

CONGRESO

# LIGNOMAD [19]

CONGRESO SOBRE CONSTRUCCIÓN CON MADERA  
Y OTROS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS

XUNTA DE GALICIA

María Pilar Giraldo Forero, Ana María Lacasta Palacio y  
M<sup>a</sup> Azahara Soilán Cañas

Axencia Galega de Industria Forestal

# CONGRESO LIGNOMAD [19]

## LIBRO DE PONENCIAS

Congreso sobre Construcción con Madera  
y otros Materiales Lignocelulósicos

XUNTA DE GALICIA

## Comité organizador

M<sup>a</sup> Azahara Soilán Cañás  
Centro de Innovación e Servizos Tecnolóxicos da  
Madeira de Galicia (CIS Madeira)  
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

Montserrat Rodríguez Ogea  
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

José Ignacio Lema Piñeiro  
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

Pablo Leis Mol  
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

Ana María Lacasta Palacio  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

María Pilar Giraldo Forero  
Institut Català de la Fusta (INCAFUST)  
Consorci Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de  
Catalunya (CTFC)

## Comité Científico

José Manuel Cabrero  
Universidad de Navarra - Departamento de Construcción,  
Instalaciones y Estructuras

Miguel Esteban Herrero  
Universidad Politécnica de Madrid - ETSI Montes,  
Forestal y del Medio Natural

Jorge Galván  
Universidad Nebrija / INIA

Ana María Lacasta  
Universitat Politècnica de Catalunya - Departamento de  
Tecnología de la Arquitectura

Azahara Soilán  
Centro de Innovación e Servizos Tecnolóxicos  
da Madeira de Galicia (CIS Madeira)  
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

María Pilar Giraldo  
INCAFUST - Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de  
Catalunya (CTFC) / Universitat Politècnica de Catalunya

Ignacio Oteiza  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, CSIC  
Departamento de Construcción

María José Barriola  
Área de Desarrollo Sostenible y Biociencias, Tknika, País vasco

Manuel Touza  
Centro de Innovación e Servizos Tecnolóxicos da Madeira de  
Galicia (CIS Madeira)  
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

Rubén Regueira Gay  
PEMADE (Plataforma de Ingeniería de la Madera Estructural) –  
Universidad de Santiago de Compostela

María Portela Barral  
PEMADE (Plataforma de Ingeniería de la Madera Estructural) –  
Universidad de Santiago de Compostela

Joaquín Montón  
Universitat Politècnica de Catalunya Departamento de  
Tecnología de la Arquitectura

Amaia Butron Janices  
Área de Materiales de Construcción / Building Technologies  
Division. TECNALIA

Josu Benito Ayúcar  
Área de Edificación y Ciudad / Building Technologies Division.  
TECNALIA

Abel Vega Cueto  
Área de Tecnología, Madera Estructural y Construcción  
Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias  
(CETEMAS)

Santiago Sánchez Beitia  
E.T.S. de Arquitectura de Donostia-San Sebastián, Universidad  
del País Vasco (UPV/EHU)

Dolores Otero Chans  
Departamento de Construcciones y Estructuras Arquitectónicas,  
Civiles y Aeronáuticas. Universidad de A Coruña.

## Edición

Alina Avellaneda López  
María Pilar Giraldo Forero  
Ana María Lacasta Palacio

**ISBN 978-84-09-13315-4**



Esta obra está bajo una Licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>



# ÍNDICE

<b>SESIÓN 1</b>	
Ángel Panero, Lourdes Pérez. <b>Madera esencial, soporte y sistema constructivo, en la rehabilitación de la fábrica de curtidos de pontepedriña de arriba en santiago de compostela</b>	1
David Lorenzo, José Enrique Pardo, Alfonso Lozano, Josu Benito. <b>Proyecto de reparación de la estructura de madera del puente de La Barca en Pontevedra. Aspectos claves en el diseño en la durabilidad de la madera al exterior</b>	6
Alfonso Lozano, Felipe Álvarez, Mar Alonso, Juan José Del Coz, Juan Enrique Martínez, David Lorenzo. <b>Posibilidades de las técnicas de GPR basadas en la interferometría de Coda, en el análisis del deterioro biológico de estructuras de madera laminada encolada</b>	11
Carlos Osuna-Sequera, Francisco Arriaga, Miguel Esteban, Guillermo Íñiguez-González, Ignacio Bobadilla. <b>Consideraciones sobre la medición de la velocidad de ondas de ultrasonidos en piezas de madera puesta en obra</b>	17
Carles Blasco, Oriol Palou. <b>Reflexiones de un caso práctico de actuaciones de refuerzo y mantenimiento en la estructura de un puente de madera en Calonge, Girona</b>	25
<b>SESIÓN 2</b>	
Óscar Andrés Quintela, Iván Andrés Quintela. <b>SIETEYMEDIO, un sistema modular de construcción en madera</b>	30
A. Elejoste, G. Mondragon, A. Butron, A. Arevalillo, A. Eceiza, C. Peña-Rodríguez, F. Elejoste. <b>Valorización del bambú como elemento estructural</b>	35
Edna Moura Pinto, Alfredo Manuel Pereira Gerales Dias, Isabela Cavalcanti dos Santos. <b>Dunas timber gridshell: construction method for a pavilion built in Natal-Brazil</b>	41
N. Torres, H. De Matos. <b>Bóveda desplegable en madera. Pabellón Xuê</b>	46
<b>Sesión de posters 1</b>	
Cecilia López, Juan José Otero, Luis Ángel López. <b>Reconstrucción de vivienda en Saa, Carballeda de Avia</b>	50
Andrea Swiec Kaufmann <b>El uso de la caña (arundo donax) en la arquitectura tradicional</b>	55
Cristina Ouzande, Cristina Ezcurra. <b>Rehabilitación de vivienda con sistema estructural tradicional de madera para casa de la cultura, Villa Concepción, Cambre</b>	57
Ana María Rodríguez. <b>La problemática de la rehabilitación de estructuras de madera en entornos rurales consolidados. Cascos antiguos tradicionales: pasado, presente y futuro de una realidad</b>	63

Juan-José Villacorta-Calvo, Alberto Izquierdo-Fuente, Lara del Val-Puente, Luis Suárez, Roberto Martínez, Leandro Morillas y Luis-Alfonso Basterra. <b>AmemoMe: Diseño e implementación de un sistema de medida basado en acelerómetros MEMS para el análisis de los modos de vibración de una estructura de madera</b>	68
Leonardo Llamas <b>Madera y Passivhaus</b>	73
Fernando Colom, Pablo Tarín, Mario Rando, Felice Allievi. <b>Edificios de CLT en Noruega: una solución construida íntegramente en madera cada vez más habitual</b>	77
<b>SESIÓN 3</b>	
Manuel Guaita, Jordi Navarro, Celia Martínez-Alonso, Rosa Arcas. <b>Proyecto LIFE EcoTimberCell: nuevos sistemas constructivos y su certificación</b>	82
J.F. Hidalgo-Cordero, D. Casado, J. García, L. Robertson, E.Hermoso, M.T. Troya. <b>Durabilidad de la totora y sus derivados ante organismos xilófagos</b>	87
A. Butron, I. Svensson, Garmendia, R. Fañanas, O. Arestizabal. <b>Protector de madera acuoso de elevada penetración de los principios activos y baja emisión COVs</b>	92
Roberto Martínez, José-A. Balmori, Gamaliel López, Luis Acuña, Milagros Casado, Luis-Alfonso Basterra <b>Estudio mecánico preliminar de la mandíbula de un cerambícido como herramienta de corte</b>	101
Verónica Sancho <b>Pieles de madera en la Arquitectura</b>	108
<b>SESIÓN 4</b>	
Elizabeth Abalo, Gonzalo Alonso. <b>Edificio institucional y de I+D de la Universidad de Vigo Berbes, Vigo</b>	113
Cristina Ouzande, Cristina Ezcurra. <b>Construcción mediante un sistema de entramado de madera de un edificio público de uso sanitario. Centro de atención de urgencias extrahospitalarias.</b>	118
Antonio José Lara-Bocanegra, Almudena Majano-Majano, Belén Feijoo, José Luis Gómez-Royuela, Luis Lozano-Bodeguero, Jose Antonio Lorenzana, Antonio Roig, María Portela, Manuel Guaita. <b>Acciones demostrativas con productos estructurales realizados con especies gallegas en el marco del Proyecto Life Lugo+Biodinámico</b>	125
Pablo Tarín, Manuel Sánchez-Solís, Mario Rando, Fernando Ibáñez <b>Finansparken Bjergsted, Stavanger: un innovador edificio de oficinas con elementos portantes de madera</b>	130
Aída Santana-Sosa, Alireza Fadai <b>Lean Construction como metodología para impulsar y estandarizar el uso de madera en edificaciones en altura</b>	135

Felipe Riola-Parada, Kamyar Tavoussi, Alireza Fadai, Wolfgang Winter <b>Elementos estructurales híbridos: vigas madera-acero y placas nervadas madera-acero-hormigón</b>	140
<b>SESIÓN 5</b>	
Iñaki del Prim Gracia <b>Edificios Terciarios Passivhaus con estructura de madera</b>	145
Lankes, Sascha <b>20 años de utilización de la madera en la construcción de viviendas en Alemania Los comienzos - El largo camino - La aceptación</b>	151
Francisco Arriaga, Guillermo Íñiguez, Miguel Esteban. <b>Eurocódigo 5 – estructuras de madera - 2020</b>	156
Álvaro López, Zara Álvarez, MRM Arquitectos, Antón Varela García, IDOM consulting, engineering, architecture S.A. <b>Estructuras de madera en edificios no residenciales</b>	165
Guadalupe Olvera, Miguel Esteban, Gabriel H. Virgen, Ignacio Bobadilla. <b>Pronóstico del riesgo de caída y fractura en arbolado urbano mediante métodos no destructivos: una revisión</b>	170
<b>Sesión de posters 2</b>	
David Lorenzo, Manuel Touza, Juan Fernández-Golfín, Alfonso Lozano, Josu Benito, Manuel Guaita. <b>Durabilidad y estado actual de una casa construida en Eucalyptus globulus en Galicia tras 17 años de exposición</b>	175
Milagros Casado, Iosody Silva, Luis Acuña, Jesús Martín-Gil, Laura Ponce, Pablo Martín-Ramos. <b>Estudio de la actividad antifúngica de tratamientos con quitosano en madera de Populus</b>	180
Francisco Rescalvo, Leandro Morillas, María Rodríguez, María A. Ripoll, I. Valverde-Palacios, A. Gallego. <b>Caracterización mecánica de la madera del clon I-214 de una chopera de la Cuenca del Henares</b>	185
Roberto Martínez, José-A. Balmori, David Escolano, Alberto Izquierdo-Fuente, Juan-José Villacorta-Calvo, Luis-Alfonso Basterra. <b>Detección y localización de larvas de cerambícidos mediante un array de micros MEMS</b>	190
Laia Haurie, María Pilar Giraldo, Ana María Lacasta. <b>Comportamiento de reacción al fuego del corcho</b>	195
María Pilar Giraldo, Ana María Lacasta, Andreu Segura. <b>Estudio sobre medidas de protección pasiva contra el fuego en fachadas de madera</b>	201
Alina Avellaneda, Joaquín Montón, Laia Haurie. <b>Comportamiento al fuego del bambú, Guadua angustifolia</b>	207

<b>SESIÓN 6</b>	
Oliver Style, Bega Clavero, Vicenç Fulcarà <b>ISOBIO: rendimiento higrotérmico medido de un panel aislante estructural con materiales de origen biológico</b>	212
Eleana Spavento, Milagros Casado, Luis Acuña, Luis-Alfonso Basterra <b>Influencia de las dimensiones y calidades en la resistencia a flexión estática en madera aserrada de Populus sp</b>	217
Mar Alonso, Juan Enrique Martínez, Felipe Álvarez, Juan José del Coz Díaz, Alfonso Lozano. <b>Caracterización térmica de la madera de castaño para su uso como elemento constructivo</b>	222
Miguel Yurrita, José Manuel Cabrero. <b>Rotura frágil en uniones estructurales de madera con conectores metálicos de gran diámetro con cargas paralelas a la fibra</b>	227
Abel Vega, Amelia González, Isabel Fernández, Soledad Rodríguez, Rosa Arcas, Celia Martínez-Alonso. <b>Evaluación de propiedades térmicas y reacción al fuego de tableros de fibras de alta densidad bajo diferentes tratamientos de ignifugación Proyecto LIFE EcoTimberCell</b>	232
<b>SESIÓN 7</b>	
Carlos José Rey Cabezado <b>Proceso de ignifugación en profundidad para madera maciza</b>	237
Lorena Sánchez Vivas, Gray Mullins, Kelly Costello, James R. Mihelcic. <b>Strength Values of Bamboo for Structural Applications</b>	243
Marcel Vilches, Eduard Correal, Juan Carlos Cabrero, Eva Hermoso. <b>Viabilidad del encolado del Pinus halepensis para la fabricación de madera contralaminada</b>	248
Rosa M <sup>a</sup> Arcas, Paulo Malho. <b>Hardboard de eucalipto, material natural. Un valor en alza</b>	253

## Proyecto LIFE EcoTimberCell: nuevos sistemas constructivos y su certificación

Manuel Guaita<sup>a</sup>, Jordi Navarro Granados<sup>b</sup>, Celia Martínez-Alonso<sup>c</sup>, Rosa Arcas González<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, España; <sup>b</sup>Departamento de Calidad de Productos, Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña-ITeC, Barcelona, Cataluña, España; <sup>c</sup>Centro Tecnológico Forestal y de la Madera, Siero, Asturias, España; <sup>d</sup>Departamento de Investigación y Desarrollo de Betanzos HB, Betanzos, Galicia, España

[m.guaita@usc.es](mailto:m.guaita@usc.es)

[jnavarro@itec.cat](mailto:jnavarro@itec.cat)

**Palabras clave:** madera, arquitectura, construcción, eficiencia, certificación

### Resumen

El proyecto LIFE EcoTimberCell es un proyecto piloto para validar y aplicar los productos estructurales ETC, y conseguir así reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la construcción, aumentar la eficiencia energética de las viviendas, incrementando además la demanda de madera procedente de la gestión forestal sostenible. Los sistemas ETC mejoran la competitividad económica en el mercado respecto a otros sistemas constructivos en madera; mejoran en la eficiencia térmica de las envolventes y minimizan el volumen de madera utilizado respecto a otros sistemas.

Cada uno de los socios del proyecto cuenta con una función concreta y complementaria para desarrollar los sistemas ETC con garantías y hacerlo llegar al mercado. Se trata de una Universidad, USC con su plataforma de investigación especializada en el desarrollo de productos estructurales en madera, PEMADE. Un centro tecnológico como CETEMAS, con conocimiento en el área de adhesivos estructurales y con un laboratorio de cambio climático y huella de carbono. Un Instituto Tecnológico, ITeC, con casi 40 años de experiencia, habilitado organismo certificador en la UE desde 1996 y con una gran relación con el tejido industrial de la construcción. La empresa Betanzos HB, líder en la construcción de tableros que aporta su innovación en esta materia y su experiencia empresarial de éxito. Y finalmente, la empresa 3eDATA, como gestor especializado en proyectos del sector agroforestal y ambiental.

El proyecto LIFE EcoTimberCell contribuye principalmente a la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, en concreto de CO<sub>2</sub>; pero también a incrementar la resiliencia climática. La contribución al primero de estos objetivos se conseguirá incidiendo sobre el uso sostenible de biomasa sólida, al sustituir materiales de construcción tradicionales por células de madera innovadoras más eficientes; a la vez que se favorece la gestión forestal sostenible.

La célula EcoTimberCell es un nuevo producto formado por madera aserrada de pequeño tamaño, empalmada por testas mediante uniones en finger, conectada por tablero Hardboard totalmente ecológico. La madera aserrada empalmada permite aprovechar piezas de árboles de poca calidad y longitud, ya que la realización del finger permite un saneado de la misma. Esta madera formará los cordones superior e inferior, y la conexión a cortante se realiza mediante el tablero Hardboard.

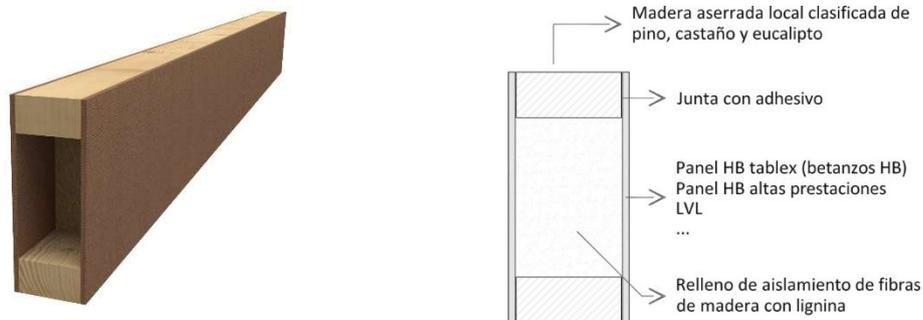


Figura 1. Célula estructural EcoTimberCell (ETC) y su composición.

Este tablero Hardboard de fibras de eucalipto ecológico es una de las innovaciones más importantes del proyecto ya que, en la actualidad, se comercializa para usos no estructurales y en el desarrollo del proyecto se propone una mejora de sus prestaciones, obteniendo la consideración de producto estructural. Se trata de un tablero muy económico, de pequeño espesor, totalmente ecológico y de muy bajo precio; de ahí que se pueda competir con otros sistemas estructurales en madera.

A partir de la célula EcoTimberCell se desarrollan sistemas de muros, forjados y cubiertas de madera para incorporar a la construcción, principalmente de viviendas unifamiliares de alta eficiencia energética.

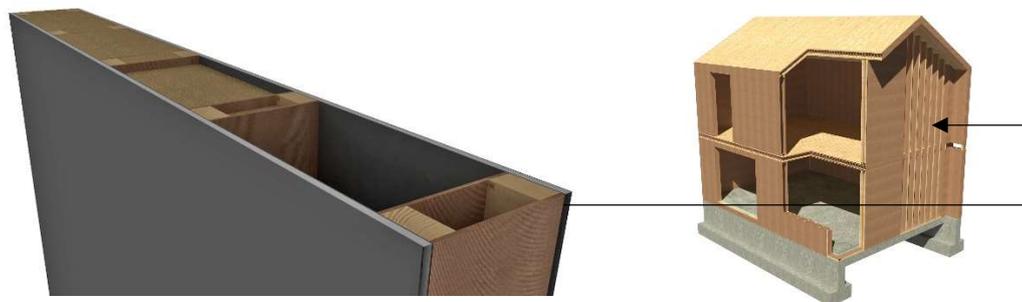


Figura 2. Sistema ETC Frame: consiste en un muro de entramado de alta eficiencia energética para la construcción de cerramientos.

Se ofrece así una solución con materiales de baja huella de carbono, que incremente la eficiencia energética de las viviendas y racionalizando el uso del material, buscando la máxima eficiencia estructural con la mínima cantidad de madera.

Otras medidas que garantizan la sostenibilidad del proyecto y su continuación se encuentran en la certificación y validación final de los sistemas ETC desarrollados en el proyecto, en el que se llevará a cabo el marcado CE de los sistemas ETC Box y ETC Frame, así como el protocolo ETV (Verificación de Tecnología Ambiental) de la tecnología ETC.



Figura 3. **Sistema ETC Box**: consiste en un sistema de forjados y cubiertas de altas prestaciones, en los que se optimiza el material trabajando a flexión.

Los productos de construcción huérfanos de norma europea armonizada pueden acceder al mercado CE por la vía de una Evaluación Técnica Europea-ETE, elaborada por parte de un Organismo de Evaluación Técnica-OET, oficialmente autorizado. El ITEC es un organismo autorizado desde el año 1997 para la emisión del ETE en todas las áreas de producto del Reglamento de Productos (UE) 305/2011.

La elaboración del ETE de los sistemas ETC Box y ETC Frame se basará en la guía de evaluación europea, llamada Documento de Evaluación Europeo-DEE 140022-00-03.04 *Prefabricated wood-based loadbearing stressed skin panels*.

En el DEE se tienen en cuenta los requisitos y métodos armonizados para la verificación de los requisitos establecidos en las reglamentaciones nacionales de construcción aplicables al producto y uso en cuestión de los países europeos. Estos métodos pueden ser ensayos de laboratorio, verificaciones por cálculo o adopción de valores tabulados, en todos los casos tratándose de métodos que se han adoptado a nivel europeo como metodologías armonizadas.

Las características esenciales que se evalúan en el ETE, entre todas las incluidas en el DEE 140022-00-03.04, son decisión del fabricante del producto y futuro titular del ETE, en función de los usos y del mercado al que está destinado.

Una vez elaborado el ETE específico del producto, la última etapa para la consecución del mercado CE implica llevar a cabo las tareas de Verificación de la Constancia de Prestaciones (VCP). El DEE 140022-00-03.04 establece el sistema 1 de VCP, que implica la certificación inicial del producto y su seguimiento inicial.

Hechas las tareas de VCP de acuerdo con el sistema prescrito, el fabricante podrá:

- Marcar su producto CE.
- Emitir la Declaración de Prestaciones de su producto (DoP).

Para vencer las reticencias de posibles compradores sobre la veracidad de la información de un producto innovador cuando este se ofrece al mercado, la Unión Europea ha creado un programa piloto para impulsar la Verificación de Tecnología Ambiental (*Environmental Technology Verification-ETV* en inglés) basado en la norma UNE EN ISO 14034:2018, que es un mecanismo voluntario dirigido a fabricantes que implementan tecnologías ambientales innovadoras en sus productos y/o procesos, proporcionando un marco apropiado para la verificación por parte de terceros

(organizaciones calificadas e independientes), y aplicable cuando el comportamiento tecnológico/ambiental no está cubierto por la legislación y los estándares existentes.



Figura 4. Ruta para acceder al Mercado CE.

Según la Guía detallada para los solicitantes al programa piloto de ETV (1): “Por tecnologías ambientales se entenderán todos aquellos productos, procesos y servicios cuyo uso resulta menos perjudicial para el medio ambiente que el de las alternativas existentes”.

El proceso de ETV consta de las fases listadas a continuación (2):

- a) FASE de CONTACTO: El solicitante se pone en contacto con un organismo de verificación, intercambio de información, examen de admisibilidad.
- b) FASE DE PROPUESTA: El solicitante proporciona toda la información pertinente, los resultados de los ensayos disponibles y la reivindicación sobre el rendimiento inicial. Acuerdo contractual.
- c) FASE DE PREPARACIÓN DEL PROTOCOLO ESPECÍFICO: El organismo de verificación examina la reivindicación, define los parámetros de rendimiento para llevar a cabo la verificación, evalúa los datos disponibles, decide si se precisan más ensayos y redacta el protocolo de verificación específico.
- d) FASE DE EVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN: Examen final de los datos y los procedimientos de verificación. Elaboración del informe de verificación por parte del organismo de verificación.

- e) FASE DE PUBLICACIÓN: El organismo de verificación emite la declaración de verificación, la Comisión la registra y la publica en la página web oficial de ETV de la UE.

Teniendo en cuenta lo anterior, el proyecto LIFE EcoTimberCell tiene previsto abordar las 3 primeras fases del proceso de verificación del programa piloto de ETV de la UE, ofreciendo a los participantes la oportunidad de familiarizarse con esta nueva herramienta con el objetivo de que, una vez comercializado el sistema ETC, el fabricante tenga la opción de ofrecer a los compradores potenciales garantías fiables sobre los beneficios ambientales que conllevan los sistemas ETC y evitar posibles barreras de mercado.

### **Referencias**

- (1) Guía detallada para los solicitantes al programa piloto de Verificación de Tecnologías Ambientales de la UE. 2014.
- (2) *Environmental Technology Verification pilot programme. Environment. Version 1.3. 2018.*
- (3) Proyecto LIFE EcoTimberCell: *Ecological cellular structural systems for a building model for Climate Change Mitigation and Forest value enhancement. LIFE17 CCM/ES/000074.*