

LIFE EcoTimberCell



Con la contribución del
instrumento financiero
LIFE de la Unión Europea



LIFE
EcoTimberCell

Webinario EcoTimberCell

Bloque I: Caracterización de la
madera estructural

Métodos no destructivos

Raquel Gonçalves

02 de junio 2021 / Online



Contenido

- Que son métodos no destructivos
- Ventajas y desventajas
- Cuándo y dónde aplicar
 - Algunos (pocos) aspectos teóricos y tipos de ensayos
 - Aplicaciones
- Tipos de aplicación



¿Qué son?



Son herramientas de **caracterización, clasificación e inspección** que permiten inferir propiedades y condiciones del material sin causar daños irreversibles.

↓

Clasificación visual

↓

Ensayo de flexión en el rango elástico

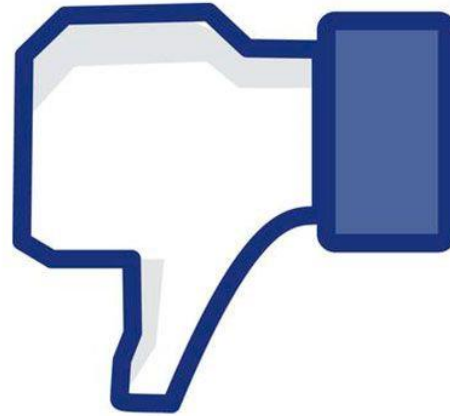
Métodos que utilizan la propagación de ondas en el material o la vibración del propio material

¿Cuáles son las ventajas?



- Puede repetirse sobre el mismo material muchas veces
- En general los equipos son portátiles → ensayos “in situ”
- Se puede aplicar en diferentes formas del material (más amplio)
- Normalmente los equipos son más económicos que las máquinas de pruebas

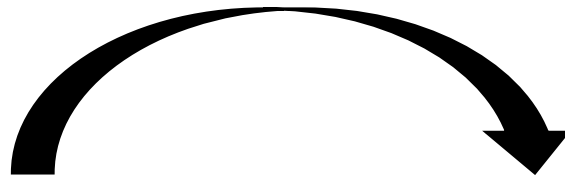
¿Cuáles son las desventajas?



Poco conocido → desconfianza en su veracidad

Pocas normas o protocolos → falta de confianza en su aplicación

Resultado indirecto → necesita calibración

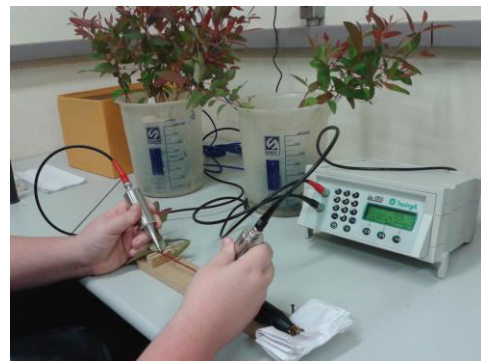
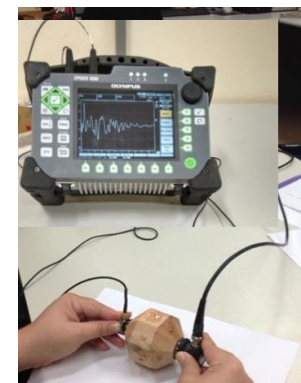


Así como los ensayos estáticos para clasificación de madera, las técnicas no destructivas deben ser aplicadas en asociación con la clasificación visual

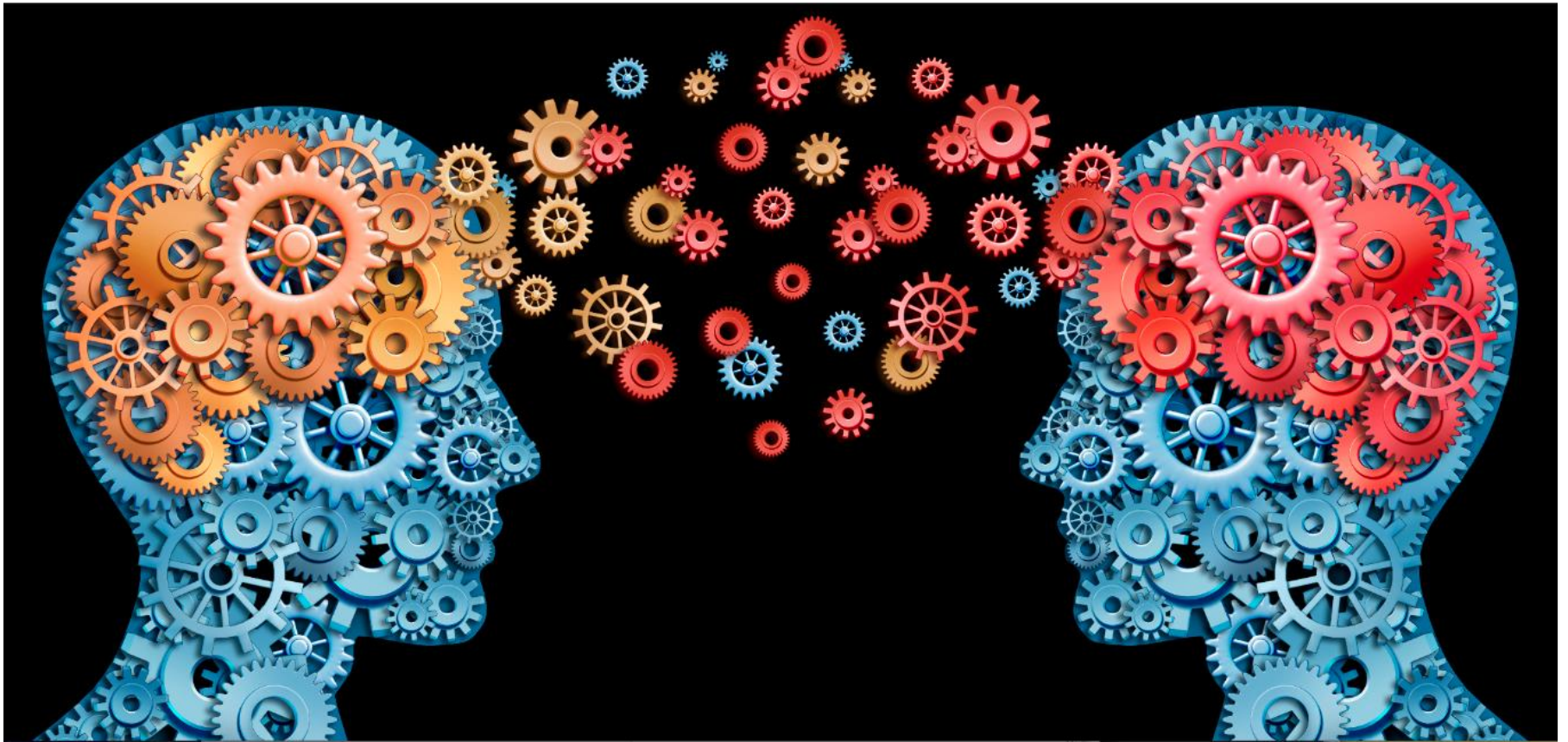
Dentro de cada clase visual las metodologías permiten separar la madera por características mecánicas, principalmente rigidez pero también por resistencia (correlaciones)

¿Cuándo aplicar?

¿Dónde se puede aplicar?



Se puede aplicar en toda la cadena del proceso...



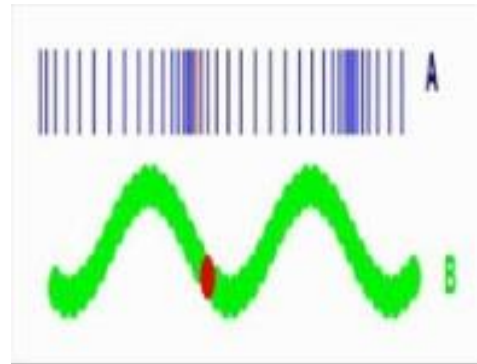
Un poco de teoría

Para mejorar la confianza

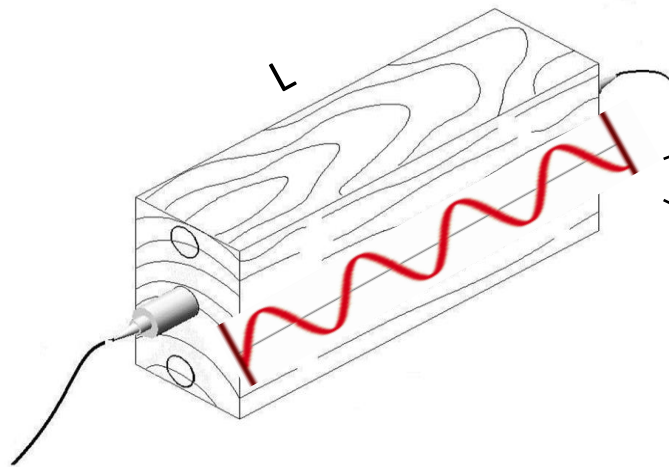
Se denominan mecánicas porque necesitan soporte material (materia, agua o aire) para que se produzcan.

Estas ondas permiten la propagación de la energía sin modificar las propiedades de la materia y utilizan el medio para transportar esa energía. Cuando las ondas mecánicas se propagan, excitan las moléculas del material. Tienen una dirección de propagación de la onda y una dirección de excitación del material, que llamamos dirección de polarización de la onda.

Las ondas pueden ser longitudinales (dirección de propagación = dirección de polarización) o transversales (dirección de propagación \perp dirección de polarización), también llamadas ondas de compresión y de corte respectivamente.



<https://www.youtube.com/watch?v=MoVz2ENJb8M>



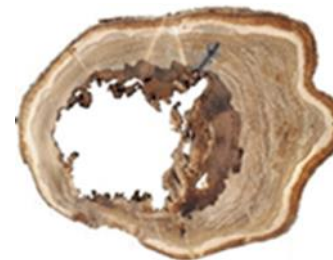
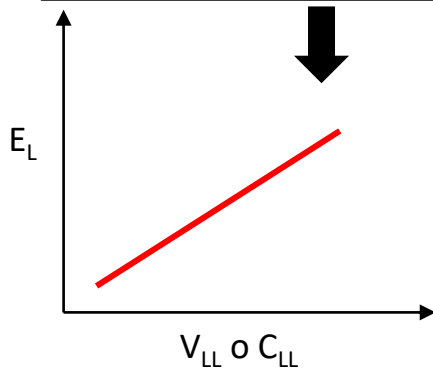
Velocidad de propagación $V_{LL} = L/t$

Coefficiente de rigidez $C_{LL} = \rho V_{LL}^2$

Al propagarse a través del material hay un transporte de energía y la velocidad depende de la elasticidad del medio

En medios mas rígidos la onda se propaga más rápido

En medios mas íntegros la onda se propaga más rápido



Tomografía ultrasónica.

$V < V < V < V$

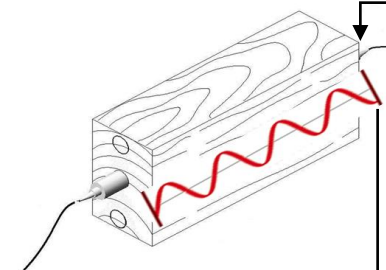
Respuesta del material a la polarización de la onda

Ultrasonidos



El transductor emisor transforma el pulso eléctrico en pulso mecánico (onda)

La onda se propaga por el material y llega al transductor receptor



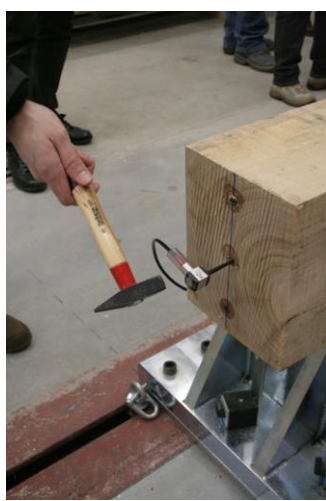
El equipo emite un pulso eléctrico que llega al transductor emisor.
Se puede controlar la frecuencia

El transductor receptor recibe la onda y la transforma nuevamente en una señal eléctrica.

El equipo mide el tiempo (t) de viaje de la onda (desde el emisor al receptor) y muestra ese tiempo en microsegundos.

Descripción simplificada del ensayo

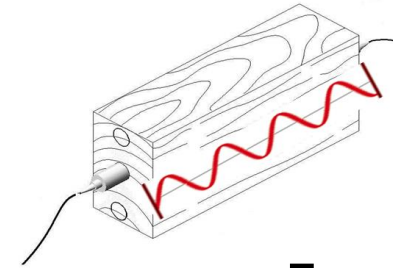
Ondas de tensión



La emisión del pulso mecánico se realiza directamente mediante un martillo



La onda se propaga por el material y llega al transductor receptor

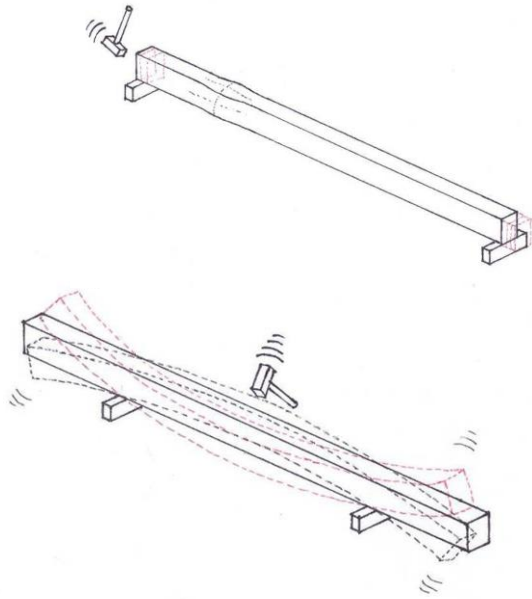


La onda es recogida en el transductor receptor y transformada en una señal eléctrica.



El equipo mide el tiempo (t) de viaje de la onda (desde el emisor al receptor) y muestra ese tiempo en microsegundos.

Vibración



Se hace vibrar el material con el pulso aplicado directamente en la pieza

El impacto hace que la pieza vibre en su frecuencia natural

Se hace la captación de la frecuencia con un micrófono y un software, o bien, con un equipo compuesto por ambos dispositivos.



Con esta frecuencia de vibración (f) se calcula el modulo de elasticidad

$$E_{\text{vib}} = \rho (2 \cdot L \cdot f)^2$$

Aplicaciones

A decorative white torn paper edge runs horizontally across the bottom of the slide, with irregular, jagged edges that create a layered effect against the black background.

Caracterización elástica



Determinar todas las propiedades elásticas de una especie de madera

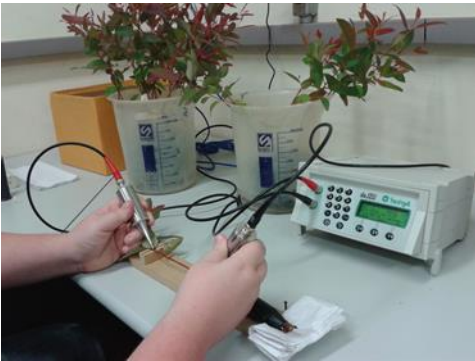


Módulos de elasticidad longitudinales en las tres direcciones: E_L , E_R , E_T

Módulos de cizallamiento en los tres planos: G_{LR} , G_{LT} , G_{RT}

Coefficientes de Poisson: ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR}

Aplicaciones Forestales



Predecir las propiedades de la madera producida por la masa forestal (antes de la corta o en la troza)

Seguir la evolución de propiedades de la madera en la masa forestal

Ejemplo: Evaluar el desarrollo de un clon en función de características edafoclimáticas del plantío o la evolución de propiedades a lo largo del tiempo



Clasificación de Madera estructural



Con correlaciones previamente determinadas (C_{LL} o E_{vib} X E_M o f_M)

Algunos equipos ya están configurados para indicar la clase resistente para algunas especies

Ejemplo: ultrasonidos (Sylvatest 4) y vibración (MTG) según la EN 338



Algunos países ya poseen normas de clasificación o aceptan el ensayo como herramienta de clasificación una vez calibrado

Ejemplo: ABNT NBR 15521 (Brasil para ultrasonidos)

Ejemplo de norma

ABNT NBR 15521 (2007)

Classes	V_{LLsat} m/s	C_{LL} 12 % MPa	E_M 12 % MPa	$f_{c0,k}$ 12 % MPa	$E_{c0,m}$ 12 % MPa
UD - 20	$V_{LLsat} < 3\ 040$	$< 10\ 620$	$< 6\ 750$	20	8\ 000
UD - 25	3\ 040 – 3\ 690	10\ 620 – 13\ 000	6\ 750 – 10\ 420	25	12\ 000
UD - 30	3\ 690 – 3\ 950	13\ 000 – 15\ 400	10\ 420 – 13\ 020	30	14\ 000
UD - 35	3\ 950 – 4\ 140	15\ 400 – 17\ 800	13\ 020 – 14\ 920	35	15\ 000
UD - 40	4\ 140 – 4\ 300	17\ 800 – 20\ 150	14\ 920 – 16\ 520	40	16\ 500
UD - 45	4\ 300 – 4\ 390	20\ 150 – 22\ 500	16\ 520 – 17\ 420	45	18\ 500
UD - 50	4\ 390 – 4\ 490	22\ 500 – 24\ 900	17\ 420 – 18\ 420	50	19\ 500
UD - 55	4\ 490 – 4\ 600	24\ 900 – 27\ 300	18\ 420 – 19\ 120	55	20\ 500
UD - 60	$V_{LL\ sat} > 4\ 600$	$> 27\ 300$	$E_M > 19\ 120$	60	21\ 200

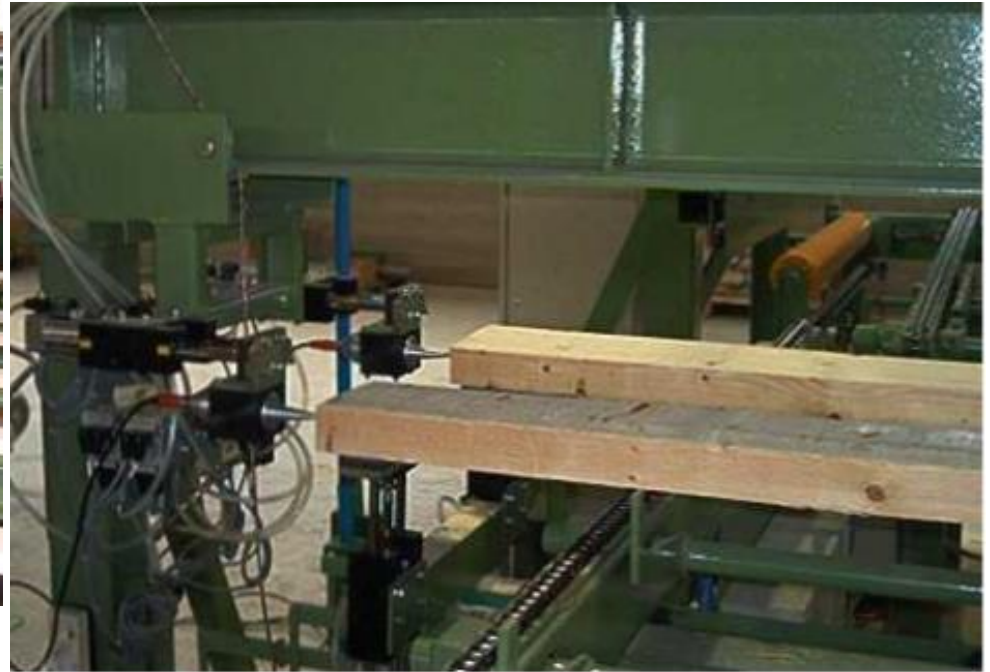
Configurada para especies tropicales

En la clasificación estructural la aplicación
(manual o automatizado)
dependerá del ámbito de empleo y del volumen
de madera a evaluar

Manual



Automatizado



Puede medir (velocidad de propagación de ondas ultrasónicas, humedad y densidad) 40 piezas de 15 m de longitud por minuto. Este equipo (Triomatic – CBT - Sylvatest) está homologado según la norma EN 14081-4 (maquinaria para clasificación estructural de madera) y configurada para indicar la clase resistente para algunas especies (EN 338) por ultrasonido

Conclusiones

Las técnicas no destructivas son herramientas útiles para clasificar o caracterizar la madera

Resultados con más precisión son obtenidos cuando se hace la calibración para la especie y también cuando se utiliza la densidad asociada a la velocidad de propagación de onda (coeficiente de rigidez) o a la frecuencia de vibración del material (E_{vib})

Cuando se tienen grandes cantidades de madera o se desea más rapidez en la clasificación se puede automatizar el proceso

