

## Proyecto MEND-ME:

I+D para la clasificación de la madera estructural actual y antigua mediante técnicas no destructivas, y para su rehabilitación y consolidación en obra

Coordinador del proyecto y contacto: Miguel Ángel Abián  
[mabian@aidimme.es](mailto:mabian@aidimme.es)

## Newsletter # 2-2018/19

Difusión de proyectos

En este proyecto de I+D en cooperación con empresas valencianas, AIDIMME continúa investigando cómo evaluar con técnicas no destructivas la madera estructural, a fin de clasificarla según el Código Técnico de la Edificación. También investiga nuevas soluciones y productos de refuerzo y consolidación para rehabilitar sistemas constructivos de madera.

AIDIMME sigue desarrollando el proyecto de I+D en cooperación con empresas **MEND-ME** (Desarrollo de una metodología para la evaluación no destructiva de madera estructural y aplicación innovadora a rehabilitación). La segunda anualidad del proyecto está financiada por el **IVACE** (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial), y cofinanciada por el Programa Operativo **FEDER** de la Comunidad Valenciana 2014-2020. La primera anualidad del proyecto (enero 2017-mayo 2018) fue financiada también por el IVACE y por fondos FEDER.

El objetivo general de MEND-ME radica, en primer lugar, en **desarrollar una metodología de evaluación no destructiva específica para madera estructural y después aplicarla los elementos estructurales de madera antigua presente en construcción y rehabilitación para caracterizarlos mecánicamente y clasificarlos según el CTE**, prestando especial atención a las especies de madera que se usaron en construcción en la Comunidad Valenciana.

En segundo lugar, el objetivo general del proyecto radica en proponer e implantar **productos y soluciones innovadores más efectivas que las actuales para reforzar y consolidar estructuras**, tanto de madera antigua o patrimonial como de madera actual. Estos productos y soluciones beneficiarán al **patrimonio histórico valenciano**, en el cual abundan las estructuras y elementos de madera.

Los resultados del proyecto se dirigen principalmente a la industria de 1ª y 2ª transformación de la madera, a empresas y profesionales de la construcción y la

rehabilitación, así como a estudios de arquitectura e ingeniería para construcción y estructuras.

La necesidad del proyecto surge de que existe un desconocimiento generalizado sobre las propiedades mecánicas de la madera antigua presente en los edificios, lo que limita mucho o directamente imposibilita la rehabilitación de edificios y estructuras con madera de hace más de 40 años. Según datos de AIDIMME, **el 70% de la madera antigua/patrimonial** que se sustituye en España, principalmente por desconocimiento de su estado o porque superficialmente presenta deterioros, podría bien conservarse o bien rehabilitarse con refuerzos o reparaciones muy localizadas. La madera antigua y patrimonial suele presentar deterioros o degradaciones, de origen biótico o abiótico. Muchas degradaciones son superficiales y no afectan a la resistencia mecánica.

**El retorno a la sociedad y el fomento de la cohesión del territorio de la inversión en I+D** de MEND-ME se centra en los siguientes aspectos:

- La transferencia del conocimiento adquirido en el proyecto a las empresas y a la sociedad en general, relativo a la madera antigua y patrimonial, supondrá el incremento de la concienciación y formación de los agentes implicados en la conservación y rehabilitación de los edificios, desde los arquitectos y empresas hasta los propietarios.
- La mejora del conocimiento de la madera antigua y de sus técnicas de conservación repercutirá de forma positiva en los proyectos de rehabilitación de edificios antiguos con estructura de madera, al simplificar las evaluaciones de las estructuras y por ende las molestias a los vecinos.
- La aplicación de los resultados del proyecto en edificios patrimoniales de núcleos urbanos de ciudades y pueblos, muy presentes en la Comunitat Valenciana, fomentará la conservación, promoción y la relación entre distintos ayuntamientos con problemas similares. De esta forma se abrirá la puerta a la colaboración entre entidades públicas, lo cual fomenta la cohesión del territorio.

Además, en el **aspecto medioambiental** el proyecto mejorará la sostenibilidad de las obras a realizar en rehabilitación de edificios. Los aspectos más importantes se refieren a:

- Reducción de los residuos de las obras al disminuir las demoliciones de sistemas constructivos con madera y obra, que suponen en muchos casos un problema de reciclaje y contaminación.
- La conservación de las estructuras también disminuye el uso de nuevos materiales como el hormigón y el acero que tienen un impacto ambiental mayor que el uso de la madera en cuanto al uso del agua o energía se refiere. Además, utilizar madera de origen sostenible hace que el impacto ambiental por la emisión de CO<sub>2</sub> sea menor.
- Las soluciones y productos innovadores basados en madera y derivados influirán también de manera positiva en el impacto ambiental y potenciarán el sector local de la madera, muy afectado desde hace años por la crisis de la construcción.

Hasta la fecha, en la segunda anualidad del proyecto se ha desarrollado una metodología de evaluación no destructiva basada en la combinación optimizada de

ensayos no destructivos y criterios visuales (número de nudos relevantes y tamaño, nudos agrupados, anillos, etc.). Esta metodología puede aplicarse *in situ* en elementos ya instalados y permite determinar fiablemente las propiedades mecánicas de la madera, tanto antigua como nueva, y clasificarla madera según el sistema de clases resistentes del CTE (en el caso de coníferas, C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50; en el caso de frondosas, D18, D24, D30, D35, D40, D50, D60 y D70). En Europa, toda la madera para construcción debe estar caracterizada según ese sistema de clases resistentes y llevar el marcado CE.

La metodología es innovadora porque incluye variables como valores obtenidos de perfiles de resistografía, proporción albura/duramen de la madera, etc. Por lo general, el duramen es más denso y por tanto más resistente mecánicamente que la albura. Asimismo, resulta más resistente a agentes xilófagos (termitas, carcoma, hongos de pudrición).



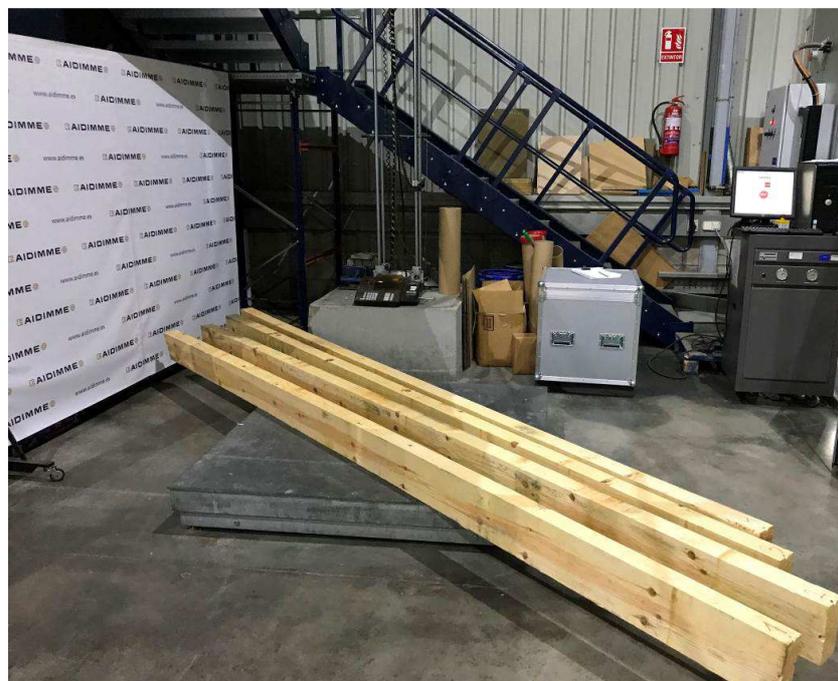
**Imagen 1.** *Imagen transversal de una de las vigas utilizadas en el proyecto, de pino negro o *Pinus nigra*, en la que se aprecia a simple vista el duramen (la parte semicircular) y la albura (el resto). La proporción albura/duramen es una de las variables utilizadas en la metodología.*

Una vez desarrollada la metodología se ha probado en varios lotes de madera. Para ello ha sido necesario realizar las tareas que se explican a continuación.

#### Tarea 1. Aprovechamiento de madera, acondicionamiento y preparación de probetas de ensayo.

Primero se realizó el aprovisionamiento de lotes de madera del género *Pinus*. En concreto, las especies *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus nigra* y *Pinus halepensis*, que se usan ampliamente en construcción en España y están bien caracterizadas según el CTE.

La madera de estos lotes se acondicionó hasta obtener una humedad de equilibrio higroscópico (HEH) constante y próximo al 12%. Por último, se aserró la madera para obtener probetas de ensayo de tamaño y forma estructural (vigas o viguetas).



**Imagen 2. Tres de las vigas de pino silvestre aserradas y acondicionadas para el proyecto se pesan en una báscula calibrada para determinar su densidad.**

**Tarea 2. Realización de ensayos no destructivos en las probetas anteriores.**

Las probetas de ensayo obtenidas en la anterior tarea se ensayaron de acuerdo con la metodología de evaluación no destructiva desarrollada, en la que se combinan de forma óptima criterios visuales y ensayos no destructivos.



**Imagen 3. Inspección según criterios visuales: ubicación y medida de los nudos relevantes por tamaño en las vigas.**

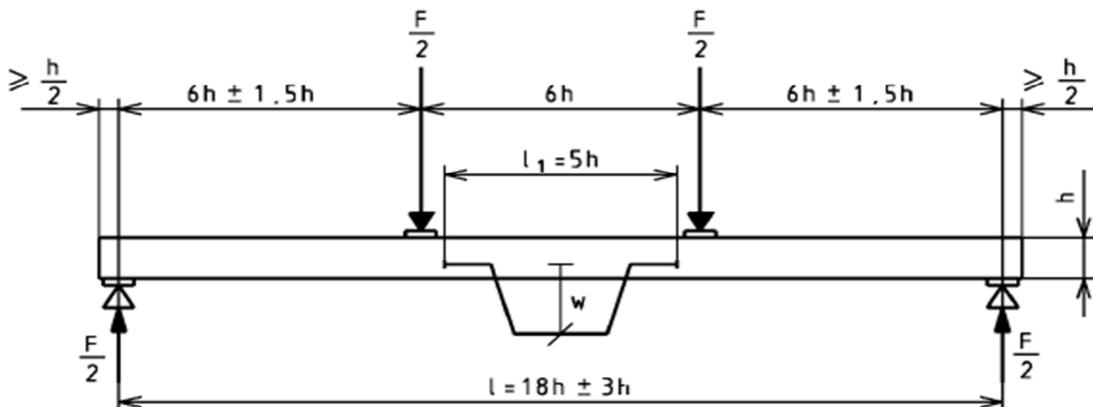


**Imagen 4. Evaluación no destructiva de la resistencia mecánica de las vigas mediante tecnología de emisión-recepción de ultrasonidos, analizada en la primera anualidad del proyecto.**

**Tarea 3. Realización de ensayos destructivos en las probetas anteriores.**

Las probetas se ensayaron a flexión de forma destructiva según lo establecido por la norma UNE EN 408.

Para ello fue necesario preparar unos utillajes con la forma y las dimensiones necesarias para aplicar las fuerzas como establece la norma, y comprobar mediante células de carga calibradas que las fuerzas aplicadas por la máquina de flexión correspondían efectivamente a las fuerzas transmitidas por el utillaje a las vigas.



**Imagen 5. Esquema del dispositivo de ensayo para el ensayo de flexión (módulo de elasticidad local) según la norma UNE EN 408.**



*Imagen 6. Rotura de una viga de pino silvestre en el ensayo de flexión según la norma UNE EN 408.*



*Imagen 7. Algunas de las vigas rotas en el ensayo a flexión según la norma UNE EN 408. Normalmente la rotura se produce en zonas próximas a los nudos, debido a la desviación que sufre alrededor de ellos la fibra de la madera, que debilita su resistencia mecánica.*

#### Tarea 4. Recopilación de los resultados.

Se recopilaron los resultados obtenidos en las tareas 2 y 3 en un formato informático que permite su análisis estadístico, que ha comenzado a realizarse. Los valores obtenidos de resistencia a flexión permiten clasificar las vigas según el sistema de clases resistentes del CTE expuesto anteriormente.



*Imagen 8. Gráfica del ensayo a flexión según la norma UNE EN 408 para una viga de pino silvestre. Como puede apreciarse, la relación entre deflexión y fuerza aplicada es muy lineal, hasta que se llega a la zona de rotura.*

En el proyecto cooperan directamente varias empresas y entidades valencianas, que aportan conocimiento, muestras y materiales al proyecto, y que reciben información técnica del proyecto en el marco de la transferencia tecnológica y promoción de los resultados a empresas y profesionales de los sectores de interés. Periódicamente se celebran reuniones presenciales con ellas.

El proyecto se ha difundido y se ha realizado transferencia tecnológica de sus resultados en la feria internacional FIMMA-MADERALIA 2018, en Feria Hábitat Valencia 2018, en el Congreso Hábitat-Estrategia Empresarial 2018, así como en el encuentro FOCUS PYME y Emprendimiento Comunitat Valenciana 2018.

Este mes, AIDIMME y el **Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)** se reunieron para analizar formas de fomentar el uso de madera en la construcción y para intercambiar experiencias de gestión del turismo. Con respecto a la madera en construcción, AIDIMME presentó al IVE los objetivos y los resultados provisionales de MEND-ME. El proyecto resulta de gran interés para el IVE; pues este Instituto ha publicado un cuaderno de lesiones en estructuras de madera, revisado por AIDIMME, que está disponible en su sitio web, e imparte con la Universidad Politécnica de Valencia un prestigioso máster en Rehabilitación y Regeneración Urbana (**RERU**). Por ello se plantearon futuras acciones conjuntas de difusión de los resultados del proyecto.



Imagen 9. Fotografía de la reunión entre AIDIMME y el IVE.

Los principales resultados de MEND-ME obtenidos hasta el momento están disponibles de forma abierta, pública y gratuita en la página electrónica de AIDIMME.

Para más información sobre el proyecto [contacte](#) con AIDIMME.