

Pino silvestre con fines estructurales

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LA MADERA ESTRUCTURAL DE *Pinus sylvestris* L. Y SU CLASIFICACIÓN POR MÉTODOS AUTOMÁTICOS

EVA HERMOSO PRIETO

Desde que a comienzos de los años 90 aparece en Europa una corriente de búsqueda de calidad afectando a los productos, procesos y actividades de todos los sectores, se inicia el desarrollo de la normativa Europea en el sector de la construcción. Con la constitución de dicha normativa se pretende establecer los requisitos esenciales que deben cumplir los productos según su destino final.

El eurocódigo 5, establecido por el Comité Europeo de Normalización CEN TC 250, instaura el cálculo de las estructuras de madera basado en el método de los estados límites. Para aplicar este procedimiento se requiere conocer las clases de resistencia asignadas a las distintas calidades del material, las cuales se obtienen necesariamente a partir del cálculo de sus valores característicos.

En el Laboratorio de

Maderas del Centro de Investigación Forestal del INIA, se viene realizando la compleja labor de caracterizar mecánicamente las maderas de tamaño estructural de las especies de pino españolas utilizadas habitualmente, para poder disponer de esa asignación de clases resistentes para cada una de sus calidades.

Además, la necesaria caracterización sirve de vía para profundizar en el estudio de técnicas nuevas y modernas de clasificación de la madera, ya que las calidades deben ser determinadas previamente, así como para la evaluación de los métodos de ensayo no destructivos según la evolución de las revisiones normativas, permitiendo contrastarlas y actualizarlas.

Asimismo es importante considerar esta asignación resultante a clases resistentes debido a la

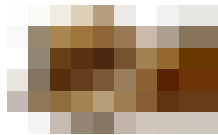
conveniencia de su inclusión en la normativa europea EN 1912, norma que recoge todas las asignaciones por especies, calidades y procedencias en el ámbito europeo y por tanto referencia clave para los diseñadores de estructuras y para asegurar la competitividad de la madera dentro del Mercado Único.

Bajo esta situación, la realización de este estudio surge por dos grandes motivos. El primero consiste en completar la caracterización mecánica de la madera estructural del pino silvestre para cumplir los nuevos requisitos de las normativas, que fueron básicamente tres: la utilización de un muestreo que refleje el rango de dimensiones para los que la norma es aplicable, representar las posibles zonas de procedencia del material e introducir las modificaciones de clasificación visual dadas

por la norma UNE 56.544.

El segundo, surge de la oportunidad brindada a través de la financiación de dos proyectos realizados en el Laboratorio de Maderas del CIFOR-INIA, de evaluar la calidad del pino silvestre utilizando técnicas automáticas modernas y actuales tanto en Europa como en otros continentes, pero no usuales en España, mediante la adquisición de una máquina mecánica tipo SG-AF y otra de tipo no mecánico de ultrasonidos (Sylvatest).

Al acometer este trabajo se disponía de datos de algunas regiones de procedencia del pino silvestre, como la de Valsaín (datos facilitados por AITIM), Navarra y Rascafría, correspondientes a la Sierra de Guadarrama, Navaleño y Quintanar, caracterizando la región de las Montañas Soriano-Burgalesas y Álava, de la

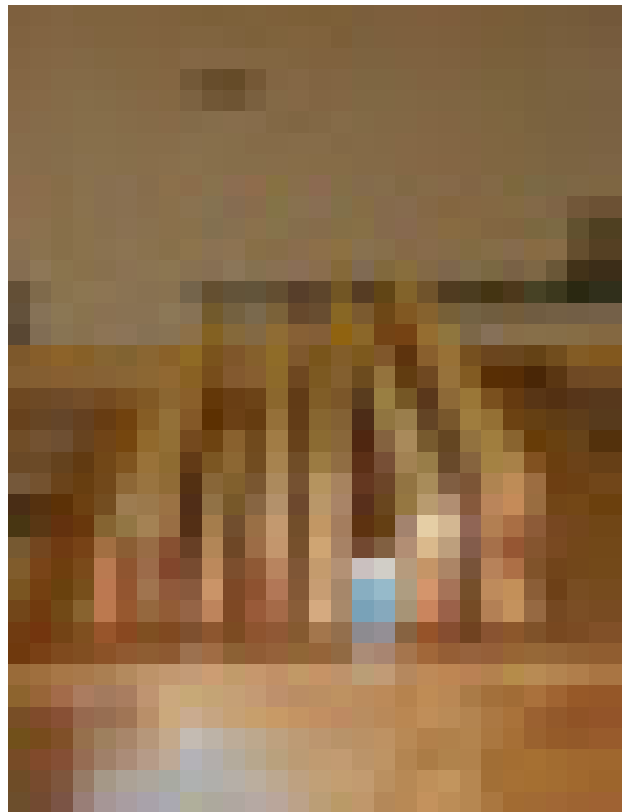


PRODUCTOS

zona del *Alto Ebro*. Desechando aquellas regiones que por su carácter relíctico o de conservación no eran aptas para aportar madera estructural, se eligieron dos zonas más para ampliar el muestreo: Cuenca, región de los *Montes Universales* y Navarra, correspondiente al *Prepirineo*, utilizadas también para incluir las nuevas dimensiones en el estudio, en centímetros: 10x4x200, 10x5x200, 15x4x300, 15x5x300, 15x7x300, 20x7x400.

Sobre esta muestra (1661 vigas) se analizaron el uso de las variables clasificatorias no destructivas y su aptitud como predictoras de la calidad mecánica del material. La normativa dada por el CEN TC 124, determina el procedimiento de obtención de estas propiedades (Módulo de Elasticidad, Módulo de Rotura, Densidad, etc.) y buscando una mayor facilidad, precisión y fiabilidad en las medidas han ido cambiando acorde a las experiencias obtenidas.

Como resultado del análisis de los rendimientos obtenidos en las calidades visuales (Madera Estructural de primera, de segunda y de rechazo) para cada una de las distintas regiones de procedencia se puede derivar que no existen diferencias significativas entre ellas, destacando la región de la Sierra de Guadarrama con un porcentaje de rechazos menor que el resto. Esto



DIMENSIONES DE LA MUESTRA DE MADERA ESTRUCTURAL DE *PINUS SYLVESTRIS*.

puede ser debido a la influencia de la muestra de Valsaín, proveniente de un monte gestionado excelentemente y por tanto resultando una cantidad de madera de baja calidad menor. Así mismo también resalta el superior rendimiento de maderas de rechazo de los *Montes Universales*, pudiéndose explicar porque estos bosques se encuentran en condiciones de suelo y climatología rozando el límite para el crecimiento del pino silvestre.

Un dato importante para el aserrador es conocer la trascendencia de la obtención de madera estructural de trozas de distintas alturas del árbol. Para pino silvestre, y análogamente para

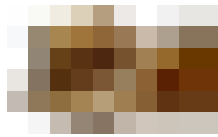
otras especies de pino, se comprobó como el rendimiento de madera de buena calidad es mayor siempre en trozas bajas del árbol, hasta unos 9 metros, mientras que los porcentajes disminuyen conforme subimos en altura del árbol dando lugar a elevados rendimientos de madera estructural de mala calidad. Por tanto para evitar costes innecesarios se aconseja la selección previa de la troza de acuerdo a la madera estructural que se desea obtener.

Tras el cálculo y análisis de las propiedades clasificatorias para la madera de pino silvestre, la asignación de clases resistentes por calidades visuales fue elegida

siguiendo criterios conservacionistas, previendo la inclusión de estos datos en la normativa europea como representación de la madera de pino silvestre de España y por esta razón se escogió el mínimo valor de los obtenidos para las regiones. Teniendo en cuenta esta decisión se considera la clase resistente de C27 para madera estructural de primera y C18 para madera estructural de segunda.

Asimismo hay que destacar que constituye un resultado valioso conocer las asignaciones de clases resistentes para cada una de las regiones de procedencia debido a las características que posee el mercado español de la madera estructural, local sobre todo. Igualmente queda pendiente la posible introducción en la normativa de la clase resistente obtenida como media ponderada entre las regiones.

Una crítica sobre la actual norma de clasificación visual basada en los datos obtenidos para el pino silvestre, saca a relucir la falta de justificación en la penalización resistente que se aplica a las piezas de primera calidad que poseen médula. También se considera que este método de determinación de la calidad subestima bastante las piezas pese a los esfuerzos por introducir nuevos parámetros de medida en



PRODUCTOS

la norma UNE 56.544 para intentar paliarlas, como los nudos axiales, y aunque el estudio de estas modificaciones debe continuarse, por el momento no parecen resolutorios.

También se ha realizado el estudio de la predicción de la resistencia utilizando variables clasificatorias no destructivas atendiendo a su posible aplicación industrial. La Densidad, el Módulo de Elasticidad Local, el espesor medio y máximo del anillo de crecimiento u otros parámetros visuales, por ser medidas no inmediatas o con variaciones acusadas, no tienen una utilidad práctica a nivel industrial. Sin embargo la determinación del Módulo de Elasticidad Global medido en el canto de la viga, aporta buenas relaciones con la resistencia y su medida resulta sencilla y fiable.

Precisamente buscando la utilidad industrial de los métodos de clasificación, se ha llegado al uso de las máquinas automáticas. Estas pueden ser de dos tipos, mecánicas o no mecánicas.

Su procedimiento se basa en las buenas relaciones que existen entre el Módulo de Elasticidad y el Módulo de Rotura y por tanto miden el valor del primero en cada pieza de madera. Permiten conocer directamente la clase resistente de la pieza y para ello previamente deben calcularse los valores de paso de

clasificación para cada especie de madera, lo que se conoce como reglajes de ajuste. Este tipo de máquinas son habituales en los aserraderos del norte de Europa y Estados Unidos donde sale la madera clasificada ya que forman parte de la línea de producción.

Para este estudio y para la madera de pino silvestre se ha utilizado la máquina de tipo mecánico conocida como Cook-Bolinder (SG-AF) que consiste en la medición de la fuerza necesaria aplicar para obtener una deformación constante. La que posee el CIFOR-INIA es la única en España por lo que constituye una oportunidad poder usarla para determinar los reglajes de ajuste clasificatorios para las maderas españolas.

Según los resultados obtenidos, la utilidad de este tipo de máquinas es la producción de mejoras en los rendimientos clasificatorios respecto a la clasificación visual de hasta un 23%, lo que revierte en la rápida amortización de los costes de la maquinaria.

Igualmente se utilizó la máquina de ultrasonidos Sylvatest como método de clasificación de la madera no mecánico, pero no fue posible aplicarlo sobre la totalidad de la muestra del pino silvestre, por lo que el estudio de su utilidad no resultó por el momento reseñable, por lo que

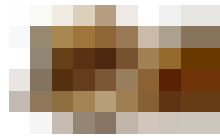
queda supeditado a estudios posteriores. Este método consiste en determinar la velocidad de propagación de una onda ultrasónica a través de la madera, mediante la medida del tiempo que tarda en recorrerla, para a partir de ella obtener el Módulo de Elasticidad.

Existen otros tipos de máquinas automáticas como Computermatic, Timgrader, Dynagrade, Finnograder, Resistógrafo, etc., cuya diferencia radica en el parámetro que miden para determinar el Módulo de Elasticidad (la fuerza, la deformación, la frecuencia de resonancia, absorción de radiaciones, etc.) y en las producciones que se obtienen.

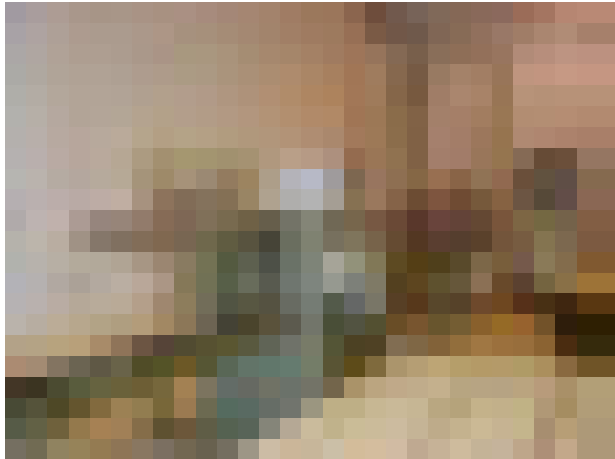
La labor de la caracterización mecánica de la madera de uso estructural debe ser realizada para el relanzamiento del uso de este material en la construcción, debiendo conocer las técnicas modernas actuales de clasificación en el ámbito mundial para aprovechar las ventajas que de ellas se pueden obtener y permitir que las garantías ofrecidas por el mercado de la madera sean cada vez mayores.

El presente artículo es un resumen de la tesis doctoral de Eva Hermoso. Título Tesis: Caracterización mecánica de la madera estructural de *Pinus sylvestris* L.

Defendida: día 19 de diciembre de 2001 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la UPM.
Calificación: Sobresaliente Cum Laude por unanimidad.
Tribunal:
Presidente: Dr. D. Antonio Guindeo Casaus
Vocales: Dr. D. Francisco Arriaga Martitegui
Dr. D. Rafael Díez Barra
Dr. D. Luis Acuña Rello
Secretaria: Dra. D^a Paloma de Palacios de Palacios ■



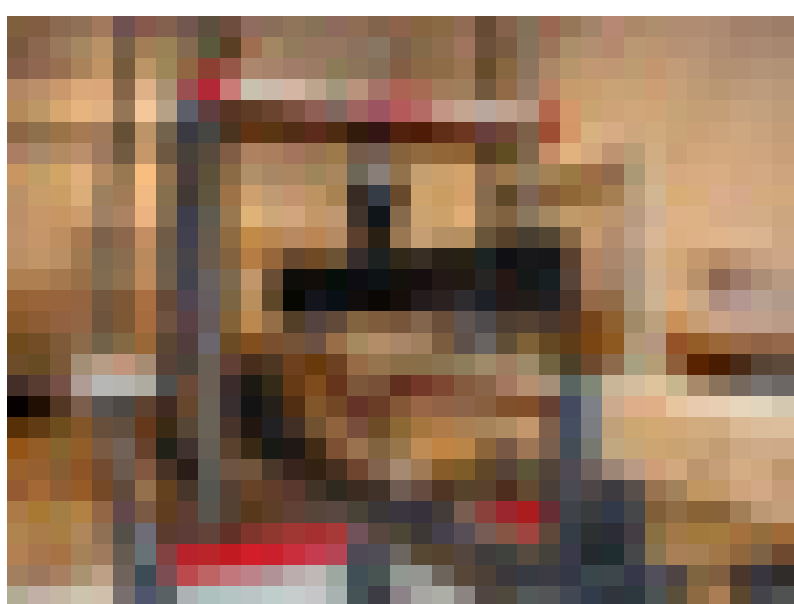
PRODUCTOS



CLASIFICACIÓN MECÁNICA AUTOMÁTICA DE LA MADERA ESTRUCTURAL MEDIANTE LA MÁQUINA COOK-BOLINDER (SG-AF).



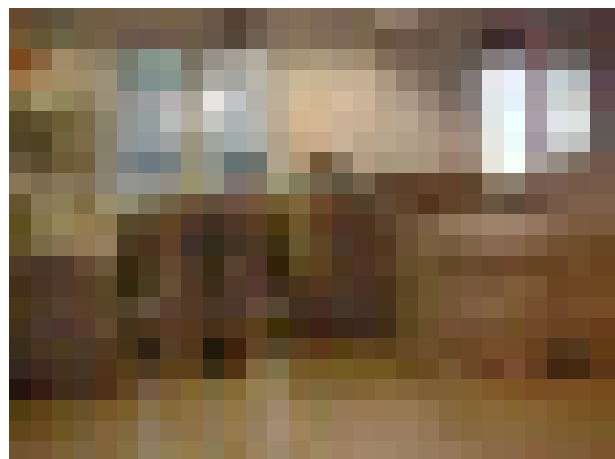
MEDICIÓN DEL ESPESOR MÁXIMO Y MEDIO DE LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO



MEDIDA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD LOCAL, GLOBAL Y GLOBAL DE CANTO SEGÚN EN 408.



CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE LA MADERA ESTRUCTURAL MEDIANTE EL MÉTODO DE ULTRASONIDOS.



MADERA APILADA EN LA NAVE DE ENSAYO



CLASIFICACIÓN VISUAL DE LA MADERA ASERRADA DE USO ESTRUCTURAL SEGÚN UNE 56.544.