

LIGNOMAD 25

III CONGRESO SOBRE CONSTRUCCIÓN CON MADERA Y
OTROS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS

24, 25 y 26 de septiembre · Granada

Edificio WittyWood, Barcelona · Ballarín & Grinyó Arquitectes · Estructura Estudi m103



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



UIMA

Unidad de Investigación
de la Madera Estructural
de Andalucía



LIFE MADERA PARA EL FUTURO
LIFE Wood for Future ha recibido financiación del Programa
LIFE de la Unión Europea [LIFE 20 CCM / ES / 001656]



*Fuente: Bonsai Arquitectos
Vivienda unifamiliar en Ogíjares (Granada). Vigas laminadas de chopo y
pino laricio MCLam. Demostrador del Proyecto LIFE Wood for Future*

LIGNOMAD 25

III CONGRESO SOBRE CONSTRUCCIÓN
CON MADERA Y OTROS MATERIALES
LIGNOCELULÓSICOS

24, 25 Y 26 DE SEPTIEMBRE DE 2025 – GRANADA

Unidad de Investigación de la Madera Estructural de Andalucía (UIMA)
Universidad de Granada, Azucarera de San Isidro, Campus UGRSostenible
uima@ugr.es
www.uima.es

Red Lignomad
info@lignomad.com
www.lignomad.com

Editores: Comité organizador (UIMA-Universidad de Granada, Red Lignomad)

Comité Organizador

Antolino Gallego Molina
Francisco Rescalvo Fernández
Adelaida Martín Martín
Yaiza Fuentes García
Rafael Bravo Pareja
Carlos Cruz Rodríguez
Ana María Lacasta Palacio
María Pilar Giraldo Forero

Comité Científico

José Manuel Cabrero
Miguel Esteban Herrero
Francisco Arriaga Martitegui
Eva Hermoso Prieto
Maite de Troya Franco
Luis-Alfonso Basterra Otero
Ana María Lacasta Palacio
Laia Haurie Ibarra
Edgar Segués Aguasca
Azahara Soilán Cañas

María Pilar Giraldo Forero
Manuel Touza Vázquez
María Portela Barral
Manuel Guaita Fernández
Josu Benito Ayúcar

Diseño, maquetación y colaboración de edición: Adelaida Martín Martín

ÍNDICE

ÍNDICE	7
1. PRÓLOGO	15
Comité Organizador	
Comité Científico	
Ponencias principales (invitadas)	
Áreas temáticas	
2. EXPOSITORES, PATROCINADORES Y COLABORADORES	25
3. RESÚMENES DE PONENCIAS	41
4. PROGRAMA	101

RESÚMENES DE PONENCIAS

1. MADEXTER II una nueva herramienta para la asignación paramétrica de las clases de uso de la norma UNE-EN 335. Fernández-Golfin Seco, J.I., Conde García, M. ^a , Tenorio, J.A., Conde García, M.	42
2. Viabilidad del uso del chopo en paneles de CLT: paneles monoespecie y multiespecie pino-chopo, Yaiza Fuentes-García, Carlos Cruz, Francisco J. Rescalvo, Guillaume Pot, Louis Denaud, Rafael Bravo, Antolino Gallego	43
3. Empleo de bioadhesivo para la elaboración de madera microlaminada de chopo: cortante en línea de cola y flexión. Francisco J. Rescalvo, Carlos Cruz, Yaiza Fuentes-García, Louis Denaud, Rafael Bravo y Antolino Gallego	44
4. Efecto del contenido de humedad en la resistencia mecánica de la especie de bambú <i>Guadua Angustifolia</i> Kunth. Kenneth Ayala, Carlos Osuna-Sequera, Eva Hermoso	45
5. Centro de visitantes del Parque Nacional Sierra de las Nieves: Análisis comparativo de materiales. Santiago Matute Díez, María Romero Cuberos	46
6. Optimización de vigas laminadas mixtas aplicando la simulación numérica. Carlos Cruz, Yaiza Fuentes-García, Francisco J. Rescalvo, Rafael Bravo, Antolino Gallego	47
7. Comunicar con madera. Toca Madera · Sounds Wood. Irene Jimeno Guadalix	48
8. Mapa Colaborativo-Interactivo Construcción con Madera. Irene Jimeno Guadalix	49
9. Guía de Rehabilitación de Estructuras de Madera. Irene Jimeno Guadalix	50
10. Análisis experimental y modelación de uniones estructurales de madera. Nicol López Rodríguez, José Manuel Cabrero, Ignacio Arteaga, Borja Iraola, Peter Tanner, Carlos Lara, Pablo Guindos	51
11. Análisis inverso y diseño computacional para caracterizar madera de pino mediante vibraciones. Mario Requena, Roberto Palma, Carlos Cruz, Yaiza Fuentes-García, Francisco J. Rescalvo, Antolino Gallego	52

12. Problema inverso bayesiano para la calibración de vigas huecas tipo cajón mediante análisis modal. Roberto Palma, Carlos Cruz, Yaiza Fuentes-García, Francisco J. Rescalvo, Antolino Gallego	53
13. Evaluación de tableros de partículas de <i>Ulmus pumila</i> fabricados con resinas de urea/formaldehído modificadas con celulosa microfibrilar y lignosulfonatos. Eduardo Bordallo López, Tamara Coello García	54
14. De la teoría a la práctica: la arquitectura temporal en madera como herramienta pedagògica. Holger Patricio Cuadrado Torres	55
15. Impulso de la bioeconomía local en la construcción: vivienda-demostrador en Ogíjares (Granada). Luis Llopis García, Eva Chacón Linares	56
16. Durabilidad de la madera en construcción. Aproximación española de la norma UNE-EN 460:2023. David Lorenzo, Juan Fernández-Golfín, Manuel Touza, Fernando Peraza	57
17. Sistema estructural mixto integral madera-hormigón con conexión a rasante mediante tableros perforados. Dolores Otero-Chans, Javier Estévez-Cimadevila, Emilio Martín-Gutiérrez, Félix Suárez-Riestra, José A. Vázquez-Rodríguez	58
18. Bioeconomía Circular en Territorios de Montaña: Avances del Proyecto PRISMA en Madera Contralaminada y Residuos de Aserraderos. Rayder Leonardo, José Manuel Cabrero, Jordi Gené, Eduard Correal Mòdol, M. Pilar Giraldo	59
19. Ethris, elemento modular de construcción. Carlo Micheletti, Francesco Verzura	60
20. Una Atmósfera en Madera. Iñaki del Prim Gracia	61
21. Estudio numérico y experimental de uniones dentadas a flexión de madera de Pinus Nigra. Rafael Bravo, Carlos Cruz, Yaiza Fuentes-García, Francisco J. Rescalvo, Antolino Gallego	62
22. Sello de Calidad AITIM para empresas de montaje y puesta en obra de estructuras y elementos constructivos de madera. Guillermo Gómez del Pozo, David Lorenzo Fouz, Fernando Peraza Sánchez, Jose Enrique Peraza Sánchez	63

23. Empleo de fotogrametría rectificada para la obtención de características geométricas de elementos de madera de madera recuperada de edificios existentes. Pablo González-Serna, Josu Benito-Ayúcar, Daniel Luengas-Carreño	64
24. Mapas de Termitas y metodología de inspección de cascos urbanos en base a la norma UNE-56418:2016. Caso práctico en el casco antiguo de Areatza, Bizkaia. Josu Benito-Ayúcar, Pablo González-Serna, Josu Arancón-Cuadrado, Daniel Luengas-Carreño	65
25. TIK Timber: un sistema portátil para la evaluación no destructiva de la madera. Desarrollo y validación. Irene Gil-Martína, Elisabet Suarez, Andrés M. Roldán, Yaiza Fuentes-García, Antolino Gallego	66
26. Casa Patio Tropical. Proyecto demostrativo de un sueño forestal. Alberto de la Torre Castellano, Antonio G. de la Torre Castellano	67
27. Análisis del uso de un modelo de intercambio (EM) para la estimación de costes inicial de proyectos en edificación industrializada de madera. Claudia Rojas, Claudio Mourgues, Pilar de la Rosa, Harrison Mesa, Francisco Ruz, Pablo Guindos	68
28. Modelización y análisis de la función estructural de la zapata en entramados de madera tradicionales. David Blanco, Andrés Lyond, Miguel Esteban	69
29. El corcho como material de construcción. Enrique Torres Álvarez	70
30. Madera de chopo aplicada al proyecto. Miguel Martínez, Ignacio de Teresa, Rocío López, Mario Sánchez, Jaime Vergara, Adelaida Martín	71
31. Uso de rollizos de bambú y de madera en 10 proyectos. Ignacio de Teresa Fernández-Casas, Alejandro Jesús González Cruz, Juan Carlos Bamba Vicente	72
32. Soluciones de la ingeniería para el uso técnico de madera aserrada en sistemas estructurales eficientes alternativos a estructuras masivas. Miguel V. Broto Cartagena	73

33. BUOs como proyecto demostrativo de la industria forestal. Cecilia López Muiños, Juan José Otero Vázquez, Luis Ángel López Gómez	74
34. Diseño y prefabricación de infraestructura de protección de madera natural sin tratamientos. Cristina Ouzande Lugo, Cristina Ezcurra de la Iglesia	75
35. Construir con madera: seguridad, eficiencia y sostenibilidad. María Mora	76
36. Análisis estructural de cajones de madera de pino y chopo. Esteban Hernández Salazar	77
37. Comportamiento de productos derivados del bambú sometidos a ciclos de envejecimiento acelerado. Alina Avellaneda, Laia Haurie, María Pilar Giraldo, Ana M. Lacasta	78
38. Influencia de la exposición en cámara de envejecimiento acelerado sobre el color y la reacción al fuego en siete especies de madera. Alina Avellaneda, Laia Haurie, María Pilar Giraldo, Ana M. Lacasta	79
39. El rol de los residuos vegetales y los bio-aglutinantes en las propiedades térmicas y acústicas de los bio-compuestos. Brenda Arias-Cárdenas, Ana M. Lacasta, Laia Haurie	80
40. Hacia un nuevo concepto de estructuras laminares reticulares de madera. A.J. Lara-Bocanegra, C. Martínez-Criado, A. Roig, A. Majano-Majano	81
41. La breve historia del puente de madera sobre el río Duratón, en Peñafiel. Alfonso Lozano, Julio Vivas, David Lorenzo, Felipe Álvarez, Mar Alonso, Marcos Braña	82
42. Evaluación del potencial de la madera de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i> L.) termotratada para aplicaciones tecnológicas. Silvia Gómez Fernández, Mario Azaña Galán, Gonzalo Caballé, José Luis Villanueva Hernández	83
43. Evaluación de sistemas de bloqueo de taninos en productos de madera para su uso en exterior. Isabel Fernández, Oliva Fernández, Soledad Rodríguez, Amelia González	84

44. Proyecto Pegollu - Almacén d’Horros del Principado de Asturias: conservación del patrimonio cultural y sostenibilidad. Elena Pérez, Estefanía Sánchez, Fernando Mora, Soledad Rodríguez	85
45. Caracterización de puentes peatonales de madera en España mediante análisis modal experimental. Soledad Rodríguez, Elena Pérez, Pelayo Madrazo, Julio Vivas, Juan Carlos Santos	86
46. Comparación de huella de carbono para un edificio de mediana altura en Madrid, homologación utilizando un diseño. Alberto Gonzalez, Víctor Rosales, Miguel Esteban, Carmen Avilés	87
47. Aproximación en el desarrollo de un producto de recuperación para excedentes de placas de CLT: Prototipo de pasarela peatonal. Víctor Rosales, Camila Arevalo, Claudio Montero, Gerardo Saelzer, Alan Jara-Cisterna	88
48. De lo vernáculo a lo contemporáneo: análisis estructural de sistemas mixtos de tapia y madera. A. Blanca-Hoyos, R.A. Castro, I. Arto, F. Ávila, R. Gallego, E. Puertas	89
49. Intervenciones en el Patrimonio Industrial con Madera en España. Daniel F. Llana, Guillermo Íñiguez-González, Miguel Esteban, Ignacio Bobadilla, Francisco Arriaga	90
50. Woodex+: La evolución económica y precisa en la estimación de la densidad y la evaluación de la madera de construcción. Ignacio Bobadilla Maldonado, Roberto Martínez López, Carlos Taboada de La Fuente, Daniel Fernández Llana y Miguel Esteban Herrero.	91
51. Edificio de madera de dos plantas y dos vanos como demostrador practicable a escala para ensayos estáticos y dinámicos. Alberto Izquierdo, Alejandro Barrio, Juan-José Villacorta, Lara del Val, Antolín Lorenzana y Roberto D. Martínez.	92
52. Validación numérica de la respuesta estática y dinámica de un panel CLT. Patricia Vallelado-Cordobés, Jose-Antonio Balmori, Álvaro Magdaleno, Milagros Casado, Luis-Alfonso Basterra.	93
53. Reposición de la caseta de aperos del Parador de San Francisco en la Alhambra de Granada. Virginie Claude Brazille, Mikel Cervera Nagore, Carlos Benavides de la Fuente.	94

54. Evaluación de la capacidad termiticida del quitosano contra <i>Reticulitermes grassei</i> Clément. Sara M. Santos, María Teresa de Troya-Franco, Lee Robertson, Luis Acuña-Rello, Pablo Martín-Ramos, Milagros Casado-Sanz, Roberto D. Martínez-López, Eleana Spavento	95
55. Lilu’s House: vivienda, empresa y living lab. Pere Linares, Laia Haurie, Antonio Ortiz, Inma Rodriguez Cantalapiedra	96
56. Actuación integral de reparación de la estructura de madera del Centro de Visitantes El Dornajo del Parque Nacional de Sierra Nevada. Carlos Benavides, Alfonso Bermejo, Carlos Cruz, Luís I. Durán, Miguel Fernández, Antolino Gallego, Francisco Rescalvo	97
57. Sistemas de forjados sostenibles de madera para la edificación en altura en Andalucía. Antonio Jesús Rodríguez Pérez, Antolino Gallego Molina, Lázuli Fernández-Lobato, Juan Franquelo Soler	98
58. Revisión preliminar de sistemas híbridos madera-hormigón enfocados a la mejora de soluciones modulares. Emilio Luengo, Sandra Monteiro, Eva Hermoso, Alfredo Dias	99

1. PRÓLOGO

PRÓLOGO

El comité organizador de **LIGNOMAD 25** quiere dar la bienvenida a todas las personas que participan en esta tercera edición del Congreso sobre Construcción con Madera y otros Materiales Lignocelulósicos, que se celebra en **la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada** los días **24, 25 y 26 de septiembre de 2025**.

Después de las experiencias previas en **Barcelona (2017) y Santiago de Compostela (2019)**, esta nueva edición llega a Granada con la intención de mantener el espíritu de encuentro y diálogo que caracteriza a LIGNOMAD. Nuestro objetivo es ofrecer un espacio en el que investigadores, profesionales, empresas e instituciones puedan compartir avances, resultados y proyectos relacionados con la construcción en madera y materiales naturales.

La madera y los materiales lignocelulósicos tienen un papel cada vez más importante en la transición hacia una construcción más sostenible y la puesta en valor de nuestras materias primas endógenas, fomentando la gestión forestal sostenible, la prevención de incendios y la despoblación rural. Por eso, el programa del congreso combina **conferencias invitadas de especialistas de reconocido prestigio**, la presentación de **comunicaciones científico-técnicas**, un **espacio expositivo con empresas del sector** y una **visita técnica** a obras representativas en Granada y Málaga.

Queremos agradecer el esfuerzo de todas las personas que han enviado sus contribuciones, el trabajo riguroso del comité científico en la revisión de los textos, y el apoyo de las entidades patrocinadoras y colaboradoras que han hecho posible la organización de este encuentro.

Esperamos que LIGNOMAD 25 sea, además de un foro para el intercambio de conocimiento, una oportunidad para estrechar lazos profesionales y personales entre quienes compartimos el interés por la madera y los materiales naturales en la construcción.

Comité Organizador de LIGNOMAD 25

COMITÉ ORGANIZADOR

- Antolino Gallego Molina**
Doctor en Física, Catedrático de Universidad,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada
- Francisco Rescalvo Fernández**
Doctor Ingeniero de Edificación, Investigador Postdoctoral,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada
- Adelaida Martín Martín**
Doctora Arquitecta, Profesora Contratada Doctora,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada
- Yaiza Fuentes García**
Doctora Arquitecta, Profesora Contratada Doctora,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada
- Rafael Bravo Pareja**
Doctor Arquitecto, Profesor Contratado Doctor,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada
- Carlos Cruz Rodríguez**
Doctor Arquitecto, Profesor Titular de Universidad,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada
- Ana María Lacasta Palacio**
Doctora en Físicas, Profesora Catedrática de Universidad,
Departamento de Tecnología de la Arquitectura,
Universitat Politècnica de Catalunya
- María Pilar Giraldo Forero**
Doctora Arquitecta, Investigadora y Profesora Asociada,
INCAFUST / CTFC – Institut Català de la Fusta / Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya,
Universitat Politècnica de Catalunya

COMITÉ CIENTÍFICO

- José Manuel Cabrero**
Doctor Arquitecto, Catedrático de Universidad,
Cátedra Madera Onesta, Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras,
Universidad de Navarra
- Miguel Esteban Herrero**
Doctor Ingeniero de Montes, Profesor Titular de Universidad,
ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural,
Universidad Politécnica de Madrid
- Francisco Arriaga Martitegui**
Doctor Arquitecto, Catedrático de Universidad,
Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental, ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural,
Universidad Politécnica de Madrid
- Eva Hermoso Prieto**
Doctora Ingeniera de Montes, Científica Titular,
Departamento de Productos Forestales,
ICIFOR-INIA, CSIC
- Maite de Troya Franco**
Doctora en Ciencias Biológicas, Científica Titular,
Departamento de Productos Forestales, Grupo de Protección de Maderas,
ICIFOR-INIA, CSIC
- Luis-Alfonso Basterra Otero**
Doctor Arquitecto, Catedrático de Universidad,
Grupo de Investigación Estructuras y Tecnología de la Madera,
Universidad de Valladolid
- Ana María Lacasta Palacio**
Doctora en Físicas, Profesora Catedrática de Universidad,
Departamento de Tecnología de la Arquitectura,
Universitat Politècnica de Catalunya
- Laia Haurie Ibarra**
Doctora en Químicas, Profesora Agregada,
Departamento de Tecnología de la Arquitectura,
Universitat Politècnica de Catalunya

Edgar Segués Aguasca
Doctor Arquitecto técnico y Arquitecto, Profesor asociado,
Departamento de Tecnología de la Arquitectura,
Universitat Politècnica de Catalunya

Azahara Soilán Cañas
Doctora Ingeniera de Montes, Técnico,
Centro de Innovación e Servizos Tecnolóxicos da Madeira de Galicia (CIS Madeira),
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

María Pilar Giraldo Forero
Doctora Arquitecta, Investigadora y Profesora Asociada,
INCAFUST / CTFC,
Universitat Politècnica de Catalunya

Manuel Touza Vázquez
Doctor Ingeniero de Montes, Técnico,
Centro de Innovación e Servizos Tecnolóxicos da Madeira de Galicia (CIS Madeira),
Axencia Galega da Industria Forestal (XERA)

María Portela Barral
Dirección Técnica y de Calidad de PEMADE Lab, Investigadora,
PEMADE – Plataforma de Ingeniería de la Madera Estructural,
Universidad de Santiago de Compostela

Manuel Guaita Fernández
Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático de Universidad,
PEMADE – Plataforma de Ingeniería de la Madera Estructural,
Universidad de Santiago de Compostela

Josu Benito Ayúcar
Arquitecto, Investigador,
Laboratorio de Materiales de Construcción / Lab Services,
TECNALIA

Soledad Rodríguez Lazcano
Ingeniera Civil & Forestal, Coordinadora de I+D+i y Servicios Tecnológicos,
Área de Madera Estructural y Construcción,
CETEMAS – Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias

Dolores Otero Chans
Doctora Arquitecta, Profesora Titular de Universidad,
Grupo de Investigación en Estructuras Arquitectónicas (GEA),
Universidad de A Coruña

Emilio Martín Gutiérrez
Doctor Arquitecto, Profesor Titular de Universidad,
Grupo de Investigación en Estructuras Arquitectónicas (GEA),
Universidad de A Coruña

Antolino Gallego Molina
Doctor en Física, Catedrático de Universidad,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada

Francisco Rescalvo Fernández
Doctor Ingeniero de Edificación, Investigador Postdoctoral,
UIMA – Unidad de Investigación de la Madera de Andalucía,
Universidad de Granada

Edgar Lafuente Jiménez
Ingeniero de Montes,
Jefe de Área de Industria y Construcción con Madera,
CESEFOR

José Luis Villanueva Hernández
Ingeniero de Montes,
Director de Transferencia en Industria y Construcción con Madera,
CESEFOR

Alfonso Lozano Martínez-Luengas
Doctor Ingeniero Industrial,
Área de Ingeniería de la Construcción,
Universidad de Oviedo

Pablo González Serna
Arquitecto, Investigador,
Laboratorio de Materiales de Construcción / Lab Services,
TECNALIA

Arritokieta Eizaguirre Iribar
Doctora Arquitecta, Investigadora,
Laboratorio de Fuego / Lab Services,
TECNALIA

Xabier Olano Azkune
Ingeniero Industrial, Responsable de Laboratorio,
Laboratorio de Fuego / Lab Services,
TECNALIA

Almudena Majano Majano

Doctora Arquitecta, Profesora Titular,
Grupo de Investigación Construcción con Madera,
Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid

Jose Ramón Aira Zunzunegui

Doctor Ingeniero de Montes, Profesor Contratado Doctor,
Grupo de Investigación Construcción con Madera (GICM),
Universidad Politécnica de Madrid

Daniel Fernández Llana

Doctor Ingeniero Agrónomo, Investigador Postdoctoral,
Grupo de Investigación Construcción con Madera (GICM),
Universidad Politécnica de Madrid

PONENCIAS PRINCIPALES (INVITADAS)

Francisco Arriaga. Grupo de Construcción con Madera Universidad Politécnica de Madrid.
Durabilidad de las estructuras de madera.

María Pilar Giraldo. INCAFUST Institut Català de la Fusta - CTFC Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.
La madera frente al fuego: el arte de arder con previsibilidad.

Luis Alfonso Basterra. ETS Arquitectura Universidad de Valladolid.
Prevenir sin proteger.

Jorge Blasco. Estudi m103, SLP. Escola Tècnica Superior d’Arquitectura Universitat Politècnica de Catalunya.
La importancia del detalle independiente del tamaño.

ÁREAS TEMÁTICAS

- Caracterización de especies de madera
- Estructuras de madera y sistemas constructivos
- Técnicas de evaluación y diagnosis de estructuras de madera
- Biocomposites basados en materiales lignocelulósicos
- Prestaciones de materiales naturales
- Comportamiento frente al fuego / Durabilidad
- Uso de la madera y otros materiales naturales en construcción / proyectos arquitectónicos
- Rehabilitación de estructuras de madera
- Tratamiento, mantenimiento y conservación preventiva de estructuras de madera

2. EXPOSITORES
PATROCINADORES Y
COLABORADORES

EXPOSITORES



PATROCINADORES



COLABORADORES





arquima
soluciones industrializadas con madera

ARQUIMA somos una empresa de vanguardia que lidera el sector de la construcción industrializada con soluciones eficientes, sanas y sostenibles en madera.



PÁGINA WEB



CATÁLOGO

Ofrecemos una de las fábricas de entramado ligero más productivas del país con gran capacidad para fabricar desde complejos residenciales hasta fachadas y equipamientos.

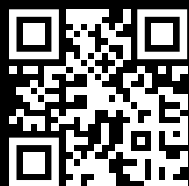


www.arquima.net
Tel. 93 682 10 06
info@arquima.net



MADERA ESTRUCTURAL

“No plantamos árboles para construir
con madera, **construimos con madera**
para plantar más árboles”



www.iberolam.com
info@iberolam.com



SOLUCIONES Y SERVICIOS

Somos una empresa andaluza de madera técnica estructural ubicada en Granada surgida para la transferencia de conocimiento generado en el proyecto **LIFE Wood for Future** coordinado por la **Universidad de Granada**.

Iberolam Timber&Technology es una herramienta clave para impulsar un ecosistema industrial de construcción con madera en el sur de España y promover la gestión forestal sostenible y una construcción más ecológica con materia prima de proximidad.

Nuestra compañía está comprometida con los retos ambientales y sociales de nuestro territorio, la construcción industrializada baja en carbono y la lucha contra la despoblación rural.

QUÉ HACEMOS

➤ DISEÑO Y SUMINISTRO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES EN MADERA

Fabricación y suministro de estructuras completas en CLT, entramado ligero, vigas laminadas y soluciones mixtas madera-hormigón. Adaptación del sistema constructivo a cada proyecto, con mecanizado industrial propio y criterios de optimización estructural y logística.

➤ MONTAJE DE ESTRUCTURAS CON EQUIPO PROPIO

Montaje especializado de estructuras de madera técnica. Coordinación de la fabricación, transporte y montaje in situ con medios propios. Control de calidad y tiempos en fase de obra.

➤ MODELADO BIM Y FABRICACIÓN DIGITAL

Modelado 3D con Cadwork orientado a fabricación y montaje. Integración de fases de diseño, producción y obra mediante herramientas digitales y procesos industriales.

➤ ASESORÍA Y CÁLCULO ESTRUCTURAL

Soporte técnico a arquitectos, promotoras y constructoras en el diseño, cálculo y resolución de uniones de estructuras de madera. Asistencia desde fases tempranas de proyecto.

➤ ESTUDIOS Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Elaboración de informes técnicos, memorias estructurales, detalles constructivos y documentación para licitación o ejecución, con enfoque especializado en sistemas de madera.

➤ INSPECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Aplicación de ensayos no destructivos in situ, inspección visual y análisis de patologías estructurales en madera. Evaluación de clase resistente y determinación de intervenciones necesarias.

➤ ENSAYOS MECÁNICOS DESTRUCTIVOS Y CLASIFICACIÓN

Caracterización estructural de elementos de madera mediante ensayo mecánico. Clasificación según normativa técnica para proyectos de refuerzo o rehabilitación.

➤ REFUERZO ESTRUCTURAL CON FIBRA DE CARBONO

Diseño y ejecución de soluciones de refuerzo para estructuras de madera mediante laminados de fibra de carbono. Cálculo, dimensionado y dirección técnica de las intervenciones.



LA MADERA DEL MAÑANA TOMORROW'S TIMBER TALKS

CONOCE LAS ÚLTIMAS TENDENCIAS EN CONSTRUCCIÓN CON MADERA



Asociación
Española para
la Sostenibilidad
Forestal

- ✓ Talleres inspiradores
- ✓ Dirigidos a profesionales del sector de la construcción
- ✓ Novedades en madera y productos de madera
- ✓ Certificación de proyectos PEFC



Con el apoyo de:



CERTIFICACIÓN PEFC: ¿QUÉ GARANTIZA?

- Origen de bosques gestionados de forma sostenible.
- Protección de biodiversidad, suelo, agua y derechos de comunidades locales.
- Trazabilidad controlada mediante auditorías independientes.

PASOS

- 1 Selecciona proveedores con certificación PEFC (<https://pefc.org/find-certified>)
- 2 Solicita que los productos contengan >70% de material PEFC. En la factura o albarán, deberá aparecer la declaración formal "X% PEFC Certificado".



VENTAJAS PARA ARQUITECTOS, CONSTRUCTORES Y PROMOTORES

- ✓ **Diferenciación competitiva:**
Preferencia en proyectos sostenibles y licitaciones públicas
- ✓ **Cumplimiento de regulaciones:**
EUDR, CSRD, taxonomía verde, DNSH
- ✓ **Reconocimiento internacional:**
BREEAM, LEED, HQE, DGNB, RICS Ska, Built Green
- ✓ **Reputación y transparencia:**
Frente a inversores, clientes y administraciones
- ✓ **Reducción de huella de carbono:**
Uso de madera local y de proximidad
- ✓ **Mayor disponibilidad de proveedores certificados**



PEFC
PEFC/14-1-1

PEFC España
915910088
www.pefc.es



PEFC, EL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN FORESTAL LÍDER EN EL MUNDO

PEFC es el sistema de certificación forestal más implantado en España y en el mundo y, por tanto, la mayor fuente global de productos forestales sostenibles. En España, con 3 millones de hectáreas gestionadas por 80.000 selvicultores y propietarios forestales suministran madera y otros recursos forestales a cerca de 1.900 empresas certificadas en Cadena de Custodia (más de 1.200 de ellas del sector de la madera). A nivel mundial, 295 millones de hectáreas, 750.000 propietarios y cerca de 30.000 empresas están certificados PEFC.

Consulta el listado de proveedores con certificación PEFC en el
Buscador de productos PEFC <https://pefc.org/find-certified>





Somos diseñadores, somos fabricantes y somos instaladores de madera laminada, madera contralaminada y entramado ligero.

Somos Egoín.

www.egoín.com

egoín WOOD GROUP

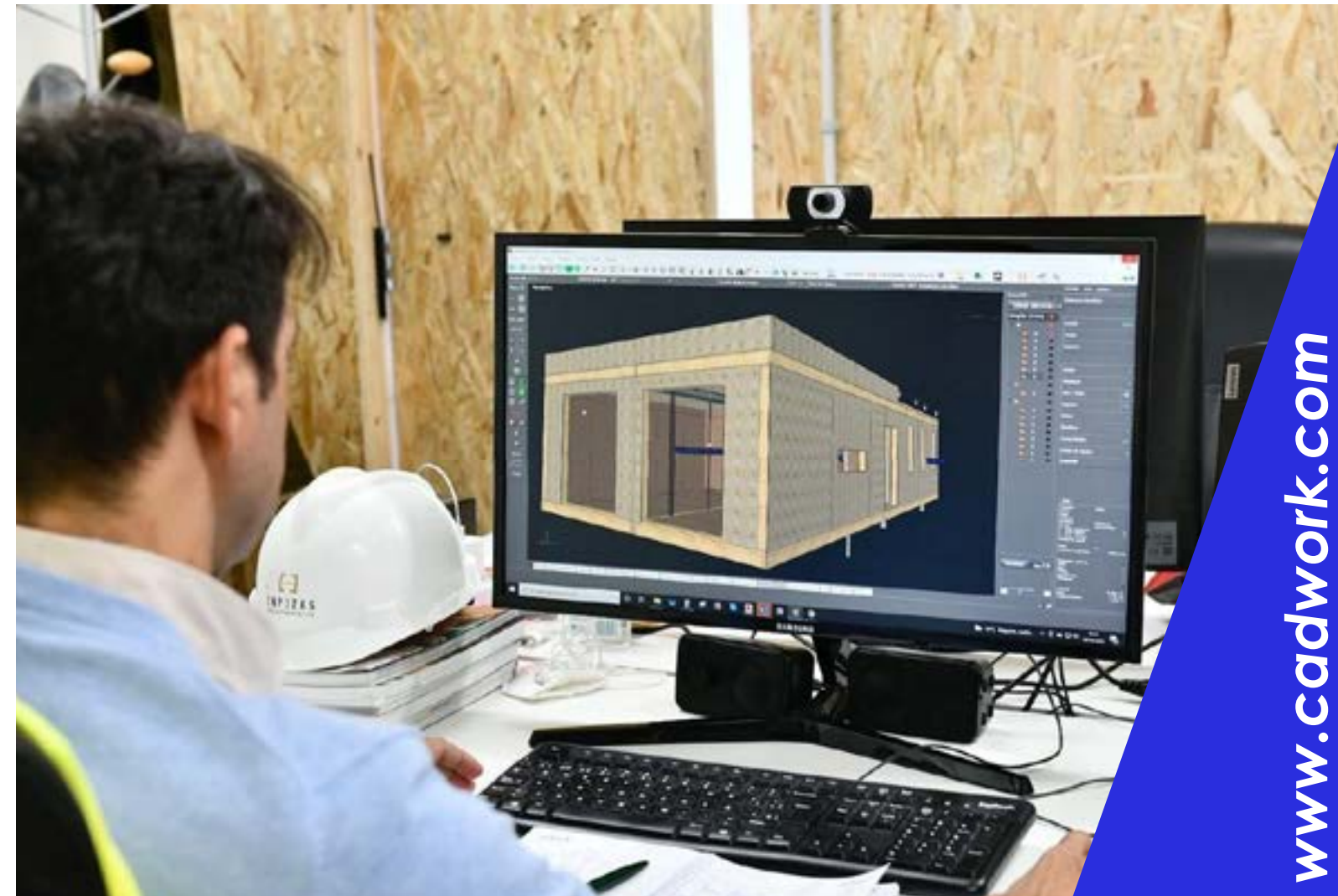
We Are Wood.

cadwork®

El software de las empresas de construcción en **madera**.



CLT	■	SIP	■
entramado ligero	■	madera laminada	■
macizo	■	madera aserrada	■



www.cadwork.com

Hundegger WALL-Master

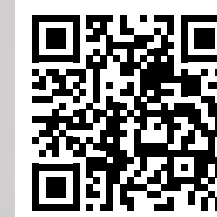
Automatiza la producción e insuflado de paredes de entramado ligero

HUNDEGGER

Innovationen für den Holzbau

El Hundegger WALL-Master está disponible en tres variantes:

- Hundegger WALL-Master 3200
- Hundegger WALL-Master 3800
- Hundegger WALL-Master 4500



[hundegger.com](https://www.hundegger.com)

Ventajas destacadas:

- Soluciones de mesa flexibles adaptadas a las necesidades de cada cliente
- Interfaz universal para dispositivos de fijación de cualquier fabricante
- Grapado preciso en el ángulo estructural requerido
- Cambio automático de herramientas (hasta 12 posiciones)
- Sistema de seguridad colaborativo

3. RESÚMENES DE PONENCIAS

1. **MADEXTER II una nueva herramienta para la asignación paramétrica de las clase de uso de la norma UNE-EN 335**

Fernández-Golfin Seco, J.I.^a, Conde García, M.^a, Tenorio, J.A.^b, Conde García, M.^c
^a Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA-CSIC), Madrid. ^b Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (IETcc-CSIC), Madrid. ^c Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Córdoba, Unidad Asociada al CSIC por el ICIFOR-INIA y el IETcc
golfin@inia.csic.es

Palabras clave: Madera, Clases de uso, Construcción en madera.

Desde el lanzamiento, en 2017, de la primera versión de la herramienta Excel Madexter, ésta ha venido siendo empleada con éxito por diseñadores en decenas de obras y demostrado su utilidad en el cálculo objetivo y paramétrico de las clases de uso de la norma europea EN 335. Desde su primera versión, esta herramienta ha incluido la posibilidad de evaluar el efecto de ciertas medidas de diseño constructivo cuya influencia en el clima del material es positiva y conocida, especialmente cuando los elementos de madera bajo análisis se sitúan al exterior fuera del contacto con el suelo.

La segunda versión de esta herramienta, Madexter II, es una versión evolucionada de la primera, ya que incorpora un nuevo y más sencillo sistema de determinación del índice de exposición básica (Is0), ahora basado en el empleo de un visor GIS que incorpora información adicional, de gran utilidad para evaluar el efecto de los cambios higrométricos en la aparición de fendas y deformaciones en la madera, así como el de la influencia de los vientos dominantes de lluvia.

El trabajo presenta los contenidos y estructura de la herramienta MADEXTER II y del visor GIS, que ha sido desarrollado a partir de las bases de datos climáticas de AEMET para los años 2011-2021 (ambos incluidos).

2. **Viabilidad del uso del chopo en paneles de CLT: paneles monoespecie y multiespecie pino-chopo**

Yaiza Fuentes-García^a, Carlos Cruz^a, Francisco J. Rescalvo^a, Guillaume Pot^b, Louis Denaud^b, Rafael Bravo^a, Antolino Gallego^a
^aUIMA-UGR, Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, Beiro, 18001 Granada. ^bLaBoMaP, Arts Et Metiers Institute of Technology, HESAM Université, 71250 Cluny, France.
yaizafg@ugr.es

Palabras clave: Madera contralaminada, chopo, pino, flexión, delaminación.

Actualmente, los paneles de madera contralaminada (CLT) se elaboran con pino de diferentes especies (radiata, pinaster) y píceas. Este producto ha impulsado la construcción en altura en las estructuras de madera. El CLT es llamado un producto de madera masiva, que junto con la tendencia actual de crecimiento del mercado al 300%, ejerce una presión sobre el recurso maderero. Este estudio evalúa la viabilidad estructural de especies locales de España como el chopo (Populus x euramericana) de rápido crecimiento y su combinación en sección con el pino laricio (Pinus nigra), de altas propiedades mecánicas.

A través de una colaboración entre UIMA (Unidad de Investigación de la Madera Estructural de Andalucía, Granada, España) y LaBoMap (Paristech, Campus de Cluny, Francia) se ha realizado una evaluación mediante métodos no destructivos (END) y destructivos (ED) a flexión de diferentes configuraciones monoespecie y combinadas en paneles de 3 capas (20/20/20). En el caso de los paneles multiespecie, se ha evaluado el uso del pino bien en las capas externas (máxima tracción y compresión), así como únicamente en la parte traccionada o comprimida. Los END por resonancia longitudinal indicaron una disminución del módulo de elasticidad dinámico en los paneles del 30% con respecto de las tablas de origen, debido al carácter ortogonal de este producto. A flexión a 4 puntos, los paneles monoespecie de pino y mixtos pino-chopo-pino mostraron incrementos de resistencia del 15,4% y 23,1%, respectivamente, en comparación con los de chopo. Las configuraciones mixtas combinaron una mayor rigidez con una reducción de peso, optimizando el aprovechamiento de ambas especies. Los ensayos de delaminación verificaron el cumplimiento normativo de los planos de encolado, así como la excelente impregnabilidad del chopo.

3. Empleo de bioadhesivo para la elaboración de madera microlaminada de chopo: cortante en línea de cola y flexión

Francisco J. Rescalvo^a, Carlos Cruz^a, Yaiza Fuentes-García^a, Louis Denaud^b, Rafael Bravo^a, Antolino Gallego^a
^aUIMA-UGR, Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, Beiro, 18001 Granada. ^bLaBoMaP, Arts Et Metiers Institute of Technology, HESAM Université, 71250 Cluny, France.
rescalvo@ugr.es

Palabras clave: Bioadhesivo, lignina, cortante, flexión, LVL.

Según Architecture2030.org, los edificios generan alrededor del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. A diferencia del resto de materiales, la madera absorbe CO2 para producir oxígeno, quedándose almacenado durante la vida útil del producto. A grandes rasgos, se diferencian dos grupos de productos de madera técnica: basados en madera aserrada y en chapa. Del primero se desarrollan productos como la viga laminada (GLT) o contralaminada (CLT). Del segundo, productos como la madera microlaminada (LVL).

El CLT ha permitido dar el salto en altura a la edificación con madera, pero con un crecimiento del 300% anual, ejerce presión sobre el recurso maderero. Por ello, el uso de especies de rápido crecimiento como el chopo pueden permitir reducir dicha presión y valorizar esta madera. El LVL es un producto de alta resistencia con el mayor consumo de adhesivo para su elaboración (6% en peso frente al 3,5% de la madera laminada). Por ello, se plantea el uso de un bioadhesivo que sustituya el adhesivo químico empleado actualmente. En concreto, se ha usado un adhesivo desarrollado en colaboración con la empresa Betanzos HB, mezclando lignina de eucalipto y agua. En este trabajo se presentan los resultados de ensayos en línea de cola y flexión (plana y de canto). En línea de cola, el adhesivo químico alcanza la rotura por madera (5 MPa), mientras que el bioadhesivo falla parcialmente (3 MPa). En términos de resistencia a flexión, ese efecto queda patente, siendo más acusado en la posición plana (esfuerzo rasante). De canto, las vigas con bioadhesivo presentan una reducción del 19% frente a las elaboradas con adhesivo químico. Respecto del módulo elástico, no se observan diferencias entre ambos adhesivos.

4. Efecto del contenido de humedad en la resistencia mecánica de la especie de bambú *Guadua Angustifolia* Kunth

Kenneth Ayala^a, Carlos Osuna-Sequera^b, Eva Hermoso^b
^aUniversidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú. ^bICIFOR-INIA, CSIC, Madrid-España.
carlos.osuna@inia.csic.es

Palabras clave: bambú, contenido de humedad, resistencia compresión, secado, pentaborato.

El bambú es un recurso abundante en determinadas zonas e importante por sus ventajas económicas y ecológicas, ya que es altamente eficaz en el secuestro de carbono, es sostenible ya que no requiere el uso de pesticidas y su ciclo de crecimiento es significativamente más corto que el de otras especies maderables. Para alcanzar un uso idóneo de este material en aplicaciones de valor añadido como las estructurales, se requiere la evaluación de su comportamiento ante diversas variables que pueden influir en sus prestaciones. El efecto de la humedad en los biomateriales y su influencia en las propiedades mecánicas es conocido, por lo que su estudio es necesario. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la resistencia a compresión axial de la especie *Guadua Angustifolia* Kunth. (bambú) bajo cuatro condiciones distintas de contenido de humedad: bambú en estado verde, bambú impregnado con pentaborato secado al aire, bambú sin tratamientos secado al aire y bambú seco mediante protocolo de secado. Se tomó como referencia metodológica la norma ISO 22157 para la determinación de la resistencia a compresión axial, donde especifica el número de muestras y procedimiento a seguir. De los resultados puede concluirse que la influencia del contenido de humedad en la compresión axial del bambú es significativa; el bambú en estado verde tiene un comportamiento viscoelástico con el menor grado de resistencia mecánica, mientras que el bambú tratado con pentaborato tiene un mejor desempeño a compresión que el bambú sin tratamiento, puesto que el agente químico mejora la cohesión entre las fibras. Finalmente, el bambú secado bajo un protocolo muestra los mejores valores de resistencia a compresión puesto que al eliminarse el agua libre de los espacios intercelulares permite el aumento de la rigidez y firmeza de la estructura anatómica.

5. Centro de visitantes del Parque Nacional Sierra de las Nieves: Análisis comparativo de materiales

Santiago Matute Díez^a, María Romero Cuberos^b
^aArquitecto. Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía. santiago.matute@juntadeandalucia.es. ^bIngeniera de Montes. Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía. maria.romero.cuberos@juntadeandalucia.es

Palabras clave: Descarbonización, Andalucía, natural, renovable.

El Pacto Verde Europeo es un conjunto de iniciativas políticas de la Unión Europea que persigue el objetivo de la neutralidad climática para el año 2050. Este plan busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover la eficiencia energética y transformar la economía, con especial atención al sector de la construcción. Este sector es responsable entorno al 40% de las emisiones de CO₂, lo que plantea un reto, la transformación del mismo. Para ello es fundamental el uso de materiales naturales y renovables, con reducido impacto ambiental.

Tras ser declarado el Parque Nacional Sierra de las Nieves, la Junta de Andalucía impulsa la construcción del Centro de Visitantes, en el paraje de Conejeras. Su diseño se basa en criterios bioclimáticos, de funcionalidad, flexibilidad, integración en el entorno y bajo impacto ambiental, con la máxima calificación energética. Hemos valorado este impacto evaluando la huella de carbono de los materiales utilizados y se ha comparado con la huella que tendría el mismo edificio construido solo con materiales convencionales como el acero y el hormigón, estableciendo tres modelos.

Los resultados de este análisis muestran que la elección de materiales más sostenibles, entre los que se encuentra la madera, reduce enormemente las emisiones de carbono. Este enfoque pone de manifiesto el compromiso firme de la administración andaluza, demostrando cómo se pueden mitigar las emisiones en el sector, contribuyendo a la consecución de los objetivos climáticos del Pacto Verde Europeo.

6. Optimización de vigas laminadas mixtas aplicando la simulación numérica

Carlos Cruz^a, Yaiza Fuentes-García^a, Francisco J. Rescalvo^a, Rafael Bravo^a, Antolín Gallego^a
^aUIMA-UGR, Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, Beiro, 18001 Granada. carlos.cruz@ugr.es

Palabras clave: Chopo, Eucalipto, simulación numérica, GLT, optimización.

Debido a la alta demanda de madera actual en el mercado, con un crecimiento en la construcción con madera en torno al 300% anual, es necesario desarrollar herramientas y métodos para optimizar el uso del recurso maderero. Una de esas técnicas es la fabricación de productos multiespecie, aportando cada una un beneficio al producto global. En concreto, este trabajo analiza la combinación de dos frondosas para la elaboración de vigas laminadas mixtas: chopo MC (MC) de Granada y Eucalipto Globulus (EG) de Galicia. El EG aporta una muy elevada rigidez en las caras externas de la sección, mientras que el chopo aporta muy baja densidad en comparación con el EG. El proceso de optimización también se enfoca en el uso apropiado del EG en la luz del elemento. Este análisis en sección y luz permite que las vigas laminadas multiespecie alcancen las mismas propiedades mecánicas que una viga monoespecie de EG.

Para ello, se llevó a cabo una caracterización de ambas especies mediante ensayos destructivos y no destructivos. Las vigas laminadas se simulaban numéricamente mediante el método de elementos finitos empleando el programa Abaqus/CAE 2024. Los parámetros de entrada para la simulación y optimización se obtuvieron a través de las correlaciones obtenidas en la caracterización, permitiendo seleccionar y ubicar las tablas óptimas de eucalipto dentro de la sección y luz de la viga antes de su elaboración. Para corroborar los resultados, se elaboraron 5 vigas laminadas optimizadas, obteniendo una diferencia media entre el módulo numérico (MoEFEM) y estático (MoEst) del 1.2%, y una diferencia entre viga monoespecie de EG y viga multiespecie optimizada de tan solo el 2.7%.

7. Comunicar con madera. Toca Madera · Sounds Wood

Irene Jimeno Guadalix^a
^a Toca Madera·Sounds Wood, Calle Pico de la Pala, 1 Miraflores de la Sierra 28792, Madrid, España.
i.tocamadera@gmail.com

Palabras clave: comunicación, divulgación, formación, conocimiento, madera, posicionamiento, didáctico, digital.

La comunicación es el proceso mediante el cual se transmiten ideas, información y mensajes entre individuos, grupos o sistemas, permitiendo el intercambio de conocimiento y experiencias. En Toca Madera·Sounds Wood, se promueve la construcción con madera mediante actividades que combinan creatividad y accesibilidad, destacando este material como clave en la construcción sostenible.

El objetivo principal de Toca Madera·Sounds Wood es posicionar la madera como un recurso estratégico para el futuro de la construcción, educación y sostenibilidad, adaptándola a las demandas actuales de comunicación. Para ello, se implementan estrategias innovadoras que acercan el conocimiento técnico a diferentes públicos, con un enfoque especial en los entornos digitales.

Entre las iniciativas más relevantes destacan los reels temáticos, que simplifican y dinamizan información técnica de manera atractiva. Además, los juegos educativos convierten el aprendizaje en una experiencia interactiva y participativa. La promoción de másteres y cursos especializados ofrece formación adaptada a perfiles variados, y los directos de Instagram, bajo el concepto “Una charla con amigos”, permiten una interacción cercana con expertos del sector, fortaleciendo el intercambio de conocimiento.

Asimismo, la biblioteca online proporciona acceso a más de 50 recursos, como libros y manuales, favoreciendo el aprendizaje autodidacta. La difusión de eventos, seminarios y webinars, tanto nacionales como internacionales, conecta a los interesados con oportunidades de actualización profesional y networking en el ámbito de la construcción con madera.

En conclusión, Toca Madera·Sounds Wood demuestra que una comunicación efectiva y adaptada puede transformar la percepción de la madera, posicionándola como un material indispensable para enfrentar los retos contemporáneos de sostenibilidad e innovación en la construcción. Estas estrategias aseguran el acceso al conocimiento y promueven el desarrollo sostenible.

8. Mapa Colaborativo-Interactivo Construcción con Madera

Irene Jimeno Guadalix^a
^a Toca Madera·Sounds Wood, Calle Pico de la Pala, 1 Miraflores de la Sierra 28792, Madrid, España.
i.tocamadera@gmail.com

Palabras clave: madera, datos, divulgación, colaborativo, parámetros, educativo, cultural, innovación,

El mapa Colaborativo-Interactivo Construcción con Madera es una herramienta digital para la búsqueda, clasificación y organización de proyectos arquitectónicos e ingenieriles con madera a nivel global, convirtiéndose en una base de datos técnica de referencia para el sector maderero. Su objetivo principal es promover el interés en la arquitectura con madera, facilitando su preservación, estudio y visibilidad, tanto nacional como internacional.

El carácter colaborativo de esta plataforma permite que cualquier persona interesada contribuya al enriquecimiento de su base de datos, añadiendo o completando proyectos existentes. Actualmente, incluye casi 1.000 proyectos, clasificados según más de 15 parámetros, como el sistema constructivo, tipo de madera, certificaciones, uso y actividad y otros aspectos técnicos. Este diseño flexible también se adapta a las características específicas de cada proyecto, favoreciendo la integración en subconjuntos establecidos para maximizar su alcance y visibilidad en motores de búsqueda como Google.

El carácter interactivo del mapa permite a los usuarios acceder a información personalizada mediante filtros organizados según sus intereses particulares. Además, su capacidad para superponer datos geográficos con zonas de mayor actividad industrial maderera brinda información útil sobre tendencias y ubicaciones clave del sector. Con más de 200.000 visitas registradas, esta herramienta digital se ha consolidado como un valioso recurso educativo y cultural. Asimismo, potencia la conexión entre investigadores, técnicos y entusiastas de la construcción sostenible. Al vincular tradición e innovación, el mapa no solo preserva el patrimonio arquitectónico en madera, sino que también impulsa su análisis y difusión como solución viable y sostenible en el ámbito de la construcción.

9. Guía de Rehabilitación de Estructuras de Madera

Irene Jimeno Guadalix^a
^aToca Madera·Sounds Wood, Calle Pico de la Pala, 1 Miraflores de la Sierra 28792, Madrid, España.
i.tocamadera@gmail.com

Palabras clave: rehabilitación, madera, estructuras, conservación, normativa, patologías, patrimonio, ciudades,

La “Guía de Rehabilitación de Estructuras de Madera” aborda la necesidad de promover el uso de la madera en el sector de la construcción y la rehabilitación, atrayendo a nuevas generaciones y capacitando a los profesionales actuales. Este recurso técnico pone énfasis en la conservación de los centros históricos, gran parte de los cuales fueron edificados en madera antes del auge del acero y el hormigón en el siglo XX. Estos edificios, muchos con más de 100 años de antigüedad, enfrentan un envejecimiento estructural que requiere intervención inmediata.

Con anterioridad a los años 90, en España no existía una normativa oficial sobre el uso estructural de la madera, los profesionales dependían de las normas DIN alemanas hasta la implementación del Eurocódigo 5 y su posterior incorporación al Código Técnico de Edificación (CTE). Estos avances normativos han generado confianza en la madera como material estructural, aunque su uso sigue siendo limitado debido a prejuicios y desconocimiento.

La Guía subraya que cada edificación es única, con características arquitectónicas que deben respetarse en el proceso de rehabilitación. El objetivo es conservar y recuperar la funcionalidad original del inmueble, mejorando su eficiencia y prolongando su vida útil. La intervención debe considerar tanto los valores históricos como las exigencias técnicas actuales.

En conclusión, este trabajo aspira a cambiar la percepción de la madera en la construcción, fomentando su valorización, conservación y uso responsable, especialmente en el contexto de la rehabilitación sostenible de edificaciones históricas. Esta guía constituye un avance fundamental hacia un futuro más respetuoso con el patrimonio y el medio ambiente.

10. Análisis experimental y modelación de uniones estructurales de madera

Nicol López Rodríguez^{a,d,*}, José Manuel Cabrero^a, Ignacio Arteaga^a, Borja Iraola^a, Peter Tanner^b, Carlos Lara^b, Pablo Guindos^{c,d}
^a Cátedra Madera ONESTA, Universidad de Navarra, Pamplona, España. ^b Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETCC), Madrid, España. ^c Facultad de Arquitectura y Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Enxeñería Civil (CITEEC), Universidade da Coruña, A Coruña, España. ^d Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
*nlopezrodri@unav.es

Las uniones de madera están sometidas a diferentes tipos y direcciones de carga según la tipología estructural, lo que exige comprender su comportamiento mecánico e interacción con elementos metálicos, como pasadores y refuerzos. En el diseño, si bien se busca una respuesta dúctil, es importante considerar fallas frágiles, como splitting, row shear, block shear, entre otras. En este contexto, el Proyecto Towards a Reliable and Efficient Analysis of Connections in Timber (REACT) tiene como objetivo evaluar la fiabilidad de uniones estructurales de madera bajo condiciones de carga realistas. Por un lado, se estudia el comportamiento off-axis de la madera en compresión, corte, aplastamiento y tracción, con y sin refuerzo. Para ello, se desarrolló una campaña experimental, que incluye el uso de correlación digital de imágenes. Por otro lado, se lleva a cabo un estudio experimental de uniones madera-metal en más de 20 configuraciones, variando parámetros como el espesor de la madera, diámetro de los pasadores, cantidad de chapas metálicas y dirección de la carga respecto a la fibra. En ambos niveles de estudio se realiza un análisis estadístico de los resultados, que se emplean como base para modelos numéricos, y verificación de los actuales modelos de diseño. Hasta la fecha se han completado los ensayos de compresión y corte a nivel de material, observando una dependencia de la dirección de la fibra y el refuerzo en las propiedades mecánicas. Próximamente, se ejecutarán los ensayos de aplastamiento, de tracción y de uniones. Esta investigación permitirá una compresión profunda del comportamiento de la madera, y contribuirá al desarrollo de modelos más precisos para el análisis de uniones sometidas a cargas reales, incluyendo la rotura frágil del material.

11. **Análisis inverso y diseño computacional para caracterizar madera de pino mediante vibraciones**

Mario Requena^a, Roberto Palma^a, Carlos Cruz^a, Yaiza Fuentes-García^a, Francisco J. Rescalvo^a, Antolino Gallego^a
^aUIMA-UGR, Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, Beiro, 18001 Granada.
ma01@correo.ugr.es

Palabras clave: Elementos Finitos, Problema inverso, Evaluación No Destructiva, Vibraciones, Madera de Pino.

Este trabajo presenta una estrategia computacional para la caracterización no destructiva de las propiedades ortótropas de la madera de pino laricio (pinus nigra) mediante vibraciones. La metodología combina análisis de sensibilidad, diseño óptimo de experimentos y simulaciones numéricas con elementos finitos. En una primera etapa, se realiza un análisis de sensibilidad para determinar la influencia de cada propiedad ortótropa en las frecuencias de vibración de listones de pino laricio. A partir de estos resultados, se define un diseño de experimentos computacional que permite optimizar la posición del sensor de medida, maximizando la capacidad de identificación de los parámetros materiales.

Una vez definida la configuración experimental óptima, se plantea un problema inverso, ajustando las propiedades ortótropas del modelo numérico a partir de la comparación entre las frecuencias de vibración experimentales y las obtenidas mediante simulación. Esta comparación se lleva a cabo mediante un proceso iterativo que minimiza la diferencia entre ambas, permitiendo identificar con precisión los parámetros elásticos del material.

La estrategia propuesta ofrece una herramienta eficiente para la caracterización no destructiva de materiales ortótropos, con aplicaciones en restauración de patrimonio, control de calidad y diseño estructural.

12. **Problema inverso bayesiano para la calibración de vigas huecas tipo cajón mediante análisis modal**

Roberto Palma^a, Carlos Cruz^a, Yaiza Fuentes-García^a, Francisco J. Rescalvo^a, Antolino Gallego^a
^aUIMA-UGR, Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, Beiro, 18001 Granada.
rpalgue@ugr.es

Palabras clave: Problema inverso bayesiano, Elementos finitos, Vibraciones, Vigas huecas mixtas.

Este trabajo presenta un problema inverso bayesiano para estimar las propiedades mecánicas efectivas de vigas huecas tipo cajón construidas con maderas laminadas de dos especies abundantes en Andalucía: el chopo, utilizado en las capas interiores de las alas por su baja densidad y módulo de elasticidad, y el pino laricio, empleado en las capas exteriores por sus altas prestaciones mecánicas. El conjunto se completa con un tablero estructural de eucalipto de la empresa Betanzos HB, que cierra el cajón proporcionando rigidez adicional.

La metodología combina ensayos vibroacústicos en laboratorio con simulaciones numéricas mediante elementos finitos. Para la fase de calibración se emplea un modelo de viga de Bernoulli simplificado con una rigidez flexional equivalente, calculada a partir de la geometría y las propiedades de cada componente del cajón. Este modelo simplificado permite realizar la estimación de los parámetros mediante un enfoque bayesiano, que incorpora las incertidumbres asociadas tanto a las mediciones experimentales como a los modelos numéricos.

Una vez calibrado, se utiliza un modelo tridimensional más detallado para analizar y validar la consistencia del modelo simplificado. Los resultados muestran que esta estrategia permite una caracterización eficiente del comportamiento a flexión de las vigas huecas tipo cajón, y que los modelos obtenidos pueden aplicarse en futuros diseños estructurales.

13. Evaluación de tableros de partículas de *Ulmus pumila* fabricados con resinas de urea/formaldehído modificadas con celulosa microfibrilar y lignosulfonatos

Eduardo Bordallo López^a, Tamara Coello García^a
^a Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (cesefor). Pol. Ind. Las Casas, Calle C, 42005, Soria.
eduardo.bordallo@cesefor.com

Palabras clave: tablero partículas, celulosa microfibrilar, lignosulfonato, cola urea/formaldehído, propiedades mecánicas, biomasa lignocelulósica.

La industria del tablero aglomerado se enfrenta a dos grandes desafíos: la creciente competencia con otros productos de madera técnica de mayor valor añadido por las fuentes de biomasa lignocelulósica; y la dependencia de adhesivos sintéticos y potencialmente tóxicos, como las resinas de urea-formaldehído (UF), en un contexto normativo que promueve la economía circular y de base biológica desvinculada de materias primas no renovables. Una posible solución consiste en aprovechar especies arbóreas infrautilizadas cultivadas en tierras marginales y explorar la sustitución parcial o total de los adhesivos convencionales por alternativas de origen biológico.

En este estudio se evaluó la viabilidad técnica de sustituir parcialmente la resina UF por polímeros biobasados, específicamente celulosa microfibrilada (MFC) y lignosulfonatos—en la fabricación de tableros aglomerados producidos con biomasa de *Ulmus pumila* cultivada en tierras marginales. Se ensayaron cinco formulaciones: 100 % resina UF (control), UF + 0,085 % MFC, UF + 0,17 % MFC, UF + 10 % lignosulfonatos y UF + 20 % lignosulfonatos. Los tableros fueron fabricados con una densidad objetivo de 675 kg/m³ y un espesor de 15 mm, y evaluados según la norma UNE-EN 312.

Los ensayos mecánicos mostraron una resistencia a tracción perpendicular (IB) entre 0,44 y 0,70 N/mm², una resistencia a la flexión entre 1070 y 1300 N, y un módulo de rotura (MOR) entre 4,9 y 7,3 N/mm². No se observaron diferencias significativas en las propiedades mecánica entre el tablero control y las formulaciones con MFC, así como con 10 % de lignosulfonatos. Sin embargo, se detectó una disminución de propiedades con un contenido del 20 % de lignosulfonatos. Estos resultados sugieren que la sustitución parcial de la resina UF por MFC y lignosulfonatos es técnicamente viable sin comprometer la integridad estructural del tablero aglomerado.

14. De la teoría a la práctica: la arquitectura temporal en madera como herramienta pedagógica

Holger Patricio Cuadrado Torres^a
^a Universidad Técnica Particular de Loja, Loja Ecuador.
hpcuadrado@utpl.edu.ec

Palabras clave: Arquitectura temporal, madera, aprender haciendo.

En la enseñanza de la arquitectura, es fundamental que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, sino que también los apliquen en escenarios reales que promueven la vinculación con la comunidad mediante proyectos participativos. Este taller surge como una estrategia de practica constructiva en madera, que busca cerrar la brecha entre la conceptualización y la construcción de proyectos en escala 1:1.

Esta práctica docente propone una metodología de enseñanza basada en el aprendizaje experiencial, donde los estudiantes de arquitectura desarrollan proyectos de arquitectura temporal en madera como material base, para aplicar de manera tangible los conocimientos adquiridos en el aula. A través de la construcción de estructuras como pabellones de usos flexibles e indeterminados, los alumnos exploran conceptos como el diseño, la materialidad, la funcionalidad y el impacto en el entorno, permitiéndoles conectar la teoría con la práctica de manera efectiva.

El enfoque se basa en la resolución de problemas reales mediante la experimentación con materiales, técnicas constructivas y enfoques innovadores en el diseño de espacios temporales sobre el espacio público. La práctica fomenta la colaboración, el pensamiento crítico y la creatividad, aspectos fundamentales en la formación de un arquitecto.

15. Impulso de la bioeconomía local en la construcción: vivienda-demostrador en Ogíjares (Granada)

Luis Llopis García^a, Eva Chacón Linares^a
^a Bonsai Arquitectos, Granada.
hola@bonsaiarquitectos.es

Palabras clave: construcción industrializada, prefabricación, envolvente estructural, entramado de madera, edificación de consumo casi nulo, Pasivhaus, LIFE Wood for Future, viga MCLam, transición ecológica, cultura regenerativa, bioeconomía local, emergência habitacional, Andalucía.

Se presenta una experiencia concreta de colaboración entre los promotores y equipo técnico de una vivienda unifamiliar de autopromoción en Ogíjares (Granada), y los investigadores del proyecto europeo LIFE Wood for Future. La vivienda ha servido como edificio demostrador para el prototipado de una nueva viga laminada híbrida (MCLam), desarrollada por la spin-off IberoLAM a partir de dos especies cultivadas en Andalucía: chopo de la Vega de Santa Fe (Granada) y pino laricio de la Sierra de Cazorla (Jaén). Su incorporación en obra era requisito para avanzar hacia su homologación y marcado CE, consolidando así su viabilidad como producto industrial.

Desde el estudio Bonsai, especializados en arquitectura ecológica con sistemas estructurales de entramado ligero de madera desde 2014, diseñamos esta vivienda de consumo casi nulo integrando el prototipo MCLam en el cálculo del forjado de una de sus crujías. La obra, finalizada en 2023, constituye un caso ejemplar de transferencia entre I+D, emprendimiento industrial y autopromoción residencial, al servicio del desarrollo de una bioeconomía local basada en la transformación de recursos forestales regionales.

Se concluye que es urgente activar mecanismos que aceleren la conexión entre la innovación tecnológica en madera, la práctica proyectual y las dinámicas de mercado, tanto desde la iniciativa privada como desde la contratación pública. Este tipo de sinergias son fundamentales para incrementar la bioeconomía local como motor en la transición hacia un entorno construido más sostenible, saludable y regenerativo en Andalucía.

16. Durabilidad de la madera en construcción. Aproximación española de la norma UNE-EN 460:2023

David Lorenzo^a, Juan Fernández-Golfín^b, Manuel Touza^c, Fernando Peraza^d
^{a, d} AITIM - Asociación de Investigación Técnica de Industrias de la Madera. C/Flora, 2ºD, 28013, Madrid.
^b Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Ctra. de La Coruña, km 7, 5, Moncloa - Aravaca, 28040, Madrid. ^c XERA-CIS-Madeira, Parque Tecnológico de Galicia, 32901, San Cibrao das Viñas, Ourense.
d.lorenzo@aitim.es

Palabras clave: Durabilidad, vida servicio, productos madera, construcción, normas.

Cada vez es más necesario comprender la durabilidad de los productos de madera, especialmente en la construcción. La norma europea EN 460 se ocupa de la vida de servicio de los productos de madera. El propósito de la EN 460 es proporcionar una guía para ayudar a seleccionar una madera o producto derivado de la madera para alcanzar una durabilidad apropiada, basada en la información sobre el entorno de uso final y la vida de servicio prevista. Esta Norma incluye información sobre los factores que pueden influir en la vida de servicio de los productos de madera puestos en servicio en relación con las degradaciones causadas por organismos xilófagos (hongos xilófagos, insectos xilófagos o xilófagos marinos), siendo necesario dar un enfoque adecuado para alcanzar la vida de servicio esperada. La EN 460 no cuantifica la vida de servicio que podría esperarse de una combinación particular, que se debe considerar en los documentos nacionales. La exposición es el desafío al que se enfrenta los productos de madera puestos en obra y comporta muchas características. La durabilidad final de cada componente empeorará o mejorará según: El clima, la Clase de Uso, especies de maderas con durabilidad natural suficiente o garantizando la suficiente durabilidad conferida mediante un tratamiento protector o mediante la modificación de la madera, el diseño, la calidad de la instalación, el mantenimiento y el uso de la construcción en madera.

17. Sistema estructural mixto integral madera-hormigón con conexión a rasante mediante tableros perforados

Dolores Otero-Chans^a, Javier Estévez-Cimadevila^a, Emilio Martín-Gutiérrez^a, Félix Suárez-Riestra^a, José A. Vázquez-Rodríguez^a
^a Universidade da Coruña, GEA-GEM, ETSAC, Centro de Innovación Tecnolóxica en Edificación e Enxeñaría Civil (CITEEC). Campus de Elviña, 15071. A Coruña, Spain/España.
dolores.otero.chasn@udc.es

Los sistemas mixtos madera-hormigón constituyen una solución de gran interés debido al uso sinérgico de los materiales, que posibilita limitar el uso del hormigón y potenciar el rendimiento estructural de la madera. La base del comportamiento de estos sistemas radica en el diseño de la conexión a rasante entre los materiales, para la que se han diseñado múltiples soluciones. Nuestra investigación se ha centrado en la caracterización de una conexión a rasante basada en la realización de perforaciones en los tableros de madera que conforman los elementos estructurales del sistema y que son atravesados por el hormigón vertido en fresco. Con esta solución no son necesarios conectores metálicos adicionales o adhesivos estructurales para resolver la transferencia de esfuerzos rasantes o para evitar la posible separación de materiales que podría producirse en una solución con entalladuras. Los ensayos realizados con tableros de madera contrachapada perforados y hormigón reforzado con fibras han constatado la enorme resistencia y rigidez de la conexión a rasante, validando la base del sistema. Se han realizado adicionalmente ensayos en piezas flectadas tipo forjado con sección en I y luces de 6 metros, realizadas con alas inferiores de madera laminada encolada, alas superiores de hormigón y almas de tableros contrachapados con perforaciones para posibilitar la conexión a rasante con el hormigón. Parte de estas piezas se ensayaron posteriormente en voladizo, invirtiendo la ley de tensiones en la madera y el hormigón. La investigación de este sistema mixto se extendió a la comparación entre una viga biapoyada y una porticada en solución de continuidad con soportes mixtos. El conjunto de los resultados ha permitido validar la propuesta para sistemas estructurales íntegramente conformados por soluciones mixtas madera-hormigón. En la actualidad, se están estudiando alternativas materiales con otro tipo de paneles estructurales y hormigones con áridos reciclados que permitan incrementar la sostenibilidad de la solución.

18. Bioeconomía Circular en Territorios de Montaña: Avances del Proyecto PRISMA en Madera Contralaminada y Residuos de Aserraderos

Rayder Leonardo^{a*}, José Manuel Cabrero^a, Jordi Gené^b, Eduard Correal Mòdol^b, M. Pilar Giraldo^b
^a Cátedra Madera ONESTA, Universidad de Navarra (UNAV), Campus Universitario, 31009 Pamplona. ^b Institut Català de la Fusta (INCAFUST), Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, Ctra. Sant Llorenç de Morunys, km 2. 25280, Solsona, Lleida.
* rleonardola@unav.es

Palabras clave: Madera contralaminada (CLT), residuos de aserraderos, bioeconomía circular, modelado numérico, sistemas constructivos de madera.

El proyecto PRISMA tiene como objetivo fortalecer las cadenas de valor forestales de circuito corto y fomentar una bioeconomía circular sostenible en los territorios de montaña, a través de una gestión forestal multifuncional adaptativa. La iniciativa busca optimizar el uso de los recursos naturales, contribuir a la mitigación del cambio climático y generar nuevas oportunidades para el desarrollo económico de las zonas rurales. Dentro del Proyecto se pretende desarrollar productos constructivos a partir de especies de maderas locales y residuos de aserraderos. En particular, paneles de madera contralaminada(CLT) y bloques innovadores para paredes potantes(Fustablock).

En el caso del CLT, se han diseñado prototipos combinando capas de haya (*Fagus sylvatica* L) y pino silvestre (*Pinus sylvestris*) locales cuyas prestaciones se han comparado con configuraciones monoespecie de referencia. La campaña experimental, basada en la norma EN 16351:2020, ha analizado las propiedades estructurales más relevantes a flexión y cortante. Paralelamente, se ha desarrollado un modelo numérico en Dlubal RFEM6 para analizar su comportamiento y desarrollar herramientas de diseño adecuadas.

Por otro lado, Fustablock consiste en un sistema constructivo basado en bloques de madera fabricados con residuos de aserraderos locales. De este modo, se consigue dotarles de un valor adicional destinándolos a construcciones sencillas de fácil montaje y un coste reducido. Los bloques del sistema han sido modelados digitalmente en 3D para analizar su configuración, capacidad estructural y optimizar sus uniones.

Las propuestas que se desarrollan dentro del proyecto PRISMA, además de poner en valor la madera de nuestros bosques locales, e impulsar acciones que se adaptan a las necesidades del territorio contribuye a la reducción del impacto medioambiental del sector de la construcción.

19. Ethris, elemento modular de construcción

Carlo Micheletti^a, Francesco Verzura^b
^aOpera Mista Srl, Via San Rochino 99/A 25123 Brescia (Italia); ^bOpera Mista Iberica SL, c/José del Toro 1-3, 3º1, 11001 Cádiz (España).
francesco.verzura@operamista.es

Palabras clave: construcción, madera, modular, gestión forestal.

En respuesta a políticas actuales de la Unión Europea, el sector de la construcción debe actualizarse rápidamente para cumplir con los objetivos establecidos en cuanto a sostenibilidad, eficiencia energética y transformación digital. Fruto del trabajo conjunto de empresas y profesionales de múltiples sectores, cuyo objetivo es aunar la buena gestión forestal a la innovación en el ámbito de la construcción, ha resultado en la creación de un sistema estructural patentado como Ethris.

Los elementos que conforman Ethris provienen de la recuperación de material desechado durante el procesamiento de madera para construcción, reutilizando, por ejemplo, el 70% de partes del tronco del castaño no afectadas por la acebolladura, que hasta entonces habían sido descartadas para mercados secundarios.

Ethris está formado por una estructura modular de forma triangular, compuesta por elementos de madera maciza de 3 x 6 cm. Estos elementos triangulares conforman su esqueleto y le confieren tridimensionalidad mediante travesaños en sus vértices, los cuales definen el espesor de pared y, al mismo tiempo, funcionan como asas para su manipulación. Su interior se rellena con material aislante natural insuflado que, para una pared de 30 cm de espesor utilizando fibras de madera suelta, ofrece una transmitancia térmica media inferior a 0,115 W/m²K y un desfase térmico superior a 17,6 horas.

Ethris está diseñado para adaptarse a cualquier tipo de arquitectura. De acuerdo con análisis estructurales preliminares, el sistema es capaz de absorber cargas sísmicas de una estructura de hasta tres plantas, redistribuyéndolas de forma prácticamente uniforme hacia la base.

Ethris favorece la creación de viviendas de alto rendimiento energético y sísmico. Este procedimiento revitaliza la cadena productiva forestal, revaloriza el patrimonio ambiental y permite una auténtica recuperación de la gestión forestal.

20. Una Atmósfera en Madera

Iñaki del Prim Gracia^a
^aUPV-EHU – Master de Construcción, Diseño y Estructuras de Madera, San Sebastián, España.
bdp@coavn.org

Palabras clave: Construcción, Diseño, Eficiencia Energética, ODS, Sostenibilidad.

La Casa Bat resuelve una vivienda unifamiliar exenta, certificada Passivhaus Classic, con una decidida apuesta por materiales naturales en base madera. La edificación se compone de tres volúmenes principales de cubierta a dos aguas que simulan la vivienda tradicional del lugar, con un criterio estético contemporáneo de volúmenes sencillos sin ornamentos. La materialidad lúnea de la envolvente es continua entre fachadas y cubiertas, evitando la formación de aleros. En contraste, la planta semisótano tiene una materialidad pétrea y masiva. Esta dicotomía tectónico-estereotómico convierte el edificio en un zócalo masivo que sostiene un volumen más ligero y delicado; un espacio áspero y vinculado al terreno del que nace, frente a una vivienda acogedora y sensual.

La presencia de la madera, así como de los productos derivados de ésta, es masiva en todos los sistemas constructivos de la vivienda, realizándose una apuesta decidida para que la gran mayoría de estos productos sean de proximidad, habiéndose fabricado y/o procesado a menos de 200km de la obra. Se pretende que la monomaterialidad “madera” sea capaz de resolver todas las prestaciones de la envolvente, tanto en fachadas como en cubiertas, también acabadas en madera al exterior.

La madera vertebra la propuesta arquitectónica, al interior y al exterior, poniendo en valor la estructura y el espacio. Los acabados y revestimientos, potenciando la condición táctil del material, ponen en valor sus características de difusividad y emisividad térmica para una mayor temperatura radiante de las superficies que magnifique el confort que aporta el material. Todo ello, unido a las propiedades acústicas y olfativas de la madera, confieren al espacio de una atmosfera interior sensorial y, por qué no sensual, que magnifica e intensifica la experiencia del espacio y del habitar.

21. Estudio numérico y experimental de uniones dentadas a flexión de madera de Pinus Nigra

Rafael Bravo^a, Carlos Cruza, Yaiza Fuentes-García^a, Francisco J. Rescalvoa, Antolino Gallego^a
^a UIMA-UGR, Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, Beiro, 18001 Granada.
rbravo@ugr.es

Palabras clave: Pinus Nigra, Eucalipto, Digital Image Correlation, Elementos finitos, Adhesión.

En este trabajo se presenta un estudio sobre el comportamiento a flexión de uniones dentadas realizadas con madera de Pinus Nigra y Eucalyptus, mediante un enfoque combinado experimental y numérico. Las uniones dentadas permiten aprovechar piezas cortas de madera para formar elementos estructurales más largos, siendo comunes en productos como la madera laminada encolada (Glulam). Dado que las propiedades mecánicas varían significativamente entre especies de madera, se evaluó comparativamente la respuesta estructural de estas dos especies cuando se someten a flexión.

El programa experimental incluye ensayos de flexión a cuatro puntos, integrando la técnica de correlación digital de imágenes (DIC) para el análisis detallado de deformaciones y mecanismos de daño (rotura del adhesivo, fractura en los dientes o fallos mixtos). Paralelamente, se desarrollará un modelo de elementos finitos con un modelo cohesivo de contacto para simular el comportamiento de las interfaz adhesiva de la unión.

Los resultados obtenidos comprenden curvas carga-desplazamiento, resistencia a flexión (MOR) y módulo de elasticidad longitudinal (MOE), así como la identificación de modos de fallo característicos. Se destaca que la influencia del tipo de adhesivo, la geometría de los dientes y la presión de ensamblado son parámetros influyentes en el comportamiento flexional. Este trabajo servirá como base para futuras optimizaciones en el diseño de estas conexiones.

22. Sello de Calidad AITIM para empresas de montaje y puesta en obra de estructuras y elementos constructivos de madera

Guillermo Gómez del Pozo^a, David Lorenzo Fouz^a, Fernando Peraza Sánchez^a, Jose Enrique Peraza Sánchez^a
^a AITIM – Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera Calle Flora 3, 28013 Madrid, España.
g.gomez@aitim.es

Palabras clave: Sello de Calidad, estructuras de madera, montaje en obra, trazabilidad, control de calidad.

El presente trabajo presenta el desarrollo del Sello de Calidad para el montaje y puesta en obra de estructuras y elementos constructivos de madera, en viviendas, rehabilitación, obra civil, entre otros usos. El objetivo del sello es controlar el proceso de montaje de las estructuras de madera con el fin de garantizar que tanto la clase de servicio, clase de uso, uniones y detalles constructivos para las cuales han sido prescritas, se mantengan durante todas las fases de la construcción con el fin de evitar patologías y defectos posteriores en las mismas. Con este objetivo, se han definido manuales en los que se recogen los criterios técnicos claves en el transporte, controles en la recepción de productos de madera y otros materiales además de su correcto acopio en obra, al montaje, así como al uso y mantenimiento específico para cada tipología estructural. Además, se establece la obligación de documentar todos los procedimientos en obra descritos en los manuales, asegurando la trazabilidad y conformidad con los requisitos definidos por el sello. El sello aporta un marco técnico y documental que contribuye a la profesionalización del montaje en obra de estructuras de madera, alineado con los requisitos normativos y de calidad exigidos en el sector, garantizando la vida útil prescrita para las mismas.

23. Empleo de fotogrametría rectificada para la obtención de características geométricas de elementos de madera de madera recuperada de edificios existentes

Pablo González-Serna^a; Josu Benito-Ayúcar^a; Daniel Luengas-Carreño^b
^a TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA). Construction Materials - Lab Services. Área Anardi 5, 20.230 Azpeitia. ^b University of the Basque Country UPV/EHU. Department of Architecture. Plaza Oñati, 2. 20018 Donostia/San Sebastián.
pablo.gonzalez@tecnalia.com

Palabras clave: Estructuras existentes, madera recuperada, fotogrametría, sección real, patrimonio, módulo resistente, momento de inercia.

Se ha realizado un proyecto de investigación con el objetivo de generar un protocolo que permita clasificar estructuralmente elementos in situ en estructuras existentes de roble mediante clasificación visual y ensayos no destructivos, en el cual ha sido necesaria la realización de una campaña experimental en base al análisis de elementos de madera recuperada.

Como suele suceder en la mayoría de los casos, la madera recuperada presentaba una geometría no regular y, muchas veces, no uniforme a lo largo de los propios elementos. Esta situación no permite establecer un volumen ni momento de inercia representativo de los elementos, lo que supone la no posibilidad de establecer la densidad media ni rigidez de los mismos, cuestiones clave en el estudio y generación de nuevas normas de clasificación.

Se barajan distintas posibilidades para obtener la geometría de los elementos (escáner laser, escáner LiDAR y fotogrametría) que pudieran ofrecer suficiente precisión, flujo de trabajo operativo y economía de medios.

Tras un análisis bibliográfico de las ventajas e inconvenientes de cada una de las tecnologías y coste de los dispositivos, finalmente se realizaron pruebas con dispositivos LiDAR (iPad Pro de Apple) y fotogrametría (aplicación Kiri Engine en un smartphone Samsung Galaxy A54).

Los resultados fueron satisfactorios a favor del uso de aplicaciones en smartphone Android (Kiri Engine) que facilitan la automatización del proceso de fotogrametría. Operativamente el smartphone se utiliza como capturador de las imágenes necesarias que son subidas al servidor de la aplicación. Una vez procesadas las imágenes la aplicación permite descargar el modelo 3D generado. El modelo se introduce en un programa de modelado (Rhinoceros 3D) que permite analizar su geometría y obtener los datos necesarios que se comparan con la realidad.

24. Mapas de Termitas y metodología de inspección de cascos urbanos en base a la norma UNE-56418:2016. Caso práctico en el casco antiguo de Areatza, Bizkaia

Josu Benito-Ayúcar^a; Pablo González-Serna^a; Josu Arancón-Cuadrado^a; Daniel Luengas-Carreño^b
^a TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA). Construction Materials - Lab Services. Área Anardi 5, 20.230 Azpeitia. ^b University of the Basque Country UPV/EHU. Department of Architecture. Plaza Oñati, 2. 20018 Donostia/San Sebastián.
josu.benito@tecnalia.com

Palabras clave: Mapa de Termitas, UNE-56418:2016, Inspección, Madera.

Las termitas subterráneas son un agente degradante de la madera necesario en el medio natural y presente en gran parte del planeta. Estos insectos sociales generan cuantiosos daños en los productos y sistemas en base madera que forman parte de las edificaciones existentes.

Las estructuras de madera de los cascos históricos son áreas especialmente sensibles por la antigüedad de las edificaciones y la importancia del patrimonio construido de estas zonas, lo que provoca la necesidad de controlar estas infestaciones.

Derivado de la necesidad de acometer esta problemática se crea la norma UNE-56418:2016 “Protocolo de actuación en cascos urbanos afectados por ataques de termitas subterráneas”, en la cual se expone una metodología de actuación en cascos urbanos mediante un protocolo dividido en 4 fases: activación, inspección, tratamiento y mantenimiento.

En este trabajo se explone la metodología operativa que utiliza TECNALIA para la fase 2 de la norma (fase de inspección) ilustrándose mediante el caso práctico ejecutado en el municipio de Areatza.

Tras establecer el ámbito de actuación, se coordinan y planifican las visitas (paso clave ejecutado por el ayuntamiento) a los 89 edificios acordados. Tras la inspección se constata la presencia de ataques de termitas en más de la mitad de los mismos y se genera el informe correspondiente, documentación base para la licitación del concurso de tratamiento del ámbito.

25. TIK Timber: un sistema portátil para la evaluación no destructiva de la madera. Desarrollo y validación

Irene Gil-Martín^{a,b}, Elisabet Suarez^b, Andrés M. Roldán^a, Yaiza Fuentes-García^b y Antolino Gallego^b
^a Departamento de Electrónica y Tecnología de los Computadores, Universidad de Granada, 18071 Granada, España. ^b Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universidad de Granada, 18071 Granada, España.
irenegm@ugr.es

Palabras clave: evaluación no destructiva, módulo de elasticidad dinámico, frecuencia de resonancia, inspección de madera, madera estructural.

Tree Inspection Kit (TIK) Timber es una herramienta portátil y autónoma diseñada para la evaluación no destructiva de madera estructural en condiciones reales de trabajo. Su funcionamiento se basa en la determinación de la frecuencia de resonancia de las tablas, un parámetro directamente relacionado con el módulo de elasticidad dinámico (MOEdyn). El procedimiento está completamente automatizado: un solenoide genera un impacto controlado sobre la tabla, mientras que un micrófono capta la respuesta acústica, la cual se analiza en tiempo real por el propio dispositivo. El sistema ha sido optimizado para funcionar de forma autónoma, lo que garantiza una elevada precisión y repetibilidad sin necesidad de operarios especializados. No obstante, también permite realizar el golpeo con martillo manual, ofreciendo flexibilidad adicional en contextos de laboratorio o en tablas de mayor longitud o densidad.

El dispositivo ha sido validado mediante una amplia campaña experimental comparativa con otros equipos comerciales. Se analizaron distintos tipos de madera (blanda y dura), condiciones de apoyo, posiciones de medida actuador-sensor y tipologías de producto, incluyendo tablas individuales, tablas apiladas, uniones dentadas y vigas laminadas encoladas.

En una segunda fase, se realizaron más de 450 ensayos en tablas de chopo, contrastando los resultados con equipos comerciales. Los ensayos confirmaron la fiabilidad, repetibilidad y precisión de TIK Timber para su uso en aplicaciones industriales.

TIK TIMBER representa una innovación tecnológica en el campo de la clasificación no destructiva de la madera, con un diseño optimizado tanto a nivel de hardware como de software. Su interfaz intuitiva, su adaptabilidad y su robustez en la estimación del MOEdyn lo posicionan como una herramienta versátil y prometedora para su implementación en entornos industriales y de investigación.

26. Casa Patio Tropical . Proyecto demostrativo de un sueño forestal

Alberto de la Torre Castellano^{a,b}; Antonio G. de la Torre Castellano^a
^a Delatorre_Castellano_Arquitectos. Ctra. de Sierra Nevada nº168, Huerta de San Gabriel, C.P. 18190, Granada. ^b Iberolam Timber & Technology S.L. C/ Gran Vía de Colón nº 48, Planta 5ª, Oficina D5-06, C.P. 18010, Granada.
delatorre_castellano@hotmail.com

Palabras clave: Casa, Patio, Tropical, demostrativo, delatorrecastellano, Iberolam, mixto, madera-hormigón, MCLamBS, Salobreña.

La viabilidad del producto estructural MCLamBS, losas mixtas prefabricadas hechas de hormigón y de vigas laminadas de madera de chopo y pino, se demostrará en el forjado de una vivienda real hecha con estructura de madera y con alta eficiencia energética en los principios de arquitectura bioclimática y biopasiva, ubicada en Salobreña (Granada). Primera vivienda construida con este producto MCLamBS y además incorporando vigas de madera laminada de dos especies locales, certificadas forestalmente de forma sostenible.

La vivienda se gesta en el maridaje entre los condicionantes singulares de la posición de la parcela por sus medianeras existentes de diferentes lenguajes histórico/constructivos y la organización funcional en torno a un gran patio articulador, en su relación interior-exterior, como un árbol que crece en sus circunstancias. Diseño de alto confort térmico, orientación óptima, ventilación natural impulsada por flujos cruzados con alberca, transpiración, control tamizado de luz solar y vegetación trepadora. Materiales constructivos vistos, provenientes de la naturaleza, de baja huella de carbono, permitiendo un control de energía de consumo casi nulo optimizado con placas fotovoltaicas sobre lucernario.

Estructuralmente, las vigas de sección variable del perímetro de la vivienda ejecutadas in situ junto a la estructura vertical con hormigón, permiten ajustar la geometría quebrada de la parcela a borde de las medianerías, y a su vez, generan interiormente huecos de forjados de geometría regular que reciben las losas mixtas industrializadas de hormigón solidarias a vigas mixtas de chopo y pino. Una pérgola de madera de pino nacional como tamiz de luz, finalizará la vivienda en cubierta con el paisaje circundante. Un lucernario de píce a modo de sombrero transpirará el respirar de la vivienda. Arquitectura industrializada con alma.

27. **Análisis del uso de un modelo de intercambio (EM) para la estimación de costes inicial de proyectos en edificación industrializada de madera**

Claudia Rojas^a, Claudio Mourgues^b, Pilar de la Rosa^c, Harrison Mesa^d, Francisco Ruz^e, Pablo Guindos^c
^a E2E, 10651, Maipú Santiago, Chile. ^b Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, 7820436, Santiago, Chile. ^c Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 15008, Universidade da Coruña. ^d Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD, ANID BASAL FB210015), Pontificia Universidad Católica de Chile, 7820436, Santiago, Chile. ^e Civil Construction School, Pontificia Universidad Católica de Chile, 7820436, Santiago, Chile.
pilar.delarosa@udc.es

Palabras clave: madera, industrialización, prefabricación, modelo de intercambio, estimación de costes, BIM.

La estandarización de la información en los procesos y requisitos para intercambios de información es crítica para asegurar estimaciones de costos precisas. Sin embargo, los métodos tradicionales basados en información 2D carecen de la estandarización y la información necesarias para una evaluación comercial temprana eficiente y confiable. Este estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad y eficiencia del modelo de intercambio de información (EM-01, Rojas et al, 2023) propuesto para la evaluación comercial de proyectos de madera industrializada. Este estudio adoptó dos casos ilustrativos de proyectos para realizar un análisis comparativo entre el método tradicional que utilizan las empresas de prefabricación y el EM-01. La evaluación se centró en la efectividad, eficiencia, nivel de certeza y la percepción del usuario. Los resultados indican que ambos métodos permiten la evaluación de proyectos. Sin embargo, el EM-01 ofrece mejor eficiencia al reducir el tiempo de trabajo, disminuye la incertidumbre al minimizar supuestos y mejora la percepción del usuario sobre la fiabilidad de la evaluación comercial. El EM-01 proporciona información más estandarizada y datos específicos de diseño estructural que respaldan la evaluación comercial temprana. Este estudio apoya la idea de que incorporar información estandarizada en los procesos y requisitos para intercambios de información mejora la precisión y fiabilidad de la evaluación comercial temprana en proyectos de madera industrializada.

28. **Modelización y análisis de la función estructural de la zapata en entramados de madera tradicionales**

David Blanco^{a,b,c}, Andrés Lyond^{e,f}, Miguel Esteban^f
^a Grado en Ciencia y Tecnología de la Edificación, Universidad de Alcalá, Edificio Multidepartamental, c/ de Cifuentes, 28, 19001, Guadalajara, Guadalajara, Castilla-La Mancha, España. ^b Máster Universitario en Gestión Integral de Inmuebles y Servicios en el Patrimonio Arquitectónico, Universidad de Alcalá, Edificio Multidepartamental, c/de Cifuentes, 28, 19001, Guadalajara, Guadalajara, Castilla-La Mancha, España. ^c Máster en Construcción con Madera, Universidad Politécnica de Madrid, c/José Antonio Novais, 10, 28040, Madrid, Comunidad de Madrid, España. ^d Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, avda. Vicuña Mackenna, 4860, Santiago, Chile. ^e Major en Ingeniería Matemática, Pontificia Universidad Católica de Chile, avda. Vicuña Mackenna, 4860, Santiago, Chile. ^f Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid, c/José Antonio Novais, 10, 28040 Madrid, España.
david.blancot@alumnos.upm.es - andres.lyon@alumnos.upm.es

Palabras clave: Madera; Construcción tradicional; Entramados; Zapata; MEF.

En la tradición constructiva española es común la presencia de zapatas (pieza de madera entre pilar y viga) en la construcción de muros de entramado y en corredores exteriores tipo “corrala”. Además de ser un elemento estético, una de sus funciones es sostener y calzar vigas articuladas por empalme. Por otro lado, pretende acortar la luz efectiva de la viga que sostiene, reducir la flecha y minimizar el fenómeno de punzado del pilar sobre la viga. Este trabajo tiene como objetivo estudiar cuantitativamente estos efectos y proponer una guía de diseño y cálculo de zapatas, aplicada esencialmente al campo de la edificación y rehabilitación de este tipo de estructuras.

La metodología utilizada se basa en tres estrategias paralelas: descripción de los parámetros que rigen el comportamiento estructural de la zapata, tanto a efectos de compresión perpendicular, como de disminución de la flecha (geometría, esbelteces, especie de madera, presencia de simetría, situación del corte de la viga y tipo de unión); modelización mediante elementos finitos (MEF) en el software RFEM como centro de la cuantificación del comportamiento estructural; y consideración de diversas situaciones de cálculo típicas (ELS y ELU). La unión de las estrategias constituye un conjunto de modelos, que son validados mediante maquetas a escala y representan de forma realista el funcionamiento estructural de la zapata.

Lo estudiado concluye que la incorporación de zapatas en los entramados tradicionales de madera, además de facilitar el relevo o empalme, mejora el comportamiento de las vigas frente a flexión, lo que da lugar a reducciones de flecha considerables en la mayoría de los casos. A efectos de diseño, se resalta también la capacidad de optimizar su comportamiento estructural.

29. El corcho como material de construcción

Enrique Torres Álvarez^a
^a Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva.
Campus Universitario del Carmen, 21007 Huelva.
etorres@uhu.es

Palabras clave: aislamiento térmico, aislamiento acústico, aislamiento antivibrático, suberina, alcornoque, *Quercus suber L.*

El corcho es la corteza del alcornoque (*Quercus suber L.*), una especie forestal que se extiende de manera natural por la cuenca del Mediterráneo occidental, ocupando unas 2.000.000 ha. Se trata de un producto forestal no maderable cuya principal aplicación es el vedamiento de vinos. De modo complementario a la industria taponera surgen las aplicaciones del corcho como material de construcción. En esta comunicación se describe la estructura celular y la composición química de la pared celular de las células de corcho, en las que predomina la suberina. A partir de dicha estructura y composición deducen las propiedades físico-mecánicas del corcho, entre las que destaca su baja densidad (en torno a 200 kg/m3), su elasticidad (en concreto su alta resistencia a compresión) y su durabilidad, propiedades que encuentran diversas aplicaciones en el ámbito de la construcción.

Tras una ligera transformación, la industria corchera da lugar a diversos productos como corcho natural en plancha, aglomerado puro o negro, aglomerado compuesto (con colas naturales) y aglomerados mixtos con otros componentes. Cada uno de estos productos puede tener diferentes aplicaciones en la construcción, principalmente como material aislante, en el ámbito térmico, acústico y/o antivibrático. El corcho puede utilizarse en planchas de determinadas dimensiones o como corcho proyectado, para rehabilitación energética de edificios, como Sistema de Aislamiento Térmico Exterior SATE o en obra nueva. También puede utilizarse eficazmente en juntas de expansión de otros materiales como el hormigón. De su elevada resistencia a compresión se deduce su capacidad como aislante antivibrático, tanto en tapetes o bases que evitan que las vibraciones de la maquinaria afecten a la estructura de los edificios, como en apoyos simples de sistemas viga-pilar.

Los materiales de corcho no solo cumplen adecuadamente con su comportamiento esperado como material de construcción, sino que cabe añadirle numerosos valores económicos, ecológicos y sociales, a los que se suma la capacidad de regeneración de la materia prima en el medio natural, lo que asegura la sostenibilidad del recurso.

30. Madera de chopo aplicada al proyecto

Miguel Martínez^a, Ignacio de Teresa^a, Rocío López^a, Mario Sánchez^a, Jaime Vergara^a y Adelaida Martín^a
^a Universidad de Granada. Avda. del Hospicio, s/n, C.P. 18010 Granada, España.
mmartinezmonedero@go.ugr.es

Palabras clave: Chopo, estructura, proyecto, viga, MCLamBs, pilar.

Se presentan varios proyectos en los que se utiliza la madera de chopo como elemento estructural, partiendo de la investigación llevada a cabo por la Universidad de Granada y el proyecto Life Wood For Future. La madera de chopo está actualmente en proceso de desarrollo en la provincia de Granada, con el objetivo de analizar su capacidad estructural formando parte integrante de elementos constructivos, como vigas laminadas, o forjados mixtos de madera y hormigón. Se quiere con ello sacar el máximo partido a la madera local, que actualmente es infrautilizada, fortaleciendo con ello el tejido agrícola e industrial de la provincia y favoreciendo el cultivo de choperas en el entorno de la vega de Granada.

Desde la UGR, y a través del grupo de investigación PAPAC (Proyecto Arquitectónico y Patrimonio Cultural: HUM-1056), se están aplicando estos avances en madera de chopo a varios proyectos, que tienen a su vez como objetivo detectar posibles nuevos usos, orientando la investigación y demandando nuevos estudios. Esto ha llevado a calcular los primeros pilares de chopo, a generar modelos de utilidad para detalles constructivos como el apoyo de vigas laminadas sobre pilares circulares, o a desarrollar sistemas industrializados para vivienda modular. Los proyectos reales forman por ello un importante complemento a la investigación en laboratorio, y suponen un último paso en el proceso de cultivo, producción y aplicación en arquitectura de la madera de chopo.

33. BUOs como proyecto demostrativo de la industria forestal

Cecilia López Muiños^a, Juan José Otero Vázquez^a, Luis Ángel López Gómez^a
^a Muiños Otero López Arquitectura, www.molarquitectura.com Rúa Liberdade 31_Ourense_32.005.
info@molarquitectura.com

Palabras clave: madera, sostenibilidad, lignocelulósico, trazabilidad forestal, kilómetro cero.

Se ejecutan tres bases forestales, BUOs, Muiños, Mondoñedo y Rianxo como espacios dedicados a la defensa del monte, pero también como muestra de la capacidad de la industria forestal gallega. Se trata de generar un contenedor de servicios de protección forestal, que funcionen como nodo interconector de todos los agentes participantes en ésta labor, conciliando el descanso y trabajo de los brigadistas, pero sin olvidar la integración en entornos tan sensibles.

Para minimizar el impacto de las edificaciones, se opta por fragmentar su volumen, en dos o tres cuerpos diferenciados, uno de ellos abierto.
Las estructuras se ejecutan en Pino de Galicia, bien con paneles CLT, bien con entramado ligero de madera laminada, complementándose con fachadas ventiladas exteriores en Pino de Galicia, termotratado en algunas zonas, y con tratamiento Shou Sugi Ban, y posterior aplicación de fijador transparente.

Para los aislamientos, además de paneles de corcho aglomerado, se emplea aislamiento de fibra de madera insuflada, y paneles de espumas de taninos, procedentes de la corteza del pino, siendo los revestimientos interiores de tableros OSB, entablados de madera de pino termotratada, y tableros con acabado HPL, siendo los falsos techos, y pavimentos de entreplanta de pino gallego.

Además, se diseñó todo el mobiliario con estructura de madera de pino y tableros compactos HPL. El objetivo fundamental fue articular toda la ejecución con soluciones constructivas basadas en la madera local.

Como conclusiones, podemos asegurar que la industria forestal local, permitió la ejecución de los sistemas constructivos lignocelulósicos, con unha huella de carbono negativa, con un análisis del ciclo de vida, certificado a través de un sistema de trazabilidad forestal, y lo más importante, todo ello transmitiendo el valor a la cadena forestal local.

34. Diseño y prefabricación de infraestructura de protección de madera natural sin tratamientos

Cristina Ouzande Lugo^a, Cristina Ezcurra de la Iglesia^a
^a Ezcurra e Ouzande arquitectura s.l.p. Rúa do Vilar nº 23-2º. 15705 Santiago de Compostela.
info@ezcurraouzande.com

Palabras clave: Infraestructura espacio público. Madera natural. Prefabricación.

La corta durabilidad de las infraestructuras de madera en entornos naturales —costa, bosques...— ha llevado a asumir la necesidad de su frecuente renovación parcial o completa.

El objetivo de este trabajo ha sido conseguir, mediante el diseño y la elección de la especie de madera adecuada, prolongar la vida útil de estos elementos y eliminar tratamientos químicos.

En este caso, se ha desarrollado una barandilla modular de madera de castaño. En la solución se ha empleado madera autóctona cultivada localmente, cuyas características técnicas y durabilidad la hacen adecuada para su instalación a la intemperie en cualquier ambiente.

El diseño utiliza piezas de pequeña escuadría en elementos verticales (madera seca) y mayores secciones para los elementos horizontales como pasamanos y travesaño desplazado (suministrados verdes). Se evitan planos horizontales incorporando caídas para favorecer la escorrentía. Se eliminan también el contacto con el terreno y los encuentros madera-madera, colocando arandelas de teflón entre piezas.

Para el ensamblaje se ha utilizado tornillería de acero inoxidable de altas prestaciones y se han diseñado herrajes del mismo material. Se prefabrica por módulos en taller y su concepción permite el reemplazo por piezas. Su robustez consigue la resistencia estructural necesaria y normativa.

Se han tenido en cuenta en la selección de la madera la existencia de médula y los anillos, minimizando su incidencia en las piezas con la posición en el montaje.

Las condiciones climáticas de nuestra comunidad, Galicia —temperaturas suaves y humedad alta— favorecen una aclimatación progresiva, reduciendo la aparición de fendas.

El duramen de castaño, según la norma UNE-EN 350-2, es durable frente a hongos (clasificación 2), no impregnable, con buena resistencia a los xilófagos y estable dimensionalmente. Se trata de una madera adecuada para clases de uso de la 1 a la 4 (UNE-EN 335-2).

35. Construir con madera: seguridad, eficiencia y sostenibilidad

María Mora^a
^a Senior Associate, Arquitecta COAS. Michael Green Architecture.
maria@mg-architecture.ca

Palabras clave: madera técnica, diseño arquitectónico, durabilidad, herramientas de control, resiliencia.

En los últimos años, la madera ha vuelto a situarse como un material protagonista en la arquitectura contemporánea en España. Su uso estructural genera interés por sus amplios beneficios ambientales, técnicos, sensoriales y estéticos, pero su implementación conlleva desafíos que requieren conocimiento y herramientas específicas para proyectar y construir con garantías.

La presentación pretende compartir experiencias y aprendizajes acumulados en proyectos en madera realizados en Norteamérica y el norte de Europa. Se abordarán estrategias concretas para garantizar estructuras seguras, eficientes y durables, desde el diseño hasta la ejecución en obra. Entre las herramientas clave se encuentran:

- Diseño: selección de sistemas constructivos, envolventes y eficiencia energética
- Medida: aplicación de Análisis del Ciclo de Vida (LCA) para cuantificar impacto ambiental, uso de sensores y datos en obra.
- Control: planes de gestión de humedad y protocolos preventivos.

Se expondrán casos reales donde estas herramientas han sido empleadas para asegurar la longevidad y el rendimiento de los edificios. A través de esta mirada práctica, se demuestra que la sostenibilidad en madera no depende solo del material, sino de cómo se diseña, se construye y se mantiene.

El objetivo es compartir una base clara de criterios y recursos que permitan a los diferentes agentes incorporar la madera de forma segura y eficaz, contribuyendo a una construcción más responsable y duradera.

36. Análisis estructural de cajones de madera de pino y chopo

Esteban Hernández Salazar^a
^a Universidad de Granada, Granada.
ehernandezs@correo.ugr.es

En el presente trabajo se realizó una caracterización de las alternativas de cajones de madera para uso como cubierta en el mercado actual, esto con el objetivo de analizar y compararlas, para posteriormente diseñar un elemento que presente un comportamiento estructural correcto y pesos similares utilizando materiales locales.

Para ello se inició con un estudio que evaluó las características de la madera de chopo y pino y el gran potencial inexplorado que podría tener la primera al ser utilizada como madera estructural, presentando grandes extensiones de zonas potencialmente viables para su cultivo, rápido crecimiento y gran capacidad de reproducción. Seguidamente se realizó una investigación detallada de las empresas productoras de elementos viga cajón de madera que actualmente dominan el mercado, se analizó las luces máximas salvadas, cargas máximas y geometría de las distintas alternativas.

Posterior a esto se realiza el diseño de la alternativa propia y modela en un software de elementos finitos para comparar el rendimiento estructural de la alternativa propuesta con las existentes en el mercado. Se realizaron comparaciones de su comportamiento frente al estado limite último (ELU) como la carga máxima de fallo, el comportamiento estructural de los elementos frente a tensiones cortantes y normales, y a su vez del estado límite de servicio (ELS) se evaluaron los desplazamientos.

A partir de la evidencia recolectada se establece la tensión rasante como el parámetro critico de resistencia de las vigas cajón, resaltando la importancia de las uniones eficientes entre elementos. Sumado a esto se considera que el diseño establecido cumple satisfactoriamente lo parámetros estructurales de ELU y ELS y se aconseja continuar fomentando la utilización de madera local de chopo como material estructural en la construcción.

37. Comportamiento de productos derivados del bambú sometidos a ciclos de envejecimiento acelerado

Alina Avellaneda^a, Laia Haurie^a, María Pilar Giraldo^b, Ana M. Lacasta^a
^a Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB), Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Doctor Marañon 44, Barcelona 08028. ^b Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Crta. de St. Llorenç de Morunys, km 2, Solsona 25280. alina.avellaneda@upc.edu

Palabras clave: bambú, colorimetría, durabilidad, envejecimiento acelerado.

El uso del bambú como material de construcción ofrece beneficios tanto a nivel ambiental, gracias a su rápido crecimiento y a su capacidad de absorción de CO₂, estructural, por su elevada resistencia a tracción y elasticidad, y económico, sobre todo en las regiones donde abunda.

La fabricación de productos derivados del bambú ha supuesto mejoras significativas respecto al bambú natural en cuanto a durabilidad, resistencia, versatilidad en diseño y reduciendo el desperdicio de material.

Este trabajo tiene por objetivo mostrar los resultados obtenidos a partir de la realización de ensayos de envejecimiento acelerado realizados en cuatro muestras de productos de bambú de *dasso Group*, de la gama *dassoCTECH*, destinados a aplicaciones en tarimas exteriores y revestimientos de fachadas y techos; dos de ellos en crudo y los otros dos con recubrimientos de protección.

Los ensayos se han desarrollado en una cámara de envejecimiento QUV bajo condiciones controladas, siguiendo el procedimiento de la norma ISO UNE-EN 927-6, simulando la exposición prolongada a factores ambientales como condensación, radiación UV, humedad por medio de rociadores y ciclos de secado.

Las muestras fueron sometidas a diferentes ciclos de envejecimiento acelerado durante cuatro semanas y se ha analizado la variación de color, el aspecto visual y la pérdida de masa.

Los resultados evidencian una pérdida de masa en todas las muestras envejecidas, mayor conforme aumenta el tiempo de exposición en la cámara de envejecimiento, así como una disminución del valor L* (oscurecimiento), lo que provoca un mayor contraste entre las fibras. En cuanto al aspecto visual, en las muestras envejecidas no se aprecian deformaciones ni fisuras significativas.

38. Influencia de la exposición en cámara de envejecimiento acelerado sobre el color y la reacción al fuego en siete especies de madera

Alina Avellaneda^a, Laia Haurie^a, María Pilar Giraldo^b, Ana M. Lacasta^a
^a Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB), Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Doctor Marañon 44, Barcelona 08028. ^b Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Crta. de St. Llorenç de Morunys, km 2, Solsona 25280. alina.avellaneda@upc.edu

Palabras clave: durabilidad de la madera, envejecimiento acelerado, reacción al fuego, ciclos de envejecimiento.

La durabilidad de la madera suele asociarse con las maderas duras y tropicales debido a su densidad, dureza y composición, ya que sus compuestos extractivos favorecen la resistencia a la degradación por agentes bióticos y abióticos. No obstante, algunas especies de maderas blandas resinosas ofrecen una resistencia a la degradación superior a la media, haciéndolas aptas para su uso como revestimiento de fachadas.

El objetivo de este estudio es evaluar la degradación causada por la exposición a los agentes atmosféricos a lo largo del tiempo, así como su influencia en el comportamiento al fuego en siete especies de madera con diferentes clases de durabilidad, según la clasificación de la norma UNE-EN 350:2016. Las especies de madera seleccionadas fueron acacia (Robinia pseudoacacia), alerce (Larix decidua), castaño (Castanea sativa), pino negro (Pinus uncinata), pino radiata (Pinus radiata), pino rojo (Pinus sylvestris) y paulownia (Paulownia tomentosa).

Las muestras de cada especie se sometieron a la exposición en cámara de envejecimiento acelerado durante cuatro semanas, siguiendo un protocolo basado en la norma UNE-EN 927-6:2019, simulando el efecto de los agentes atmosféricos por medio de ciclos semanales que combinan condensación, radiación ultravioleta y rociado de agua. Para analizar la incidencia del envejecimiento acelerado se evaluó la variación del color y la aparición de deformaciones, grietas y pérdida de masa en las muestras. También se realizaron ensayos de reacción al fuego para analizar el comportamiento de las especies en cada ciclo de exposición.

Los resultados indicaron que la exposición en la cámara de envejecimiento acelerado influye significativamente en la reacción al fuego de la superficie de la madera, especialmente en maderas blandas con una durabilidad natural media y baja. Además, la rugosidad y las grietas superficiales dificultan la extinción de la llama. Por otro lado, el alerce demostró tener una buena resistencia a la degradación y un buen comportamiento al fuego.

39. El rol de los residuos vegetales y los bio-aglutinantes en las propiedades térmicas y acústicas de los bio-compuestos

Brenda Arias-Cárdenas^a, Ana M. Lacasta^a, Laia Haurie^a
^aDepartment of Architectural Technology, Barcelona School of Building Construction, Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Doctor Marañon 44, Barcelona 08028, Spain.
Brenda.arias@upc.edu

Palabras clave: materiales sostenibles, aglutinantes naturales, rendimiento térmico, propiedades acústicas, residuos agrícolas.

La creciente necesidad de materiales de construcción sostenibles ha generado un aumento del interés en los compuestos de origen biológico derivados de residuos vegetales. Este estudio explora la viabilidad de tres residuos agrícolas (cáscara de arroz, paja de arroz y tallos de girasol) y la planta marina Posidonia oceánica como materiales de construcción ligeros y sostenibles. Para mantener la consistencia ecológica, se emplearon dos aglutinantes naturales (goma arábica y goma xantana) para desarrollar muestras de bio-compuestos. Las muestras se sometieron a ensayos de conductividad térmica, de resistencia al flujo de aire y de absorción acústica para caracterizar sus propiedades. La investigación se centra en comparar cómo el material y el tipo de aglutinante influyen en estas propiedades, examinando si existen variaciones significativas derivadas de alguno de estos factores.

Los resultados preliminares demuestran que tanto la elección del residuo vegetal como la del aglutinante son factores altamente influyentes. En particular, un mismo material presenta comportamientos distintos al combinarse con diferentes aglutinantes, mientras que aglutinantes idénticos producen tendencias diferenciadas según el material vegetal. Estos hallazgos subrayan la necesidad de optimizar las combinaciones entre material y aglutinante para alcanzar las propiedades térmicas o acústicas deseadas. El estudio pone de relieve el potencial de los compuestos basados en residuos vegetales en la construcción sostenible, enfatizando la interacción entre la composición del material y su rendimiento. Se requiere un análisis más detallado para esclarecer los mecanismos que impulsan estas variaciones observadas.

40. Hacia un nuevo concepto de estructuras laminares reticulares de madera

A.J. Lara-Bocanegra^a, C. Martínez-Criado^a, A. Roig a, A. Majano-Majano^a
^a Departamento de Estructuras y Física de Edificación, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Avda. Juan de Herrera, 4, 28040 Madrid, España.
antoniojose.larapm.es

Palabras clave: Eucalipto, LVL, uniones carpinteras, CNC, flexión activa, fabricación digital, estructuras ligeras.

En este trabajo se presenta un concepto innovador para el diseño y construcción de láminas reticulares de madera, que combina las ventajas de la flexión activa, las uniones carpinteras y la fabricación digital, utilizando un nuevo microlaminado (LVL) de *Eucalyptus globulus* L., el cual permite un proceso de curvado rápido y en seco.

La investigación se centra en las propiedades mecánicas del material, el sistema de conexión y las estrategias de mallado, explorando y discutiendo cada uno de estos aspectos en relación con estructuras laminares reticulares de madera existentes. La capacidad de curvado del nuevo LVL se evalúa mediante ensayos de flexión de tabla. A continuación, se presenta un concepto conexión innovador, que integra la unión nodal y el sistema multicapa, a través de un diseño de unión carpintería realizada mediante CNC, que unifica solución estructural, apariencia estética y posibilidad de montaje y desmontaje. Finalmente, se presentan algunos métodos para generar patrones ortogonales, compatibles con la solución de unión planteada, y se muestran varios prototipos realizados con el concepto propuesto. Los resultados muestran que el LVL de *Eucalyptus globulus* posee propiedades mecánicas muy superiores a las de otros productos estructurales disponibles en el mercado europeo, permitiendo radios de curvado menores con un módulo de elasticidad notablemente superior. La realización exitosa de prototipos a varias escalas demuestra la viabilidad del concepto y pone de manifiesto el gran potencial de este novedoso enfoque para la construcción de estructuras laminares reticulares de madera.

41. La breve historia del puente de madera sobre el río Duratón, en Peñafiel

Alfonso Lozano^a, Julio Vivas^b, David Lorenzo^c, Felipe Álvarez^d, Mar Alonso^e, Marcos Braña^f
^a Universidad de Oviedo, EPI de Gijón. Edificio Oeste nº7. Campus de Gijón, 33203 Gijón (Asturias). ^b Media Madera Ingenieros Consultores, Polígono Industrial de Tabaza II, Parcela 16 (Asturias). ^c ALTIM, calle De la Flora, 3-2º derecha, 28013 Madrid. ^d Universidad de Oviedo, EPI de Gijón. Edificio Oeste nº7. Campus de Gijón, 33203 Gijón (Asturias). ^e Universidad de Oviedo, EPI de Gijón. Edificio Oeste nº7. Campus de Gijón, 33203 Gijón (Asturias). ^f Universidad de Oviedo, EPI de Gijón. Edificio Oeste nº7. Campus de Gijón, 33203 Gijón (Asturias).
alozano@uniovi.es

Palabras clave: puente, deformaciones, vibraciones, degradaciones, desmontaje.

En el año 2012 finalizó el montaje de un puente peatonal de madera laminada sobre el río Duratón (Valladolid, España), que conectaba el centro urbano de Peñafiel con la colina donde se ubica su famoso castillo.

La estructura se diseño en dos tramos: el primero era del tipo tablero suspendido, con dos arcos de 50 m de luz; y a continuación otro recto, de similar longitud, soportado por tres pilas de hormigón.

Poco después de su inauguración, se detectaron algunas inclinaciones en sus arcos, además de otros defectos de menor entidad, como fendas, delaminaciones y fallos en el encolado de las láminas.

Con el paso de los años, las deformaciones aumentaron, al igual que la degradación de los arcos y vigas. Además, bajo ciertas cargas, las vibraciones comenzaron a ser preocupantes.

Dada esta situación de inseguridad, en 2018 el Ayuntamiento de Peñafiel ordenó el apeo de la estructura; y poco después se procedió a su desmontaje.

En 2020 se construyó un nuevo puente, de características similares, pero con un diseño y cálculo adecuados a las acciones previstas en el proyecto.

La ponencia describe el puente original, así como el progresivo deterioro que sufrió a lo largo de los cinco años siguientes a su montaje. Después analiza el tipo de fallo y las posibles causas que obligaron a la sustitución de esta estructura.

42. Evaluación del potencial de la madera de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) termotratada para aplicaciones tecnológicas

Silvia Gómez Fernández^a, Mario Azaña Galán^a, Gonzalo Caballé^a, José Luis Villanueva Hernández^a
^a Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (cesefor). Pol. Ind. Las Casas, Calle C, 42005, Soria.
silvia.gomez@cesefor.com

Palabras clave: termotratamiento, *Pinus sylvestris*, EWP, propiedades mecánicas.

El termotratamiento supone una alternativa interesante a los tratamientos químicos para el aumento de la durabilidad de la madera, pero es sabido que supone una reducción de sus propiedades mecánicas. Este trabajo tiene como objetivo evaluar si la madera de pino albar con clases resistentes elevadas (C30) puede mantener propiedades suficientes tras el termotratamiento convectivo a 190°C y 212°C para su posible incorporación en productos tecnológicos de madera (EWP), comparándola además con madera C18 tratada en idénticas condiciones.

La metodología empleada se basa en la comparación de muestras procedentes de los mismos tablones de origen, a través de una amplia serie de ensayos físico-mecánicos (medición de frecuencia de vibración longitudinal, ensayo a flexión en tramo elástico, ensayo destructivo a flexión, rigidez, higroscopicidad, estabilidad dimensional y geométrica tras acondicionado en cámara climática) empleando equipos homologados de medición y siguiendo la normativa aplicable. Paralelamente, se estudia la absorción superficial y el ángulo de contacto como posibles indicadores de su capacidad de encolado.

Los ensayos mecánicos mostraron una elevada relación lineal entre el módulo de elasticidad dinámico y el módulo de elasticidad a flexión en las probetas C18 sometidas a 190°C (R²=0,77). El valor R² apunta a que el módulo de elasticidad dinámico tras el termotratamiento a 212°C podría ser adecuado para estimar el valor de la resistencia a flexión de la madera termotratada en la clase resistentes C18. La densidad disminuye de media un 1,2% al termotratar a 190°C y un 4,2% al termotratar a 212°C. Respecto a la estabilidad dimensional, la madera termotratada mostró mejoras notables, especialmente la eficacia anti retracción en la dirección tangencial, con menor deformación de los grupos termotratados a 190°C y a 212°C frente al grupo control.

43. Evaluación de sistemas de bloqueo de taninos en productos de madera para su uso en exterior

Isabel Fernández^a, Oliva Fernández^a, Soledad Rodríguez^a, Amelia González^a
^a Fundación CETEMAS, Pumarabule s/n, Carbayín, Asturias.
srodriguez@cetemas.es

Palabras clave: madera de castaño, compuestos fenólicos, agente bloqueante, agente secuestrador.

La madera de castaño es rica en taninos, compuestos fenólicos que le confieren una gran resistencia a la podredumbre (exterior) y los xilófagos (interior). Los taninos proporcionan una elevada durabilidad natural, pero al mismo tiempo pueden ocasionar manchas en la superficie de la madera. Su aparición comienza tras la humidificación de la madera, generando la disolución de los taninos y afloramiento a la superficie, donde su oxidación, por la exposición de al aire, y su ennegrecimiento origina las manchas. Dadas las condiciones necesarias para este fenómeno, los taninos son menos abundantes cuanto más seca está la madera y reducen su aparición cuanto menos expuesta se encuentre a la humedad e intemperie. El mercado ofrece diversos productos destinados a combatir los efectos de la exudación de taninos en estas especies de madera, actuando bajo diferentes mecanismos. Este trabajo presenta los resultados de un screening de productos comerciales para tratamiento anti-tanino de la madera de castaño para su uso en exterior. Se evalúan diferentes sistemas de bloqueo tánico mediante la aplicación de acabados superficiales en productos de madera, previo a su puesta en servicio en exterior, a través de ensayos de envejecimiento natural y acelerado en cámaras de exposición, que permiten simular diferentes condiciones climáticas. Los resultados obtenidos muestran que aquellos productos en base acuosa presentan un mejor comportamiento y que el análisis de dichos productos debe realizarse no sólo por su naturaleza, aplicación y condiciones del sustrato sobre el que se aplica, sino de las condiciones finales de servicio, ya que pueden tener un gran impacto sobre los mismos, el cual es puramente estético. Este estudio, somete todos los productos a idénticas condiciones, permitiendo compararlos y proporcionando un ranking de comportamiento.

44. Proyecto Pegollu- Almacén d’Horros del Principado de Asturias: conservación del patrimonio cultural y sostenibilidad

Elena Pérez^a, Estefanía Sánchez^b, Fernando Mora^c, Soledad Rodríguez^a
^a Fundación CETEMAS, Pumarabule s/n, Carbayín, Asturias. ^b Consejería de Cultura, Política Llingüística y Deporte del Principado de Asturias, Calle Eduardo Herrera “Herrerita”, s/n, 1ª planta – Edificio, Oviedo, Asturias. ^c Asociación del Hórreo Asturiano, C/ Bernardo Alfageme, 4, Centro La Baragaña, Planta 3, Asoc 1, Candás, Asturias.
eperez@cetemas.es

Palabras clave: hórreos y paneras, conservación, rehabilitación, patrimonio arquitectónico.

El *Plan del Horru*, impulsado por la Consejería de Cultura, Política Llingüística y Deporte del Principado de Asturias y cuyo primer documento fue presentado en 2023, plantea una serie de medidas que tienen como objetivo proporcionar la información y los análisis necesarios que permitan la adopción de decisiones estratégicas con relación a la conservación y protección de los hórreos, paneras y cabazos de Asturias. Estas construcciones tradicionales, de gran valor arquitectónico, paisajístico, histórico y cultural, se encuentran en una situación de vulnerabilidad debido a la compleja situación demográfica de la provincia y a los cambios sociales y productivos que ha atravesado el medio rural en las últimas décadas. El Eje 3 del Plan, correspondiente a Conservación y Restauración, destaca el proyecto *Pegoyu: almacén d’horros*, orientado al mantenimiento y rehabilitación de los hórreos y paneras asturianos mediante la caracterización, almacenamiento y gestión de piezas reutilizables, procedentes de bienes desmontados para su posterior recuperación, o respecto a los que ya no proceda realizar actuaciones de conservación. El proyecto se desarrolla conjuntamente a la Asociación del Hórreo Asturiano para la gestión del desmontaje y transporte de las estructuras y de la Fundación CETEMAS en recepción, caracterización, inventariación y almacenaje en las instalaciones destinadas al proyecto. Para garantizar la calidad del proceso de recuperación, las piezas son restauradas por carpinteros profesionales acreditados, lo que garantiza la trazabilidad de los elementos, y la máxima calidad y respeto a las técnicas tradicionales de la región.

El presente trabajo tiene como objetivo describir las labores realizadas para la puesta en marcha y gestión del almacén, así como detallar su evolución desde su inicio en febrero de 2023 hasta la actualidad, incluyendo la presentación de los trabajos ya concluidos.

45. Caracterización de puentes peatonales de madera en España mediante análisis modal experimental

Soledad Rodríguez^a, Elena Pérez^a, Pelayo Madrazo^a, Julio Vivas^b, Juan Carlos Santos^b
^a Fundación CETEMAS, Pumarabule s/n, Carbayín, Asturias. ^b Media Madera Ingenieros Consultores, Polígono Industrial Tabaza II nº16, Asturias.
srodriguez@cetemas.es

Palabras clave: puentes y pasarelas, análisis modal experimental, frecuencia natural.

Es una realidad que la construcción de puentes de madera cada vez más largos, complejos y esbeltos está condicionada por su comportamiento dinámico, en el que cada vez tienen mayor relevancia las vibraciones. Desde el año 2009, el Centro Tecnológico Forestal y de la Madera (CETEMAS) y la empresa Media Madera Ingenieros Consultores trabajan de forma conjunta en una línea de investigación sobre puentes y pasarelas peatonales de madera, con el objetivo de generar conocimiento sobre el comportamiento dinámico de distintas tipologías y verificar el cumplimiento de criterios de confort funcionales para vibraciones según diferentes normativas, códigos y recomendaciones técnicas. Así mismo, también se buscaba una alternativa a las tradicionales pruebas de carga estática, que permitiera conocer la capacidad portante de los puentes mediante la aplicación de tecnologías no destructivas.

La metodología de ensayo implementada por CETEMAS para la estimación de las propiedades dinámicas se basa en un análisis modal experimental tradicional (AME) mediante martillo de impacto. Al comienzo de las investigaciones, la gran mayoría de los puentes analizados se correspondían con tipologías sencillas, de fácil simulación teórica y su análisis dinámico experimental podía considerarse de no muy alta complejidad. Así mismo, las luces máximas evaluadas no superaban los 20 metros en la mayoría de los casos. De forma paralela a la especialización y perfeccionamiento en los diseños que se empezaron a realizar, comenzó a cobrar mayor importancia la caracterización dinámica de las estructuras.

Este trabajo tiene como objetivo analizar las ventajas y limitaciones del método de análisis utilizado, así como la evolución de los parámetros modales (frecuencias naturales, formas modales de vibración y amortiguamiento) en los puentes y pasarelas peatonales de madera entre los años 2010-2025, atendiendo factores como su tipología y a su longitud total.

46. Comparación de huella de carbono para un edificio de mediana altura en Madrid, homologación utilizando un diseño

Alberto Gonzalez^a, Víctor Rosales^{b,c} (ca), Miguel Esteban^d, Carmen Avilés^e
^a Máster en Ingeniería de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, C/ José Antonio Novais, 10, 28040 Madrid. España. ^b Doctorando, Universidad Politécnica de Madrid, C/ José Antonio Novais, 10, 28040 Madrid, España. ^c National Excellence Center for Timber Industry (CENAMAD), Pontifical Catholic University of Chile, Avenida Vicuña Mackenna 4860, Santiago, 7820436, Chile. ^d Departamento de Ingeniería de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural – Universidad Politécnica de Madrid-UPM, C/ José Antonio Novais, 10, 28040 Madrid, España. ^e Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural – Universidad Politécnica de Madrid-UPM, C/ José Antonio Novais, 10, 28040 Madrid, España.
E-mail victor.rosales@alumnos.upm.es

Palabras clave: CLT; huella de carbono.

El uso de la madera en la construcción, especialmente el CLT (Cross Laminated Timber), está en auge debido a la crisis climática actual y el reconocimiento ambiental del sistema constructivo. El presente trabajo ha sido desarrollado con el fin de obtener la huella de carbono de los elementos constructivos de un edificio de madera en CLT, con 5 plantas localizado en la ciudad de Madrid - España, considerando la comparativa con un diseño homólogo en hormigón armado. Las emisiones de carbono embebido han sido evaluadas en las etapas del ciclo de vida de la A1-A5, de acuerdo a norma EN15978.

El marco y enfoque de este trabajo fueron desarrollados sobre los elementos estructurales como muros, forjados y cubiertas. La mayor parte del consumo de recursos y energía durante las fases de construcción del edificio está ligado exclusivamente a los componentes estructurales mencionados anteriormente. Con los resultados obtenidos y, realizando una comparación simulada, el edificio en CLT supone una reducción del 80% de las emisiones totales de CO₂ equivalente a la atmósfera, respecto al edificio en hormigón armado.

El edificio en CLT resulta con mejor desempeño ambiental que su homólogo en hormigón armado en todas las etapas del ciclo de vida analizadas y, las fases de mayor ventaja en emisión de CO₂ eq. del edificio de CLT, corresponden a la A1-A3 y en el transporte de elementos (A4). Con esto se busca contribuir a incentivar las prácticas de construcción con CLT en el contexto de la sostenibilidad en edificaciones con madera, y conocer áreas de mejora en el carbono embebido que permitan optimizar aún más el sistema constructivo.

47. Aproximación en el desarrollo de un producto de recuperación para excedentes de placas de CLT: Prototipo de pasarela peatonal

Víctor Rosalesa^b (ca), Camila Arevalo^c, Claudio Montero^d, Gerardo Saelzer^a, Alan Jara-Cisterna^{e,b}
^a Departamento de Ciencias de la Construcción, Universidad del Bío-Bío, Av. Collao 1202, Concepción, 4081112, Chile. ^b Doctorando, Universidad Politécnica de Madrid, C/ José Antonio Novais, 10, 28040 Madrid, España. ^c Centro de Investigación en Tecnología de la Construcción (CITEC), Av. Collao 1202, Concepción, 4030000, Chile. ^d Wood Design & Technology Laboratory, Universidad del Bío-Bío, Concepción 4051381, Chile. ^e Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío, Av. Collao 1202, Concepción, 4081112, Chile.
^ovrosaleg@ubiobio.cl

Palabras clave: CLT; economía circular; puentes de madera; huella de carbono.

La producción de paneles de madera contralaminada CLT (Cross Laminated Timber), se encuentra en continuo crecimiento, debido a su amplia aplicación en obras constructivas. El presente trabajo ha sido realizado con la finalidad de desarrollar, a nivel de laboratorio, un producto de recuperación que aproveche los excedentes de paneles de CLT generados en las plantas de procesamiento. Específicamente, se busca utilizarlos en una tipología en arco para puentes o pasarelas de madera, promoviendo beneficios tanto económicos como ambientales, al reducir la huella de carbono.

Se ha diseñado una propuesta estructural en arco para pasarelas peatonales, que permiten el uso de secciones menores de paneles de CLT, para conformar una estructura resistente y factible de ser utilizado en luces de hasta 12 metros. Los ensayos mecánicos a pequeña escala, en una primera etapa, muestran una alta dependencia con la tolerancia de los cortes de las piezas para esta configuración, un aspecto ajustado en pruebas posteriores, nos permitió mejorar los resultados mecánicos obtenidos.

El producto desarrollado busca abordar dos problemáticas: 1. El reemplazo de madera aserrada de gran escuadría y 2. El aprovechamiento de paneles de CLT recuperados, promoviendo la reducción de desperdicios bajo los principios de una economía circular; además el empleo de pequeñas secciones facilita la preservación de los elementos con métodos tradicionales, especialmente para condiciones de servicio desfavorable para la este tipo de estructuras.

La presente iniciativa permitió configurar inicialmente un diseño que integra recuperación, resistencia estructural y facilidad de montaje. Los resultados sugieren que es posible seguir avanzando en su desarrollo, evaluar propiedades mecánicas bajo condiciones de servicio para este tipo de estructuras y aumentar el rendimiento económico y ambiental para plantas productoras de CLT.

48. De lo vernáculo a lo contemporáneo: análisis estructural de sistemas mixtos de tapia y madera

A. Blanca-Hoyos^a, R.A. Castro^a, I. Arto^b, F. Ávila^c, R. Gallego^a, E. Puertas^a
^a Universidad de Granada, Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Campus de Fuentenueva, Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible (SES-Lab). ^b Universidad de Granada, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, ETSI de Edificación; ^cUniversidad Politécnica de Valencia. Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras.
epuertas@ugr.es

Palabras clave: Tapia, madera estructural, arquitectura vernácula, elementos finitos.

Los sistemas constructivos mixtos que combinan muros de tapia con elementos estructurales de madera forman parte del patrimonio vernáculo en numerosas regiones del mundo, incluyendo la península Ibérica, Francia, el Magreb, Asia Central y América Latina. A pesar de su uso histórico extendido, el comportamiento estructural conjunto de estos materiales ha sido escasamente estudiado, lo que limita tanto su conservación como su proyección hacia arquitecturas contemporáneas sostenibles.

Este trabajo presenta una aproximación metodológica para el análisis estructural de sistemas mixtos tapia-madera empleando elementos finitos. Se plantea una estrategia de modelización progresiva que parte de formulaciones constitutivas simplificadas para ambos materiales y avanza hacia modelos más complejos que incorporen anisotropía o condiciones de contacto. Se consideran tipologías documentadas en el sur peninsular, con especial atención a su respuesta estructural bajo cargas horizontales y combinadas.

Los primeros resultados apuntan la influencia de la rigidez relativa entre materiales, la relevancia del acoplamiento mecánico en juntas y la capacidad del sistema para disipar energía en escenarios sísmicos de baja intensidad. Se concluye que estas configuraciones estructurales presentan un potencial significativo para su reinterpretación actual y se subraya la necesidad de futuras validaciones experimentales y calibraciones con datos in situ.

49. Intervenciones en el Patrimonio Industrial con Madera en España

Daniel F. Llana^a, Guillermo Íñiguez-González^a, Miguel Esteban^a, Ignacio Bobadilla^a, Francisco Arriaga^a
^a Grupo de Investigación Construcción con Madera, Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. de Montes, Forestal y del Medio Natural, C/ José Antonio Nováis, 10, 28040, Madrid.
danielflana@gmail.com

Palabras clave: Arqueología industrial, estructuras existentes de madera, protección patrimonial, reutilización de madera, técnicas no destructivas.

El patrimonio industrial, que empezó a protegerse en Europa en los años 1960, se ha convertido recientemente en un recurso turístico y cultural, con un aumento exponencial del número de visitantes tras la pandemia de 2020. El uso de la madera en el ámbito industrial se vio desplazado por el acero y el hormigón en los siglos XIX y XX, si bien, en algunas aplicaciones industriales siguió utilizándose por razones de durabilidad o económicas. La mayoría del Patrimonio Industrial con Madera que ha llegado hasta nuestros días ha sido intervenida. Esto ha implicado, en casi la totalidad de los casos, un cambio de uso hacia fines no industriales, como bibliotecas, centros de eventos/culturales, hoteles, instalaciones deportivas, museos, oficinas, paseos, restaurantes, salas de exposiciones, viviendas, etc., perdiendo en la mayoría de casos la maquinaria. En este trabajo se presentan las intervenciones más destacadas realizadas sobre el patrimonio industrial con madera en España, incluyendo dos en las que participó directamente el Grupo de Investigación Construcción con Madera (UPM): El Muelle Cargadero de Mineral de la Compañía Río Tinto en Huelva y el Real Taller de Aserrío de Valsaín. En el caso del muelle cargadero, declarado BIC en 2003, se realizó una intervención utilizando madera de frondosa tropical para utilizarlo como paseo urbano. En el caso del aserradero de Valsaín, declarado BIC en 2022, se intervino la cubierta conservando la mayor cantidad de madera original posible, con una finalidad museística. Además, en el año 2017, ICOMOS publicó los principios para la conservación del patrimonio construido en madera, que deberían aplicarse en las intervenciones que se realizan en el Patrimonio Industrial con Madera.

50. Woodex+: La evolución económica y precisa en la estimación de la densidad y la evaluación de la madera de construcción

Ignacio Bobadilla Maldonado^a, Roberto Martínez López^b, Carlos Taboada de La Fuente^a, Daniel Fernández Llana^a, Miguel Esteban Herrero^a
^a ETSI de Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM, Madrid; ^bEscuela Técnica Superior de Arquitectura. UVA. Valladolid.
i.bobadilla@upm.es

Palabras clave: Densidad, NDT, END, inspección, humedad.

Este trabajo desarrolla y valida la última evolución del dispositivo universal Woodex+, para la extracción de viruta y la estimación semi-destructiva de la densidad y la evaluación de calidad en madera de construcción. El estudio surge ante la necesidad de métodos económicos, precisos, fiables y poco invasivos para la caracterización estructural de la madera.

Woodex+ representa una mejora significativa respecto a prototipos previos, siendo ahora compatible con cualquier tipo de taladradora comercial y permitiendo el uso de diferentes diámetros de broca, además, es más ligero y resistente gracias a su fabricación mediante sinterizado selectivo por láser con materiales como el nailon y el poliuretano termoplástico. El dispositivo fue probado sobre 60 probetas prismáticas de madera de seis especies comerciales (cuatro coníferas y dos frondosas), con un total de 360 extracciones de viruta con brocas de 8, 7 y 6 mm, a diferentes profundidades manteniendo constante el volumen extraído para garantizar la comparabilidad de resultados.

La metodología incluyó el acondicionamiento, extracción y pesaje de virutas, y el análisis estadístico. Los resultados muestran que la densidad estimada a partir del peso de la viruta presenta una alta correlación con la densidad real, alcanzando coeficientes de determinación (R²) superiores al 70% en modelos simples y al 90% en modelos que incorporan la especie como factor, además, se comprobó que la dirección de corte (radial/tangencial) no afecta significativamente la estimación, pero sí el diámetro de la broca, debido a la mayor fragmentación y pérdida de material y de humedad en diámetros menores.

En conclusión, Woodex+ se consolida como una herramienta eficaz, económica y precisa para la estimación de la densidad de la madera en obra, permitiendo la aplicación de modelos estadísticos robustos y transferibles a otras especies dentro del rango analizado

51. Edificio de madera de dos plantas y dos vanos como demostrador practicable a escala para ensayos estáticos y dinámicos

Alberto Izquierdo^a, Alejandro Barrio^a, Juan-José Villacorta^a, Lara del Val^a, Antolín Lorenzana^b, Roberto D. Martínez^c
^a ETS Ing. Telecomunicaciones, Universidad de Valladolid. ^b ETS Ing. Industriales, Universidad de Valladolid. ^c ETS Ing. Agrarias, Universidad de Valladolid.
alberto.izquierdo@uva.es

Palabras clave: Sensorización, Monitorización, Pruebas de carga, Identificación modal.

Con el fin de estudiar la respuesta estática, modal y dinámica ante distintos estados de carga y en condiciones controladas, se trabaja con el esqueleto estructural de un edificio de planta rectangular (5.42 x 3.28 m) y dos alturas (con un total 3.20 m). Se compone de seis pilares, dos forjados de madera laminada CLT (30+20+30 mm) y las correspondientes vigas. Tanto los pilares como las vigas son de madera laminada GL24h, siendo la sección de los pilares 140x140 mm y la de las vigas 140x200 mm. Todos los componentes se unen entre sí mediante los correspondientes tornillos y herrajes. Se completa la estructura con 4 cruces metálicas que arriostran los cuatro recuadros de uno de los diedros en altura.

Al estar construida en el interior de un laboratorio, se reducen las indeterminaciones debidas a condiciones ambientales (temperatura, humedad, viento, tráfico, ...). A pesar de ser de dimensiones reducidas, la estructura puede albergar a varios usuarios, lo que permite estudiar la respuesta de la misma en diferentes condiciones de ocupación. Con el mismo fin, también se pueden disponer hasta 80 masas de 25 kg en distintas ubicaciones de cada forjado, definiendo diferentes escenarios de carga.

En estas condiciones, una vez instalados los sensores y el equipo de registro, se está en disposición de conocer la respuesta ante determinadas excitaciones para cada escenario. Entre otras, se ha usado como fuente de excitación un robot aspirador doméstico, operando en alguna de las plantas. Aplicando los algoritmos de identificación basados en el análisis modal operacional, se pueden extraer estimaciones de los parámetros modales (frecuencias propias, formas modales y amortiguamientos) en cada escenario, habilitando la posibilidad de detectar sobrecargas, cambios estructurales y daños.

52. Viabilidad del uso del chopo en paneles de CLT: paneles monoespecie y multiespecie pino-chopo

Patricia Vallelado-Cordobés^a, Jose-Antonio Balmori^a, Álvaro Magdaleno^b, Milagros Casado^c, Luis-Alfonso Basterra^a
^a ETS Arquitectura, Universidad de Valladolid. ^b ETS Ing. Industriales, Universidad de Valladolid. ^c ETS Ing. Agrarias, Universidad de Valladolid.
pvalledado@uva.es

Palabras clave: CLT, caracterización de madera estructural, MEF, ensayos dinámicos, deformación diferida.

Se presenta el *model updating* de un panel de madera contralaminada (CLT) a partir de una campaña experimental exhaustiva, con ajuste del modelo numérico para reproducir la respuesta estática y dinámica del panel para su uso en proyectos de edificación de madera.

El panel se ensayó como elemento aislado, en tres configuraciones: a) apoyado en sus lados cortos, b) en sus lados largos y c) en cuatro puntos. En cada caso se aplicaron cargas incrementales con discos de acero y se midió la respuesta modal mediante impactos de martillo. A continuación, se integró el panel en una sub-estructura con vigas y pies derechos de madera laminada, realizándose pruebas de carga, esta vez con largas fases de carga constante y de recuperación, para analizar la respuesta diferida. Adicionalmente, se efectuaron ensayos de free-decay antes de cada ciclo de carga para caracterizar el comportamiento modal.

Los resultados experimentales se emplearon para calibrar el modelo de elementos finitos, optimizando el Módulo de Elasticidad y la rigidez de encolado. Se ensayaron cuatro formulaciones: (i) material isótropo con modificadores en cada dirección, (ii) material ortótropo, (iii) modelo multicapa con capas isótropas y (iv) modelo multicapa con capas ortótropas. La comparación de las discrepancias en frecuencias naturales y flechas permitió seleccionar la configuración que mejor reproduce la respuesta estática y dinámica del panel.

La estrategia combinada estático-dinámica permite caracterizar con precisión paneles CLT. El modelo digital obtenido muestra una alta correlación con los datos empíricos obtenidos de los ensayos.

53. Reposición de la caseta de aperos del Parador de San Francisco en la Alhambra de Granada

Virginie Claude Brazille^a, Mikel Cervera Nagore^b, Carlos Benavides de la Fuente^c
^a Arquitecta y Paisajista, virginiabrazille@gmail.com.
^b Ingeniero de Edificación e Ingeniero Acústico, mcervera.1@alumni.unav.es.
^c Ingeniero de Edificación, Iberolam, c.benavides@iberolam.com.

Palabras clave: Arquitectura en madera, vigas laminadas de chopo, madera contralaminada (CLT), Parador de San Francisco, Alhambra, Granada.

Gracias al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea (NextGeneration EU) se elabora el proyecto de ejecución para la actuación de conservación, restauración y puesta en valor del Parador de San Francisco situado en la Alhambra, Granada. Dentro del ámbito de actuación es necesario la rehabilitación de los espacios ajardinados del parador.

Durante la redacción de este proyecto se propone la recuperación de la caseta de aperos situada en los jardines a través de la construcción de un espacio arquitectónico diseñado con madera, haciendo hincapié en la utilización y la promoción de productos de madera autóctona, especialmente el uso de vigas laminadas de chopo procedentes de la Vega de Granada. Se diseña y se calcula una estructura envolvente de madera a través del uso combinado de vigas laminadas de chopo y paneles de madera contralaminada (CLT) revestidos con un sistema de fachada de listones de madera termotratados.

Se consigue construir dentro de un espacio ajardinado histórico un edificio de madera acorde al lenguaje del jardín, en sintonía con él y que logra fusionarse con el paisaje del entorno, minimizando el impacto visual. Se logra la promoción y el uso de nuevos materiales de madera y de los recursos de la zona, junto con el uso de madera natural. Se crea un lugar pedagógico que hace visibles y ayuda en las labores de jardinería, asegurando con la construcción de la nueva caseta de aperos un correcto mantenimiento y participar del equilibrio ecológico de los jardines. Por último, logramos con estas actuaciones reforzar el papel del conjunto monumental de la Alhambra y el Generalife como pulmón del centro de la ciudad de Granada.

54. Evaluación de la capacidad termiticida del quitosano contra *Reticulitermes grassei* Clément

Sara M. Santos^a, María Teresa de Troya-Franco^a, Lee Robertson^a, Luis Acuña-Rello^b, Pablo Martín-Ramos^b, Milagros Casado-Sanz^b, Roberto D. Martínez-López^b, Eleana Spavento^c
^a Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR), Instituto Nacional de Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Ctra. de La Coruña km 7.5, 28040 Madrid, Spain.
^b Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, ETSIIAA, Universidad de Valladolid, Avda. Madrid 44, 34004 Palencia, Spain. ^c Laboratorio de Investigación en Madera, LIMAD, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Diag. 113 N° 469, La Plata B1904, Argentina.
santos@inia.csic.es

Palabras clave: Termitas, nanoplata, quitosano.

Las termitas son insectos que causan graves daños al alimentarse de cualquier elemento que contenga madera, incluyendo tanto madera estructural como productos agrícolas. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia termiticida de los oligómeros de quitosano (COS) y la del compuesto binario formado por nanopartículas de plata (AgNP) y COS, frente a AgNPs cuya eficacia es conocida,

Se evaluaron cinco concentraciones de cada producto. Para determinar sus efectos sobre las termitas, se impregnaron discos de papel de filtro de 5 mm de diámetro (Whatmann grado 4) con 200 µl de cada producto. Posteriormente, se seleccionaron 30 obreras de la colonia de termitas del ICIFOR-INIA-CSIC de *Reticulitermis grassei* Clément y se añadieron a placas Petri de 6 cm de diámetro que contenían arena de mar humedecida y los discos impregnados. Se realizaron 15 repeticiones por concentración. Los controles fueron discos de celulosa sin tratar. La resistencia del papel al daño de las termitas se determinó calculando la tasa de supervivencia de las termitas.

Los resultados obtenidos indican que el quitosano puede tener aplicaciones como termiticida, ofreciendo una alternativa respetuosa con el medio ambiente.

55. Lilu’s House: vivienda, empresa y living lab

Pere Linares^a, Laia Haurie^b, Antonio Ortiz^b, Inma Rodriguez Cantalapiedra^b
^a House Habitat Biopasiva, C/ Sant Miquel 28, Abrera 08630. ^b Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB), Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Doctor Marañon 44, Barcelona 08028.
laia.haurie@upc.edu

Palabras clave: entramado ligero, CLT, passivhaus, monitorización.

Lilu’s House es un edificio de madera certificado Passivhaus plus situado en la provincia de Barcelona a los pies del macizo de Montserrat. Además de ser el primer edificio de madera de Cataluña con esta certificación, lo que hace especial el proyecto Lilu’s House es su triple función como vivienda, sede de la empresa House Habitat Biopasiva y un banco de datos y espacio para la experimentación abierto a los colaboradores del proyecto, entre los cuales se encuentran investigadores de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

El edificio, del arquitecto Oriol Martínez, cuenta con una estructura mixta de entramado ligero de madera y paneles de madera contralaminada (CLT). La consultoría passivhaus Praxis implementó medidas para garantizar el cumplimiento de los criterios passivhaus plus. Entre otros, un consumo de energía por debajo de 45 kWh/m² y una generación de energía renovable superior a 60 kWh/m² al año, lo cual se consigue gracias a la instalación de tejas con placas fotovoltaicas integradas.

El edificio está equipado con sensores que permiten monitorizar las temperaturas, la humedad relativa, el nivel de CO₂ y la presencia de formaldehídos o el contenido de orgánicos volantes (COVs). Así mismo se tiene el registro de los consumos energéticos tanto generales como de cada tipo de instalación y la producción de energía solar fotovoltaica.

Lilu’s House es una potente herramienta para la investigación y la formación del estudiantado, tanto a través de la realización de visitas técnicas como de trabajos final de estudios. Disponer de datos de un caso de estudio real permite abordar diferentes temas por parte de investigadores de la UPC conjuntamente con las empresas colaboradoras en el proyecto.

56. Actuación integral de reparación de la estructura de madera del Centro de Visitantes El Dornajo del Parque Nacional de Sierra Nevada

Carlos Benavides^a, Alfonso Bermejo^b, Carlos Cruz^c, Luís I. Durán^d, Miguel Fernández^a, Antolino Gallego^c, Francisco Rescalvo^c
^a Iberolam Timber&Technology, Granada. ^b Abba Arquitectura, Granada. ^c UIMA-Universidad de Granada. ^d Limoral Ebanistería y Carpintería, Granada.
c.benavides@iberolam.com

Palabras clave: Madera contralaminada, chopo, pino, flexión, delaminación.

Actualmente, los paneles de madera contralaminada (CLT) se elaboran con pino de diferentes especies (radiata, pinaster) y píceas. Este producto ha impulsado la construcción en altura en las estructuras de madera. El CLT es llamado un producto de madera masiva, que junto con la tendencia actual de crecimiento del mercado al 300%, ejerce una presión sobre el recurso maderero. Este estudio evalúa la viabilidad estructural de especies locales de España como el chopo (Populus x euramericana) de rápido crecimiento y su combinación en sección con el pino laricio (Pinus nigra), de altas propiedades mecánicas.

A través de una colaboración entre UIMA (Unidad de Investigación de la Madera Estructural de Andalucía, Granada, España) y LaBoMap (Paristech, Campus de Cluny, Francia) se ha realizado una evaluación mediante métodos no destructivos (END) y destructivos (ED) a flexión de diferentes configuraciones monoespecie y combinadas en paneles de 3 capas (20/20/20). En el caso de los paneles multiespecie, se ha evaluado el uso del pino bien en las capas externas (máxima tracción y compresión), así como únicamente en la parte traccionada o comprimida. Los END por resonancia longitudinal indicaron una disminución del módulo de elasticidad dinámico en los paneles del 30% con respecto de las tablas de origen, debido al carácter ortogonal de este producto. A flexión a 4 puntos, los paneles monoespecie de pino y mixtos pino-chopo-pino mostraron incrementos de resistencia del 15,4% y 23,1%, respectivamente, en comparación con los de chopo. Las configuraciones mixtas combinaron una mayor rigidez con una reducción de peso, optimizando el aprovechamiento de ambas especies. Los ensayos de delaminación verificaron el cumplimiento normativo de los planos de encolado, así como la excelente impregnabilidad del chopo.

57. Sistemas de forjados sostenibles de madera para la edificación en altura en Andalucía

Antonio Jesús Rodríguez Pérez^a, Antolino Gallego Molina^a, Lázuli Fernández-Lobato^b, Juan Franquelo Soler^b

^aDepartamento de Física Aplicada, Universidad de Granada.

^b Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Málaga.

lazuli@uma.es

Palabras clave: Construcción industrializada en madera, sostenibilidad, huella de carbono, comportamiento acústico, edificación en altura.

El creciente interés por la construcción sostenible está impulsando el desarrollo de sistemas estructurales basados en madera en toda Europa. En Andalucía, se exploran soluciones híbridas y completamente en madera para edificios de varias plantas, buscando equilibrar rendimiento estructural, confort acústico e impacto ambiental. Los forjados híbridos madera-hormigón ofrecen buen comportamiento, aunque implican una huella de carbono significativa por el uso de hormigón.

Este estudio tiene como objetivo desarrollar y evaluar un sistema de forjado totalmente en seco que elimine el hormigón y mejore el comportamiento acústico. La solución combina paneles estructurales de madera tricapa con una capa granular compactada que aporta masa y aislamiento acústico.

El sistema propuesto se compone de paneles tricapa tipo K1 Multiplan o equivalente de 20 mm de espesor y apoyados sobre vigas de madera laminada GL24h con interejos de 1 metro en aplicaciones residenciales. El diseño incluye un panel tricapa continuo sobre las vigas, una capa de zahorra 0/20 precompactada combinada con áridos finos y una solución de acabado con solera seca.

La capa granular, preparada off-site con una densidad objetivo de 2000–2100 kg/m³, incrementa notablemente la masa del forjado, optimizando su comportamiento acústico sin introducir humedad ni comprometer la reversibilidad del sistema. Además, la solución es totalmente compatible con procesos de prefabricación y montaje industrializado.

Las conclusiones del estudio destacan este sistema como una alternativa técnica y medioambientalmente eficiente frente a los sistemas híbridos y a los sistemas tipo *Structural Box*, que, aunque ofrecen un excelente rendimiento, suponen un consumo de madera considerable. El sistema propuesto permite un uso optimizado de los materiales, mejora el aislamiento acústico y favorece la implementación de soluciones constructivas industrializadas y sostenibles en mercados emergentes como el andaluz.

58. Revisión preliminar de sistemas híbridos madera-hormigón enfocados a la mejora de soluciones modulares

Emilio Luengo^a, Sandra Monteiro^b, Eva Hermoso^c, Alfredo Dias^b

^a Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada, Universidad Rey Juan Carlos, Camino del Molino nº5, 28942, Fuenlabrada, Madrid. ^b Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, ISISE, ARISE, R. Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra. ^c ICIFOR-INIA CSIC, Avenida Padre Huidobro 7, 28040, Madrid.

emilio.luengo@urjc.es

Palabras clave: Hormigón armado, madera, sistemas híbridos prefabricados, aligeramiento, prestaciones ambientales.

AEsta aportación investiga en soluciones alternativas aplicables a la construcción prefabricada en madera-hormigón, que combinen eficiencia estructural, mejora en el peso y estén enfocadas al montaje modular. Se presenta una búsqueda preliminar de información sistemática sobre avances en este ámbito, sin descuidar el análisis de información comercial sobre sistemas disponibles en el mercado. Se evita la evaluación de propuestas en relación con forjados mixtos realizados in situ, ya estudiados por muchos autores. Destacan sistemas de panel prefabricados nervados que combinan elementos lineales de entramado pesado de madera laminada, o bien tipo placa, utilizando madera laminada o CLT, conectados a elementos planos de hormigón prefabricado. También son interesantes algunos sistemas multicapa que combinan CLT con capas de aislamiento y revestimiento de hormigón. Otras posibilidades que podrían ser valiosas como elementos sándwich con dos capas exteriores y núcleo colaborante de madera u hormigón, o bien sistemas en combinación de entramado ligero con hormigón, han sido poco estudiados, aunque existen soluciones de fachada que combinan entramados ligeros con revestimientos delgados que pueden incluir hormigón o cemento.

4. PROGRAMA

PROGRAMA

Miércoles 24 de septiembre

8:00 - 8:45
REGISTRO DE ASISTENTES

8:45
BIENVENIDA
Dña. Roser Martínez. Directora de la ETS Arquitectura. Universidad de Granada
APERTURA
D. Enrique Viedma. Vicerrector de Investigación y Transferencia. Universidad de Granada
D. Iñaq̃i Carnicero Alonso-Colmenares. Secretario General de Agenda Urbana, Vivienda y Arquitectura. Gobierno de España
D. Juan Ramón Pérez Valenzuela. Director General de Política Forestal y Biodiversidad. Junta de Andalucía
Dña. Ana María Lacasta. Responsable de la Red Lignomad. Universitat Politècnica de Catalunya

9:15 – Sesión 1
Moderadora: Ana M. Lacasta (GICITED-UPC)

9:15 - 9:45
Charla Principal 1 – “Durabilidad de las estructuras de madera”
Francisco Arriaga. Dr. por la UPM. Catedrático de Universidad en la ETS de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la UPM
9:45 - 10:00
Optimización de vigas laminadas mixtas aplicando la simulación numérica
Carlos Cruz. UIMA-Universidad de Granada
10:00 - 10:15
Análisis experimental y modelación de uniones estructurales de madera
Nicol López. Cátedra Madera Onesta

10:15 - 10:30
Sistema estructural mixto integral madera-hormigón con conexión a rasante mediante tableros perforados
Dolores Otero. GEA-GEM-Universidade da Coruña
10:30 - 10:45
Bioeconomía Circular en Territorios de Montaña: Avances del Proyecto PRISMA en Madera Contralaminada y Residuos de Aserraderos
Rayder Leonardo. Cátedra Madera Onesta
10:45 - 11:00
Proyecto LIFE Wood for Future: Nuevos sistemas estructurales con base madera
José A. Lorenzana. PEMADE-Universidad de Santiago de Compostela

11:00 - 11:30
PAUSA CAFÉ

11:30 – Sesión 2
Moderadora: Eva Hermoso (ICIFOR-INIA, CSIC)

11:30 - 11:45
Ethris, elemento modular de construcción
Francesco Verzura. Opera Mista Srl
11:45 - 12:00
Modelización y análisis de la función estructural de la zapata en entramados de madera tradicionales
David Blanco. Universidad de Alcalá
12:00 - 12:15
Hacia un nuevo concepto de estructuras laminares reticulares de madera
Antonio J. Lara. ETSA-Universidad Politécnica de Madrid
12:15 - 12:30
Caracterización de puentes peatonales de madera en España mediante análisis modal experimental
Soledad Rodríguez. Fundación CETEMAS
12:30 - 12:45
Aproximación en el desarrollo de un producto de recuperación para excedentes de placas de CLT: Prototipo de pasarela peatonal
V́ctor Rosales. Departamento de Ciencias de la Construcción, Universidad del B́o-B́o

12:45 - 13:15 - Sesión de empresas patrocinadoras
Moderador: **Antolino Gallego** (UIMA-UGR)

- Iberolam Timber&Technology
- Arquima
- Egoín Wood Group

13:15 - 13:55 - Sesión de posters 1 (presentaciones de 3 minutos)
Moderadora: **Adelaida Martín** (UIMA-UGR)

- Centro de visitantes del Parque Nacional Sierra de las Nieves: Análisis comparativo de materiales
Santiago Matute. Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía
- Comunicar con madera. Toca Madera · Sounds Wood
Irene Jimeno. Toca Madera-Sounds Wood
- Mapa Colaborativo-Interactivo Construcción con Madera
Irene Jimeno. Toca Madera-Sounds Wood
- Análisis inverso y diseño computacional para caracterizar madera de pino mediante vibraciones
Mario Requena. UIMA-Universidad de Granada
- Problema inverso bayesiano para la calibración de vigas huecas tipo cajón mediante análisis modal
Roberto Palma. UIMA-Universidad de Granada
- Revisión preliminar de sistemas híbridos madera-hormigón enfocados a la mejora de soluciones modulares
Emilio Luengo. Universidad Rey Juan Carlos
- Estudio numérico y experimental de uniones dentadas a flexión de madera de Pinus Nigra –
Rafael Bravo. UIMA-Universidad de Granada
- Sello de Calidad AITIM para empresas de montaje y puesta en obra de estructuras y elementos constructivos de madera
Guillermo Gómez del Pozo. AITIM
- El corcho como material de construcción
Enrique Torres. Universidad de Huelva
- Madera de chopo aplicada al proyecto
Miguel Martínez. Universidad de Granada
- Soluciones de la ingeniería para el uso técnico de madera aserrada en sistemas estructurales eficientes alternativos a estructuras masivas
Miguel V. Broto. Departamento Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad de Valladolid

14:30 - 15:30
COMIDA - NETWORKING EN ZONA DE STANDS

15:30 – Sesión 3
Moderadora: **Azahara Solilán** (CIS-Madeira)

- 15:30 - 16:00
Charla principal 2 – “La importancia del detalle independiente del tamaño”
Jorge Blasco. Arquitecto, consultor de estructuras (ACE). Estudi m103, SLP. Profesor del Departamento de Estructuras de la ETSAB-UPC
- 16:00 - 16:15
Edificio de madera de dos plantas y dos vanos como demostrador practicable a escala para ensayos estáticos y dinámicos
Alberto Izquierdo. ETS Ing. Telecomunicaciones-Universidad de Valladolid
- 16:15 - 16:30
Validación numérica de la respuesta estática y dinámica de un panel CLT
Patricia Vallelado. ETS Arquitectura-Universidad de Valladolid
- 16:30 - 16:45
Análisis del uso de un modelo de intercambio (EM) para la estimación de costes inicial de proyectos en edificación industrializada de madera
Pilar de la Rosa. ETSA-Universidade da Coruña
- 16:45 - 17:00
Comparación de huella de carbono para un edificio de mediana altura en Madrid, homologación utilizando un diseño
Alberto Gonzalez. ETS de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la UPM
- 17:00 - 17:15
Lilu’s House: vivienda, empresa y living lab
Laia Haurie. Grupo GICITED, EPSEB-Universidad Politécnica de Cataluña

17:15 - 17:45
PAUSA CAFÉ - NETWORKING EN ZONA DE STANDS

17:45 – Sesión 4

Moderadora: **Sara Santos** (ICIFOR-INIA, CSIC)

17:45 - 18:00

Una Atmósfera en Madera

Iñaki del Prim. blancodelprim arquitectos; prof. del Máster de Construcción, Diseño y Estructuras de Madera, UPV-EHU

18:00 - 18:15

Casa Patio Tropical. Proyecto demostrativo de un sueño forestal

Alberto de la Torre. Delatorre Castellano arquitectos

18:15 - 18:30

Construir con madera: seguridad, eficiencia y sostenibilidad

María Mora. Michael Green Architecture

18:30 - 18:45

Uso de rollizos de bambú y de madera en 10 proyectos

Ignacio de Teresa Fernández. ETSAG, Universidad de Granada

18:45 - 19:00

Impulso de la bioeconomía local en la construcción: vivienda-demostrador en Ogíjares (Granada)

Eva Chacón. Bonsai Arquitectos

Jueves 25 de septiembre

9:15 – Sesión 5

Moderadora: **Dolores Otero** (GEA-UDC)

9:15 – 9:45

Charla Principal 3 – “La madera frente al fuego: el arte de arder con previsibilidad”

Pilar Giraldo. Dra. por la UPC. Investigadora del INCAFUST-CTFC. Profesora del Departamento de Tecnología en la Arquitectura ETSAB-UPC.

9:45 – 10:00

Influencia de la exposición en cámara de envejecimiento acelerado sobre el color y la reacción al fuego en siete especies de madera

Alina Avellaneda. Grupo GICITED, EPSEB-Universidad Politécnica de Cataluña

10:00 – 10:15

Durabilidad de la madera en construcción. Aproximación española de la norma UNE-EN 460:2023

David Lorenzo. AITIM

10:15 – 10:30

Evaluación del potencial de la madera de pino silvestre (Pinus sylvestris L.) termotratada para aplicaciones tecnológicas

Silvia Gómez. CESEFOR

10:30 – 10:45

Efecto del contenido de humedad en la resistencia mecánica de la especie de bambú Guadua Angustifolia Kunth

Carlos Osuna. ICIFOR-INIA, CSIC

10:45 – 11:00

El rol de los residuos vegetales y los bio-aglutinantes en las propiedades térmicas y acústicas de los bio-compuestos

Brenda Arias. Grupo GICITED, EPSEB-Universidad Politécnica de Cataluña

11:00 - 11:30 - PAUSA CAFÉ

11:30 – Sesión 6

Moderadora: **Soledad Rodríguez** (CETEMAS)

11:30 – 12:00

Debate - “Presente y futuro de la construcción con madera. Oportunidades y retos”

Sandra Llorente. Lignum Tech, **Jorge Blasco.** Estudi m103, SLP

12:00 – 12:15

Empleo de bioadhesivo para la elaboración de madera microlaminada de chopo: cortante en línea de cola y flexión

Francisco J. Rescalvo. UIMA-Universidad de Granada

12:15 – 12:30

Evaluación de tableros de partículas de Ulmus pumila fabricados con resinas de urea/formaldehído modificadas con celulosa microfibrilar y lignosulfonatos

Eduardo Bordallo. CESEFOR

12:30 – 12:45

Mapas de Termitas y metodología de inspección de cascos urbanos en base a la norma UNE-56418:2016. Caso práctico en el casco antiguo de Areatza, Bizkaia

Josu Benito. TECNALIA

12:45 – 13:15 - Sesión de empresas patrocinadoras
Moderador: Ana Cruz (UIMA-UGR)

- PEFC España
- Hundegger
- Cadwork

13:15 – 13:55 – Sesión de posters 2 (presentaciones de 3 minutos)
Moderador: Francisco Rescalvo (UIMA-UGR)

- BUOs como proyecto demostrativo de la industria forestal
Cecilia López. Muiños Otero López Arquitectura
- Diseño y prefabricación de infraestructura de protección de madera natural sin tratamientos
Cristina Ouzande. Ezcurra e Ouzande arquitectura s.l.p.
- Análisis estructural de cajones de madera de pino y chopo
Esteban Hernández. Universidad de Granada
- Comportamiento de productos derivados del bambú sometidos a ciclos de envejecimiento acelerado
Alina Avellaneda. Grupo GICITED, EPSEB-Universidad Politécnica de Cataluña
- Evaluación de sistemas de bloqueo de taninos en productos de madera para su uso en exterior
Isabel Fernández. Fundación Cetemas
- De lo vernáculo a lo contemporáneo: análisis estructural de sistemas mixtos de tapia y madera
Álvaro Blanca. Universidad de Granada
- Woodex+: La evolución económica y precisa en la estimación de la densidad y la evaluación de la madera de construcción
Ignacio Bobadilla. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural-UPM
- Reposición de la caseta de aperos del Parador de San Francisco en la Alhambra de Granada
Virginie Claude. IBEROLAM Timber&Technology
- Evaluación de la capacidad termiticida del quitosano contra Reticulitermes grassei Clément
Sara Santos. ICIFOR-INIA, CSIC
- Actuación integral de reparación de la estructura de madera del Centro de Visitantes El Dornajo del Parque Nacional de Sierra Nevada
Carlos Benavides. IBEROLAM Timber&Technology
- Sistemas de forjados sostenibles de madera para la edificación en altura en Andalucía
Antonio J. Rodríguez. Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada

14:30 - 15:30 COMIDA - NETWORKING EN ZONA DE STANDS

15:30 – Sesión 7
Moderadora: Laia Haurie (GICITED-UPC)

- 15:30 – 16:00
Charla Principal 4 – “Prevenir sin proteger”
Luis Alfonso Basterra. Dr. Arquitecto. Catedrático de Universidad en la ETS de Arquitectura de Valladolid
- 16:00 – 16:15
Madexter II: una nueva herramienta para la asignación paramétrica de las clases de uso de la norma UNE-EN 335
Marta Conde. ICIFOR-INIA, CSIC
- 16:15 – 16:30
Empleo de fotogrametría rectificada para la obtención de características geométricas de elementos de madera recuperada de edificios existentes
Pablo González. TECNALIA
- 16:30 – 16:45
TIK Timber: un sistema portátil para la evaluación no destructiva de la madera. Desarrollo y validación
Irene Gil. ETSIE-Universidad de Granada
- 16:45 – 17:00
Intervenciones en el Patrimonio Industrial con Madera en España
Daniel F. Llana. Grupo Construcción con Madera, Universidad Politécnica de Madrid
- 17:00 – 17:15
La breve historia del puente de madera sobre el río Duratón, en Peñafiel
Alfonso Lozano. Grupo GICONSIMÉ, Universidad de Oviedo

17:15 - 17:45 - PAUSA CAFÉ

17:45 – Sesión 8
Moderador: Miguel Esteban (ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural-UPM)

17:45 – 18:00
Guía de Rehabilitación de Estructuras de Madera
Irene Jimeno. Toca Madera·Sounds Wood
18:00 – 18:15
Proyecto Pegollu - Almacén d’Horros del Principado de Asturias: conservación del patrimonio cultural y sostenibilidad
Elena Pérez. Fundación CETEMAS
18:15 – 18:30
Viabilidad del uso del chopo en paneles de CLT: paneles monoespecie y multiespecie pino-chopo
Yaiza Fuentes. UIMA-Universidad de Granada

20:30 Clausura y Cena de Gala – Restaurante La Chumbera (Sacromonte)

Viernes 26 de septiembre – Visitas técnicas

8:15	Punto de encuentro. Entrada del Campus Fuentenueva. Granada
8:45 – 10:15	Laboratorio UIMA en la Azucarera de San Isidro. Café
12:30 – 14:30	Centro de visitantes del PN Sierra de las Nieves. Santiago Matute y Rafael Ángel Haro El bosque como aliado: arquitectura para un futuro sostenible. Gonzalo Anguita (FSC)
15:00 – 16:30	Almuerzo
18:00 – 19:00	Promoción OCEANIKA. Torremolinos. Málaga

ENLACE A LAS ACTAS DEL CONGRESO





Rehabilitación del Pazo Piñeiro, Concello de Ares (A Coruña)
Arquitecto: Jorge Salgado. Fabricación y montaje: Prefabricados Rodiñas
Losa mixta madera-hormigón MCLamBS. Proyecto LIFE Wood For Future

LIGNOMAD 25