarrolla en mayor profundidad en el capítulo 5.

CO₂





Impactos ambientales de la fabricación de los productos de madera para construcción



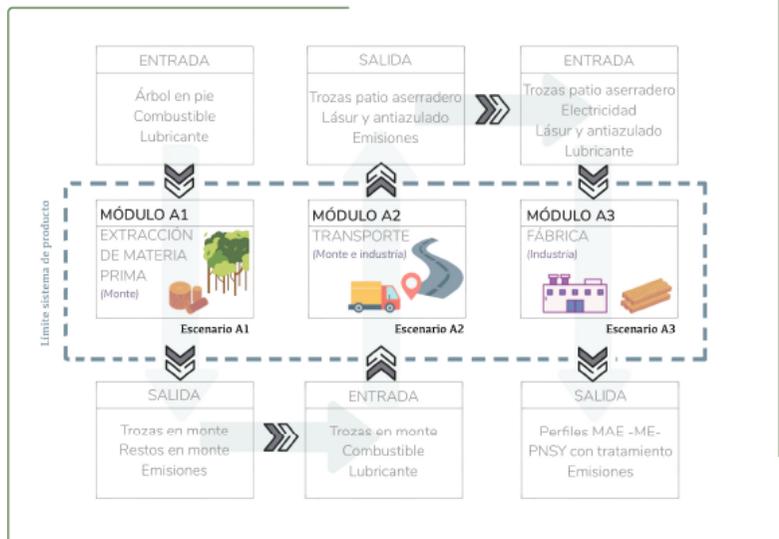
PAG
100

Guía de productos de madera para una construcción sostenible

Secadero empresa Etorhi Cooperativa

SISTEMA DE PRODUCTO

El sistema de producto está definido por el conjunto de procesos unitarios con sus correspondientes 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**. Se denomina flujo elemental tanto a la materia o energía que entra en el sistema de producto bajo estudio y que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por parte del ser humano, como a la liberada al medio ambiente sin una transformación posterior. Por su parte, el flujo de producto está compuesto por los productos que entran o salen de un sistema de producto a otro.



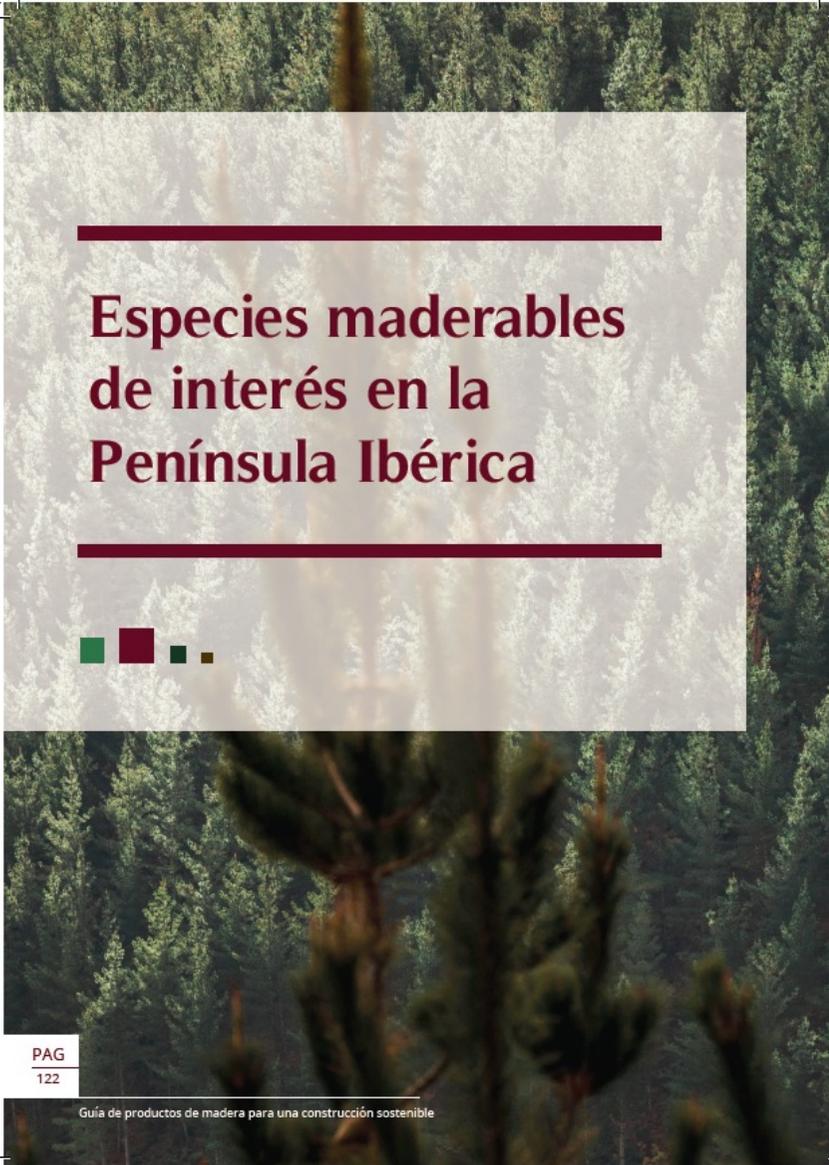
UNIDAD FUNCIONAL

Para poder asignar un peso relativo de los valores de los indicadores de impacto y de uso de recursos a los productos de madera analizados es necesario definir la unidad funcional (cantidad de producto empleada como unidad de referencia para el ACV de un sistema de producto) o la **unidad declarada** (cantidad de producto empleada para el ACV de uno o más módulos del sistema de producto). Con toda esta información, se realiza el **inventario de ciclo de vida** en el que se cuantifican todos los flujos de entrada y salida del sistema y se calculan los indicadores de las categorías de impacto y de consumo de recursos.

Para el ejemplo que nos ocupa, se ha definido la siguiente unidad declarada: 1 m³ de madera aserrada estructural de pino silvestre (*Pinus sylvestris*, L) al 12% de humedad para uso como elemento estructural (viga, pilar). Clase resistente C22 (UNE-EN 1912), clase de uso 1 (UNE-EN 335) y clase de servicio 1 (UNE-EN 1995 1-1 o CTE DB-SEM). Estas propiedades deben mantenerse durante toda la vida útil de referencia del producto. La vida útil de referencia se establece en más de 100 años.

Flujos de un sistema de producto

La figura muestra un caso concreto a modo de ejemplo: los límites del sistema para un perfil de madera aserrada estructural de gruesa escuadría de pino silvestre al 12% de humedad en el momento de la entrega y con tratamiento superficial con antiazulado y lasur, considerando las etapas A1, A2 y A3 del ACV (de cuna a puerta).



Especies maderables de interés en la Península Ibérica



PAG
122

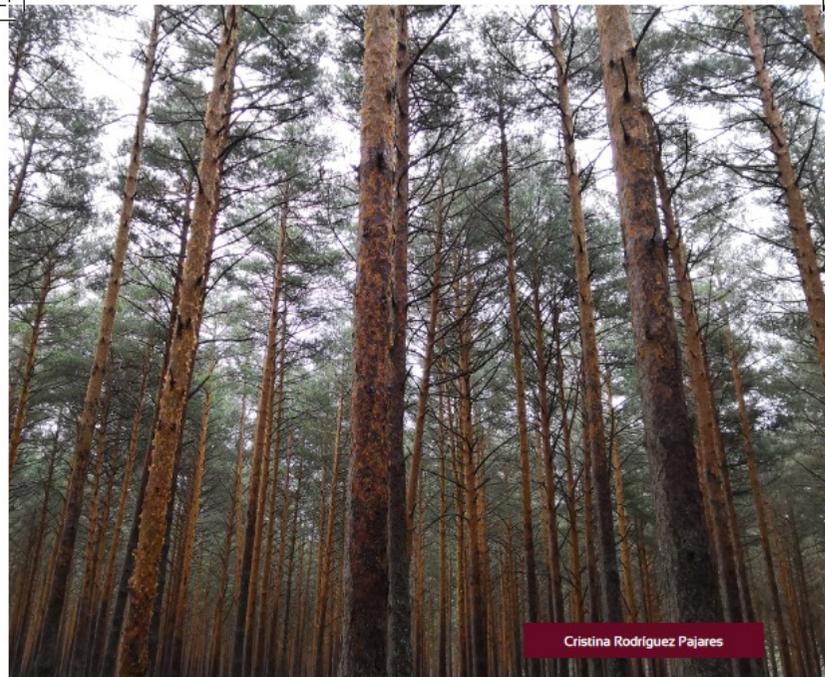
Guía de productos de madera para una construcción sostenible

Etorhi Cooperativa

Morfología

Acorde con la amplitud del área natural de distribución del pino albar y a la diversidad de hábitats que ocupa en toda Europa y Asia, esta especie presenta también una elevada diversidad en cuanto a su morfología.

El pino silvestre de los sistemas montañosos peninsulares crece hasta alcanzar un porte elevado y tallas de 30- 40 metros. Su tronco generalmente cilíndrico, recto y grueso, soporta una copa con forma piramidal en las etapas juveniles y más asimétrica, redondeada o aovada en la edad adulta. Un carácter distintivo es el color naranja asalmonado de la corteza, que aparece, junto con una profusa descamación de ésta, en la parte superior del tronco y las ramas. La ramificación es habitualmente escasa y se dispone en ángulo recto. Como consecuencia de la poda natural, las ramas bajas van desapareciendo, por lo que, con la edad, las ramas limitan su presencia al tercio superior del árbol.



Cristina Rodríguez Pajares

Ecología y distribución

Acorde con la amplitud del área natural de distribución del pino albar y a la diversidad de hábitats que ocupa en toda Europa y Asia, esta especie presenta también una elevada diversidad en cuanto a su morfología.

El pino silvestre de los sistemas montañosos peninsulares crece hasta alcanzar un porte elevado y tallas de 30- 40 metros. Su tronco generalmente

cilíndrico, recto y grueso, soporta una copa con forma piramidal en las etapas juveniles y más asimétrica, redondeada o aovada en la edad adulta. Un carácter distintivo es el color naranja asalmonado de la corteza, que aparece, junto con una profusa descamación de ésta, en la parte superior del tronco y las ramas. La ramificación es habitualmente

escasa y se dispone en ángulo recto. Como consecuencia de la poda natural, las ramas bajas van desapareciendo, por lo que, con la edad, las ramas limitan su presencia al tercio superior del árbol.

El pino silvestre se extiende mayoritariamente por los sistemas montañosos del cuadrante

nororiental peninsular y Sierra de Guadarrama. Su presencia en la Cordillera Penibética es muy puntual y se corresponde con poblaciones marginales. En conjunto, las masas de pino silvestre de la península ibérica constituyen el límite suroccidental de su área de distribución mundial, con núcleos de extensión limitada y gran valor biogeográfico. En la actualidad existen masas procedentes de repoblaciones en la mayor parte de los sistemas montañosos en zonas de media montaña. Las masas de pino albar se distribuyen en laderas de montaña, sobre suelos de escaso desarrollo, tanto de naturaleza básica como silíceo, desde los 500 a 2000 metros. Excepcionalmente pueden aparecer desde los 200 metros y ascender hasta cotas de 2100 m.

El pino albar tiene carácter de especie pionera, pues se regenera rápidamente después de perturbaciones de origen natural o antrópico, siempre y cuando las condiciones de competencia y presión de pastoreo sean bajas. Las poblaciones naturales suelen ser mayoritariamente monoespecíficas y relativamente coetáneas, formando parte de los bosques de montaña típicos de la mitad septentrional, a excepción de la cordillera Cantábrica. No obstante, frecuentemente forma masas mezcladas: con pino negro (*Pinus uncinata*) en el Pirineo y el sistema Ibérico septentrional; con pino laricio (*Pinus nigra*), robles marcescentes (*Quercus pyrenaica*, *Quercus faginea* y *Quercus humilis*), haya (*Fagus sylvatica*) y encina (*Quercus ilex*) en el prepirineo, Pirineo y sistema Ibérico meridional. En el sistema Central es frecuente la mezcla con rebollo (*Quercus pyrenaica*), enebro común (*Juniperus communis*) y otras especies arbóreas con similares requerimientos ecológicos.

Pino silvestre



PAG
130

Distribución de las masas de pino silvestre. Fuente: MITECO, 2023

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2,5} (g/año)
10	14,50	0,30	31,20	4,50	143	977	0,63
15	36,60	0,70	78,53	11,33	3,53	24,60	1,60
20	70,10	1,37	156,60	22,60	7,10	49,03	3,20
25	115,20	2,33	259,37	37,47	11,70	81,23	5,30
30	238,10	4,10	464,23	67,03	20,97	145,37	9,53
35	314,70	4,70	529,07	76,40	23,87	165,67	10,83
40	400,80	4,97	558,37	80,60	25,20	174,83	11,47
45	496,50	4,97	556,40	80,33	25,10	174,20	11,40
50	602,20	4,77	532,77	76,93	24,07	166,77	10,93
55	717,90	4,40	497,63	71,83	22,47	155,80	10,20

Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del pino silvestre

PAG
131



Fichas de productos de madera

Madera laminada encolada de castaño

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera laminada encolada de *Castanea sativa*, L. para uso estructural con tratamiento de lasur y un 12% de contenido de humedad en el momento de la entrega.

Producto tipo

Perfil de madera laminada encolada de castaño (*Castanea sativa*) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera laminada encolada estructural de castaño de dimensiones 150 x 200 x 4000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de tabla de madera de castaño (clasificada estructuralmente), cola, endurecedor y lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas y pilares)
2. Cubiertas para grandes luces, instalaciones deportivas, piscinas cubiertas y edificios comerciales
3. Casas prefabricadas
4. Pasarelas y puentes
5. Carpintería (puertas, ventanas, escaleras)
6. Paneles decorativos para aplicaciones arquitectónicas y revestimientos
7. Pérgolas y estructuras de jardín
8. Mobiliario urbano
9. Elementos estructurales para barcos y embarcaciones

PAG
182

Guía de productos de madera para una construcción sostenible

Ejemplos en madera laminada encolada de castaño, <https://www.maderea.es>



Escuadrias de madera laminada encolada de castaño, <https://www.sierolam.com/>

Propiedades geométricas

Dimensiones habituales	Ancho	70 - 240 mm	
	Alto	120 - 400 mm	En función del grosor de lámina: Clase de servicio 1 y 2: grosor de lámina < 40mm Clase de servicio 3: grosor de lámina < 35 mm
	Largo	≤ 13500 mm	
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 390		

PAG
183

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 14080

Clase resistente	GL30h	
Flexión $f_{m,k}$	30	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t0,k}$	24	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t90,k}$	0,5	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c0,k}$	30	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c90,k}$	2,5	
Cortante (cortadura y torsión) $f_{v,k}$	3,5	N/mm ²
Cortante de rodadura $f_{r,k}$	1,2	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio paralelo $E_{0,medio}$	13600	kN/mm ²
Módulo de elasticidad medio perpendicular $E_{90,medio}$	300	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico paralelo $E_{0,05}$	11300	
Módulo de elasticidad característico perpendicular $E_{90,05}$	250	
Módulo de cortante medio $G_{0,medio}$	650	
Módulo de cortante característico G_{05}	540	
Módulo de cortante de rodadura medio $G_{r,medio}$	65	kN/mm ²
Módulo de cortante de rodadura característico $G_{r,05}$	54	kN/mm ²
Densidad característica ρ_k	430	kg/m ³
Densidad media ρ_{medio}	480	kg/m ³

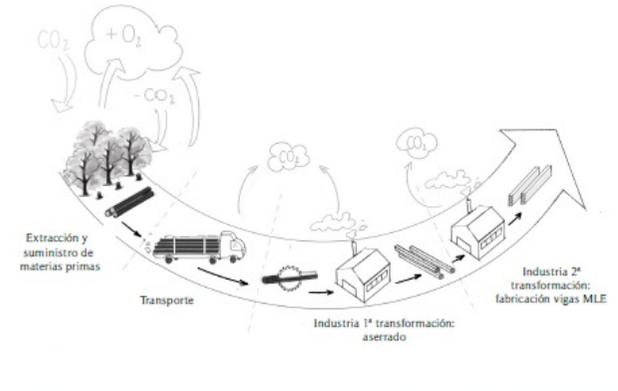
Según la norma CEC-2010

Conductividad térmica λ	0,18	W/mK
Calor específico C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	50	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

Clase de Servicio ¹ y Clase de Uso ²	Tipo de adhesivo	Tratamiento de la madera	Disposición de las láminas ³
CS1 CU1	UF, UMF, Resorcina, Poliuretano, EPOXI/Vinílicas	Acabado superficial, lasures y geles	
CS2 CU2	UMF, Resorcina, Poliuretano	Acabado superficial, lasures y geles	
CS3 CU3.1	UMF, Resorcina	Acabado superficial, lasures y geles ⁴	
CS3 CU3.2	No procede ⁵	No procede ⁵	

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera laminada encolada de castaño

	Energía Embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	MJ/UD	kg CO _{2,eq} /UD	kg CO _{2,eq} /UD	kg CO _{2,eq} /UD
A1.- Aprovechamiento forestal	152,8	-792,7	-890,0	97,3
A2.- Transportes al aserradero	164,9	16,4		16,4
A3.- Industria 1ª y 2ª transformación	1065,4	23,5		23,5
TOTAL	1383,1	-752,8	-890,0	137,2

¹ Clase de servicio según la norma UNE-EN 1995-1-1 o CTE DB-SEM.

² Clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Disposición de las láminas que conforman el perfil según UNE-EN 14080.

⁴ La durabilidad natural de la madera de castaño la protege frente a los principales agentes xilófagos presentes en esta clase de uso pero no frente a insectos de ciclo larvario, por lo que se precisa aplicar un tratamiento superficial de tipo insecticida.

⁵ La impregnabilidad de la madera de castaño según la norma UNE-EN 350 no permite tratamientos en profundidad por lo que no puede cumplir con los criterios de la clase de uso 3.2

Agradecimientos

A la Dirección General de Arquitectura de la Junta de Extremadura como socio coordinador del proyecto LIFE ReNaturalINZEB, en especial a Esther Gamero Ceballos-Zúñiga por su apoyo y dedicación como coordinadora del proyecto y a Mónica Ruíz-Roso Luna por su implicación en todo momento.

Al resto de socios del proyecto LIFE ReNaturalINZEB, ITeCons, CICYTEX, INTROMAC, URVIPEXSA y LNEG, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

A todas las personas que desde la Universidad de Córdoba han trabajado para que el proyecto LIFE ReNaturalINZEB, se haya desarrollado con éxito. En especial a Teresa Garnica Muñoz por su entusiasmo y dedicación a lo largo de todo el proyecto.

A la Cátedra ONESTA de bioproductos para construcción por su ayuda en la difusión de este proyecto.

A las empresas y asociaciones que han colaborado proporcionando datos para la obtención de los impactos en las distintas etapas del ciclo de vida de los productos y a los investigadores del CSIC por su asesoramiento siempre desinteresado.

Una mención especial a Álvaro Rodríguez Martín, por su trabajo e implicación en el montaje y maquetación de esta guía. Su profesionalidad ha permitido que esta guía supere ampliamente los objetivos inicialmente planteados.

Por último, a todos los que utilizan la madera de forma responsable contribuyendo a que la madera se posicione como el material para la construcción sostenible del presente y del futuro.

