



# Jornada Innovación Tecnológica para el desarrollo rural

Proyectos en el ámbito de la industria maderera  
Binomio Madera-Agricultura  
Valdavellano de Tera 19/07/19

## Proyecto: Binomio Madera Agricultura

- **Convocatoria:**

Submedida 16.2: Apoyo para proyectos piloto y para el desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías.

- **Participantes:**

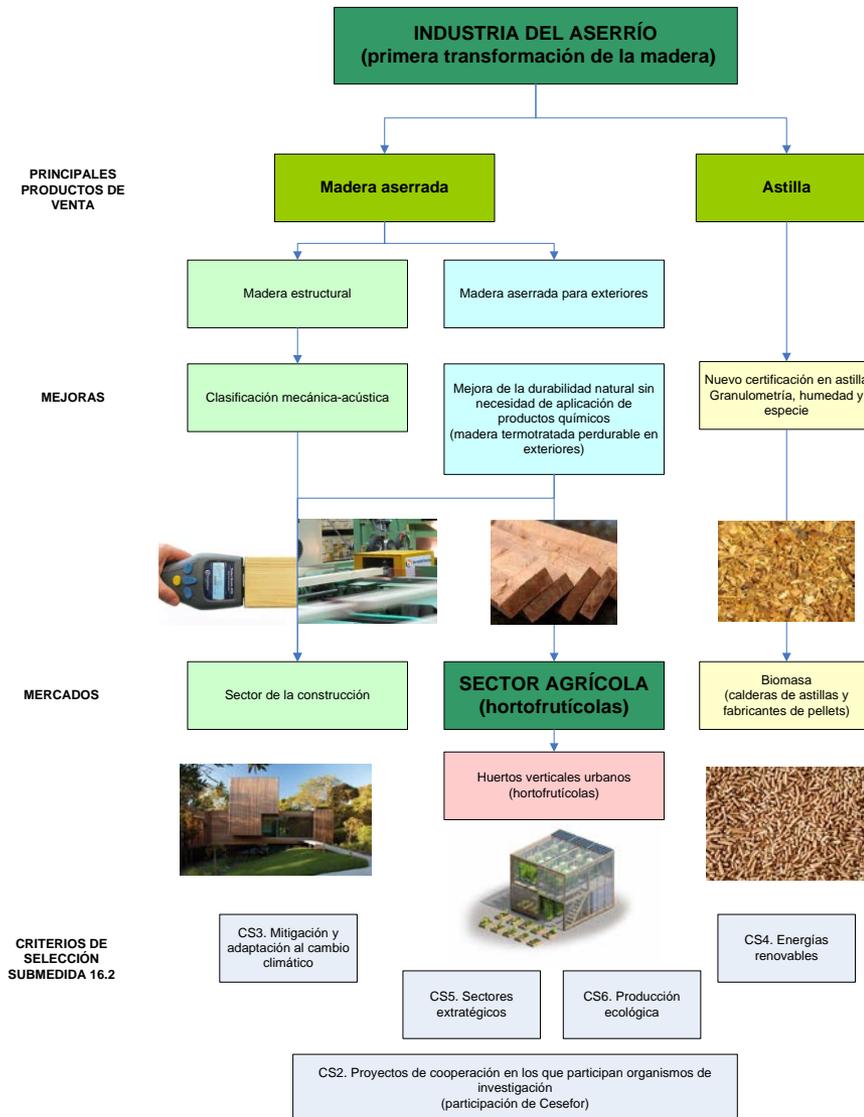


- **Objetivos:**

- Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica en pino silvestre para la obtención de tres clases resistentes C18, C24 y C30.
- Obtención de madera aserrada termotratada de alta durabilidad natural, sin aplicación de productos químicos.
- Desarrollo de astilla certificada.
- Desarrollar el primer prototipo real de huerto urbano vertical 100% sostenible y ecológico, con estructura de madera termotratada y 100% autosuficiente

# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## • Esquema de propuesta



# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 1: Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica estructural

- **Necesidad: Mercado CE y Código Técnico de la edificación**



### Requisitos a declarar:

#### Mecánicos:

- Resistencia a la flexión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia al cortante
- Resistencia a la compresión
- Módulo de elasticidad paralelo
- Módulo de elasticidad transversal



#### Calidades estructurales:

- Clases resistentes:  
C18, C24, C30, C40

# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 1: Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica estructural

- Necesidad: Mercado CE y Código Técnico de la edificación**

| Valores característicos  |               | Coníferas |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      | Fronosas |     |     |     |      |      |      |      |      |
|--|---------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
|  |               | C14       | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27  | C30 | C35 | C40 | C45  | C50      | D18 | D24 | D30 | D35  | D40  | D50  | D60  | D70  |
| Propiedades de resistencia (en N/mm <sup>2</sup> )   |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| Flexión  | $f_{m,k}$     | 14        | 16  | 18  | 20  | 22  | 24  | 27   | 30  | 35  | 40  | 45   | 50       | 18  | 24  | 30  | 35   | 40   | 50   | 60   | 70   |
| Tracción paralela  | $f_{t,0,k}$   | 8         | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 16   | 18  | 21  | 24  | 27   | 30       | 11  | 14  | 18  | 21   | 24   | 30   | 36   | 42   |
| Tracción perpendicular   | $f_{t,90,k}$  | 0,4       | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4  | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4  | 0,4      | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |
| Compresión paralela  | $f_{c,0,k}$   | 16        | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22   | 23  | 25  | 26  | 27   | 29       | 18  | 21  | 23  | 25   | 26   | 29   | 32   | 34   |
| Compresión perpendicular   | $f_{c,90,k}$  | 2,0       | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6  | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1  | 3,2      | 7,5 | 7,8 | 8,0 | 8,1  | 8,3  | 9,3  | 10,5 | 13,5 |
| Cortante   | $f_{v,k}$     | 3,0       | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,0  | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0  | 4,0      | 3,4 | 4,0 | 4,0 | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,5  | 5,0  |
| Propiedades de rigidez (en kN/mm <sup>2</sup> )  |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| Módulo de elasticidad paralelo medio   | $E_{0,mean}$  | 7         | 8   | 9   | 9,5 | 10  | 11  | 11,5 | 12  | 13  | 14  | 15   | 16       | 9,5 | 10  | 11  | 12   | 13   | 14   | 17   | 20   |
| Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil  | $E_{0,05}$    | 4,7       | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 7,7  | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,0 | 10,7     | 8   | 8,5 | 9,2 | 10,1 | 10,9 | 11,8 | 14,3 | 16,8 |
| Módulo de elasticidad perpendicular medio  | $E_{90,mean}$ | 0,2       | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3  | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5  | 0,5      | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 1,13 | 1,33 |
| Módulo de elasticidad transversal medio  | $G_{mean}$    | 0,4       | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7  | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9  | 1,0      | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 1,06 | 1,25 |
| Densidad (en kg/m <sup>3</sup> )   |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| Densidad característica  | $\rho_k$      | 290       | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 370  | 380 | 400 | 420 | 440  | 460      | 475 | 485 | 530 | 540  | 550  | 620  | 700  | 900  |
| Densidad media   | $\rho_{mean}$ | 350       | 370 | 380 | 390 | 410 | 420 | 450  | 460 | 480 | 500 | 520  | 550      | 570 | 580 | 640 | 650  | 660  | 750  | 840  | 1080 |
| NOTAS:   |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 1- Los valores dados anteriormente para la resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, resistencia al cortante, el 5% módulo de elasticidad, la media de módulo de elasticidad perpendicular a la fibra y la media del módulo de elasticidad transversal, han sido calculadas utilizando las ecuaciones dadas en el Anexo A de la misma norma, UNE EN 338: 2010. |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 2- Las propiedades tabuladas son compatibles con la madera a un contenido de humedad coherente con una temperatura de 20 ° C y una humedad relativa de 65%   |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 3- Madera conforme a las clases C45 y C50, pueden no estar fácilmente disponibles.   |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |
| 4- Los valores característicos de resistencia al cortante se dan para madera sin fendas, de acuerdo con la norma EN 408: 2011 + A1: 2012. El efecto de las fendas se debe cubrir en los códigos de diseño.   |               |           |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |          |     |     |     |      |      |      |      |      |

**Conclusión: Es necesario desarrollar herramientas de clasificación**



# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 1: Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica estructural

Caracterización  
mecánica



Población: producto,  
especie, origen y  
calidades



Ensayos  
destructivos



- Resistencia a la flexión
- Modulo de elasticidad paralelo
- Densidad

# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 1: Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica estructural

### Clasificación visual

| TABLA 5: CRIETRIOS DE CLASIFICACIÓN VISUAL ALERCE JAPONES |                                      |                              |                     |
|---|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Criterios de calidad                                      |                                      | C30                          | C24                 |
| Diámetro de nudos en cara (d/h)                           |                                      | $d \leq 1/4$ de "h"          | $d \leq 1/2$ de "h" |
| Diámetro de los nudos en canto (d/b)                      |                                      | $d \leq 1/3$ de "b"          | $d \leq 3/5$ de "b" |
| Tasa de crecimiento                                       |                                      | 11 mm                        | 11 mm               |
| Fendas  | De contracción                       | Pasantes                     | No permitidas       |
|   |                                      | No pasantes                  | $f \leq 3/5$        |
|   | De rayo, de heladura, de abatimiento | No permitidas                |                     |
| Acebolladuras   |                                      | No permitidas                |                     |
| Entrecascos   |                                      | No permitidos                | Longitud < 1,5 h    |
| Desviación de la fibra                                    |                                      | 1:11 (9%)                    | 1:6 (16,7 %)        |
| Gemás   | Longitud                             | $G \leq 1/4$ de "L"          | $G \leq 1/3$ de "L" |
|   | Anchura y espesor                    | $G \leq 1/4$ de b            | $G \leq 1/3$ de b   |
| Medula <sup>1)</sup>                                      |                                      | Permitida                    | Permitida           |
| Alteraciones biológicas                                   | Putridión                            | No se admite                 |                     |
|   | Insectos xilófagos                   | No se admiten                |                     |
|   | Azulado                              | Se admite.                   |                     |
| Deformaciones máximas <sup>2)</sup><br><sub>3) 4)</sub>   | Curvatura de cara                    | 10 mm (para 2 m de longitud) |                     |
|   | Curvatura de canto                   | 8 mm (para 2 m de longitud)  |                     |
|   | Alabeo                               | 1 mm (por cada 25 mm de "h") |                     |
|   | Atejado o abarquillado               | 1 mm (por cada 25 mm de "h") |                     |

Notas:

- 1) Estas características solo se considerarán cuando se comercializa en húmedo.
- 2) Estas características no se consideran cuando la clasificación se efectúa en húmedo.
- 3) Referidas a una humedad del 20%.
- 4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (por que puedan corregirse durante la fase del montaje) y exista un acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente.

### Clasificación mecánica



[https://youtu.be/B3JgCZlpgFs?list=UUiQlnw\\_zub2Bb5t2SEs-LKw&t=1](https://youtu.be/B3JgCZlpgFs?list=UUiQlnw_zub2Bb5t2SEs-LKw&t=1)



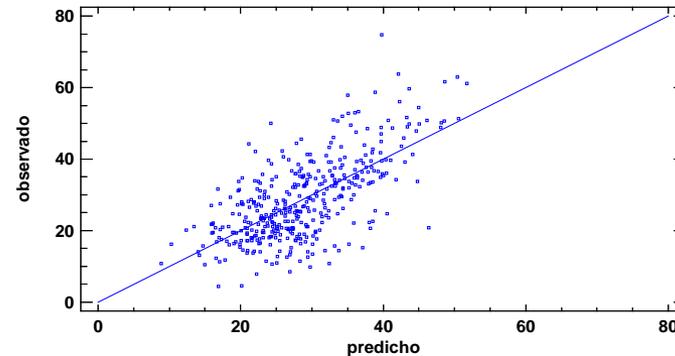
[https://www.youtube.com/watch?v=pGf8tr5Ndg&list=UUiQlnw\\_zub2Bb5t2SEs-LKw&index=13](https://www.youtube.com/watch?v=pGf8tr5Ndg&list=UUiQlnw_zub2Bb5t2SEs-LKw&index=13)

# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 1: Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica estructural

### Grado de efectividad de la clasificación visual

Modelo de predicción de la resistencia a flexión (N/mm<sup>2</sup>) a partir de criterios visuales



$$\text{Resistencia a flexión} = 59,08 - 22,25 * R_{n, cn} - 18,89 * R_{n, cr} - 4,001 * C - 2,43 * Df$$

Coefficiente de determinación ( $R^2$ ): 44,52

$R_{n, cn}$ : Cociente entre tamaño de nudo en canto y el propio canto

$R_{n, cr}$ : Cociente entre tamaño de nudo en cara y la propia cara

C: Crecimiento de los primeros 5 anillos de crecimiento.

Df: Desviación de la fibra

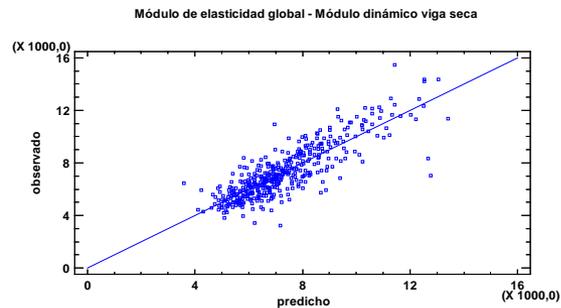
# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 1: Desarrollo del primer sistema de clasificación mecánica estructural

### Grado de efectividad de las técnicas acústicas

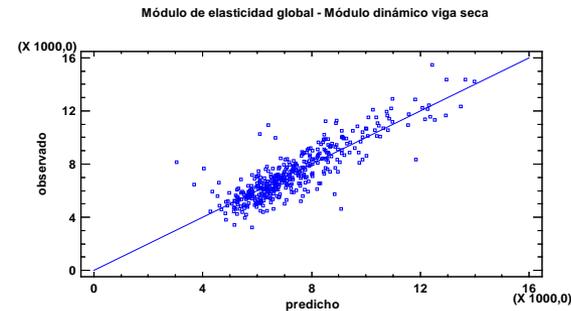
Madera  
aserrada  
seca

#### MICROSECOND TIMER (FAKOPP)- TIEMPO DE PASO



$$\text{MOEG (N/mm}^2\text{)} = 674,069 + 0,0644326 * \text{MOE dinámico (N/mm}^2\text{)}$$
$$R^2 = 71,45$$

#### FRECUENCIA DE VIBRACIÓN



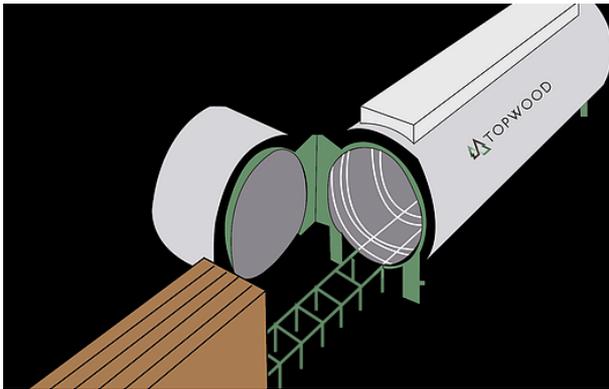
$$\text{MOEG (N/mm}^2\text{)} = 1074,67 + 0,739304 * \text{MOE dinámico (N/mm}^2\text{)}$$
$$R^2 = 74,7$$

## Proyecto: Binomio Madera Agricultura

### Objetivo 2: Desarrollo de madera termotratada de pino silvestre

Mejora de la durabilidad natural sin necesidad de uso de productos químicos  
Útil para uso en exteriores

Proceso: Aplicación de temperaturas comprendidas entre 180 y 220°C sin presencia de oxígeno



Usos en destino como el sector de la construcción, la obra civil y la agricultura

# Proyecto: Binomio Madera Agricultura

## Objetivo 2: Desarrollo de madera termotratada de pino silvestre

### Ventajas del termotratado:

- Mejora de la durabilidad natural sin presencia de productos químicos.
- Mejoras la estabilidad dimensional de la madera.
- Menor capacidad de absorción de agua.

### Inconvenientes del termotratado:

- Coste superior al tratamiento químico.
- Perdida de prestaciones mecánicas.

Ventaja competitiva frente a otras especies: Altas prestaciones mecánicas

### Objetivos del proyecto:

- Análisis de diferentes ciclos de termotratado:



Mejora de la durabilidad natural

Perdida de prestaciones mecánicas

Mejora de la estabilidad dimensional

- Desarrollar la primera madera termotratada de prestaciones mecánicas mínimas y controladas útil para el sector de las estructuras de madera

## Proyecto: Binomio Madera Agricultura

### Objetivo 3: Desarrollo de huerto vertical urbano

Desarrollar el primer prototipo real de huerto urbano vertical 100% sostenible y ecológico, con estructura de madera termotratada y 100% autosuficiente (proyecto piloto que incluye nuevas prácticas de producción), destinada a la producción de hortalizas ecológicas.



#### Tareas:

- Diseño de módulo y sistemas autosuficientes para el desarrollo del huerto vertical urbano
- Producción de madera aserrada y termotratada para el desarrollo del prototipo.
- Compra de materiales (placas solares, sistemas verticales de producción, vidrios, etc.).
- Ejecución de construcción vertical.
- Producción de hortalizas y control de parámetros y funcionamiento del sistema desarrollado

## Proyecto: Binomio Madera Agricultura

### Objetivo 4: Desarrollo de una certificación con astillas

Desarrollar las primeras astillas certificadas en Castilla y León



Tareas:

- Desarrollo del reglamento
- Implantación de sistema en las industrias solicitantes.

# Proyecto: Grupo Operativo Supraautonómico SigCa



## Socios beneficiarios



## Socios colaboradores



Esta iniciativa ha obtenido una subvención (por un importe máximo subvencionable de 32.845,78 euros y cofinanciado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa (FEADER), en un 53%, y por MAPAMA, en un 47%, dentro del Programa Nacional de Desarrollo Rural (2014-2020).





# Proyecto: Grupo Operativo Supraatunómico SigCa

## Cómo surge el grupo operativo

### Mejorar los procesos en la cadena de valor monte-industria.

- Analizar los factores que condicionan la calidad la madera en pie.
- Obtener normas de prácticas de gestión que permitan a los gestores forestales una planificación forestal que tenga en cuenta la calidad de la madera.
- Crear herramientas de valoración estandarizadas y validadas por la industria en cuanto a rendimiento y calidad final de producto



Oferta



Demanda

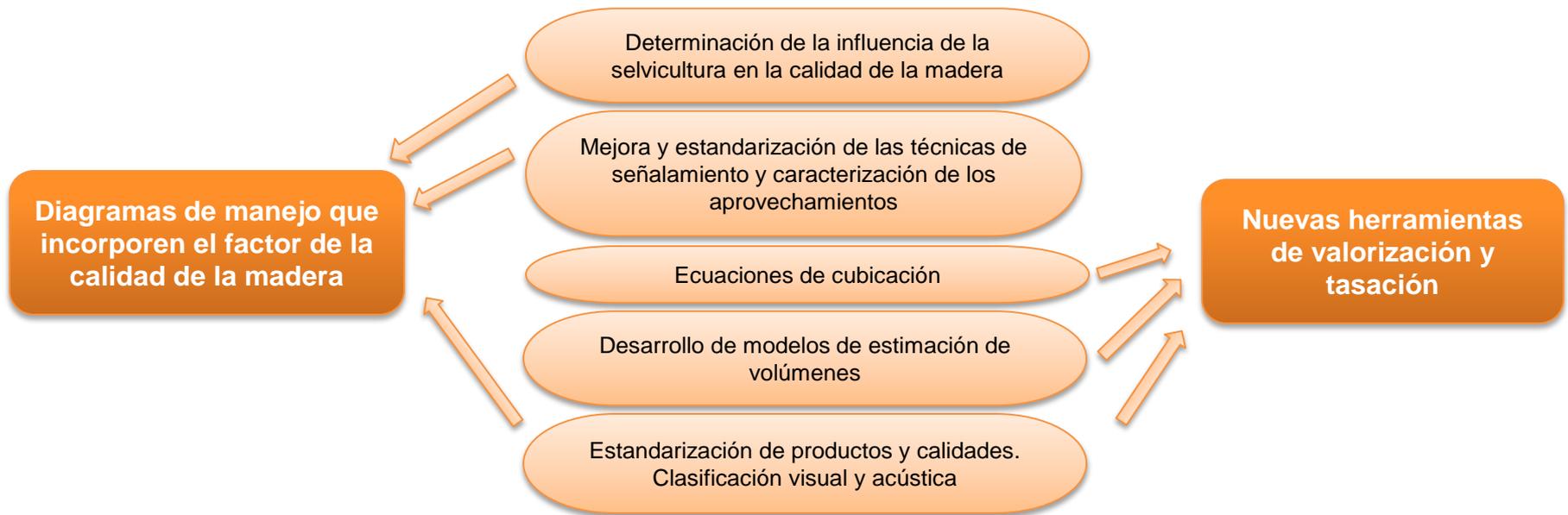
Criterios de  
compra-venta de  
madera

Mejora de rendimientos en la  
industria de primera  
transformación



# Proyecto: Grupo Operativo Supraatunómico SigCa

## Proyecto innovador financiado: PIMA



## Desarrollo de madera laminada de altas prestaciones mecánicas a partir de madera local



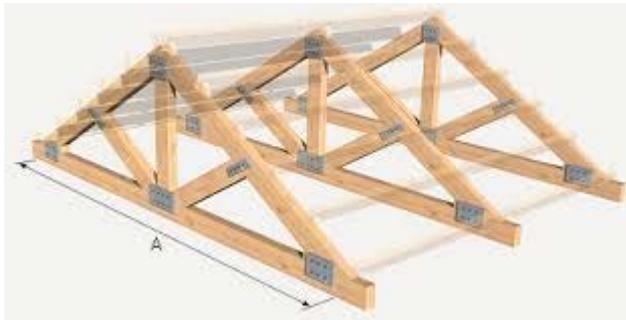
1. Desarrollo de laminas de altas prestaciones mecánicas: C40

- Pino radiata
- Alerce

2. Madera laminada de calidad GL32h



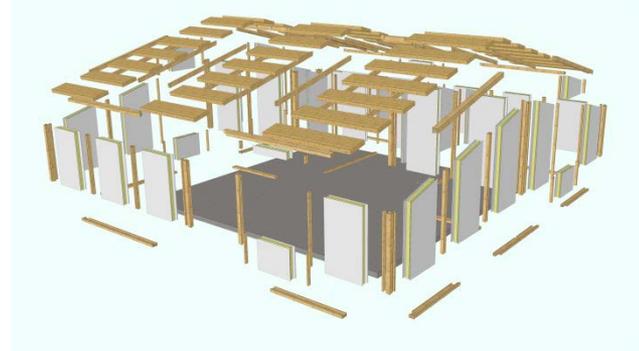
## Cerchas prefabricadas con placas metálicas dentadas



## Desarrollo de un sistema constructivo ultraligero de alta eficiencia



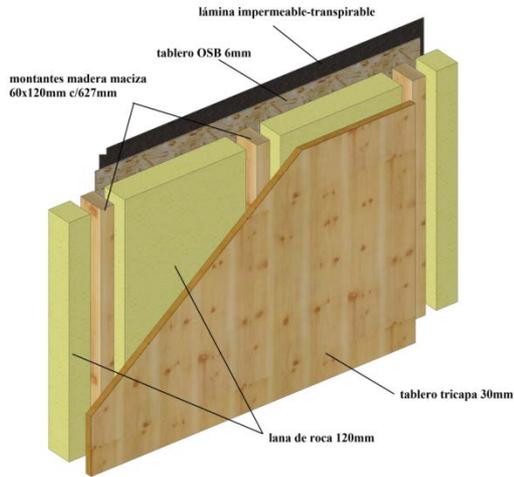
amateX



CE



# Desarrollo de paneles entr laminados



Montantes - Microsoft Excel

| MONTANTES DE ENTRAMADO LIGERO          |      |       |
|--|------|-------|
| <b>DATOS GEOMÉTRICOS</b>               |      |       |
| altura del montante                    | 3000 | mm    |
| ancho (b)                              | 60   | mm    |
| carre (h)                              | 150  | mm    |
| separación entre montantes             | 627  | mm    |
| separación entre elementos de fijación | 200  | mm    |
| <b>ACCIONES</b>                        |      |       |
| planta de cálculo                      | P1   |       |
| nº de forjados de entreciata por tramo | 1    |       |
| <b>carga permanente</b>                |      |       |
| carga permanente forjada               | 2,00 | kl/m² |
| carga permanente cubierta              | 1,00 | kl/m² |
| carga característica por planta        | 3,40 | kl/m  |
| <b>sobrecarga de uso</b>               |      |       |
| sobrecarga de uso forjado              | 2,00 | kl/m² |
| sobrecarga de uso cubierta             | 0,40 | kl/m² |
| <b>INDICES DE AGOTAMIENTO</b>          |      |       |
| flexión                                | 0,29 | OK    |
| cortante                               | 0,05 | OK    |
| compresión                             | 0,49 | OK    |
| tracción                               | 0,72 | OK    |
| flexión                                | 0,32 | OK    |

**CLASE RESISTENTE** C24

longitud forjado/cubierta soportada por el muro: 5,00 m  
 altura máxima cubierta: 9,00 m

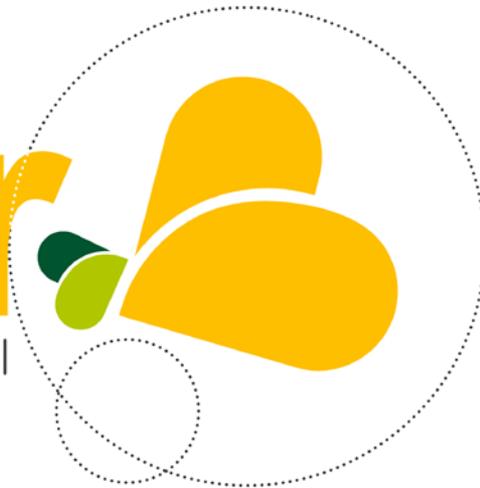
**carga de nieve** carga de nieve cubierta: 1,00 kl/m²

**carga de viento** zona viento/presión dinámica: A  
 tipo de emplazamiento: Pluvial absoluto  
 coeficiente de presión max. en cubierta: 1,00



**cese****for**

Centro de Servicios y Promoción Forestal  
y de su Industria de Castilla y León



[www.cesefor.com](http://www.cesefor.com)

