

**ensayos  
no  
destructivos**

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- **Flexión estática con pesas**
- **FFT Analyzer** (Frecuencia de vibración longitudinal)
- **FFT Analyzer** (Frecuencia de vibración transversal)
- **PUNDIT** (Tiempo de propagación de onda de ultrasonido)
- **SYLVATEST** (Tiempo de propagación de onda de ultrasonido)
- **FAKOPP** (Tiempo de propagación de onda inducida por impacto)

Los métodos de evaluación seleccionados debían ser simples, rápidos, confiables, no destructivos y de uso práctico.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Flexión estática con pesas

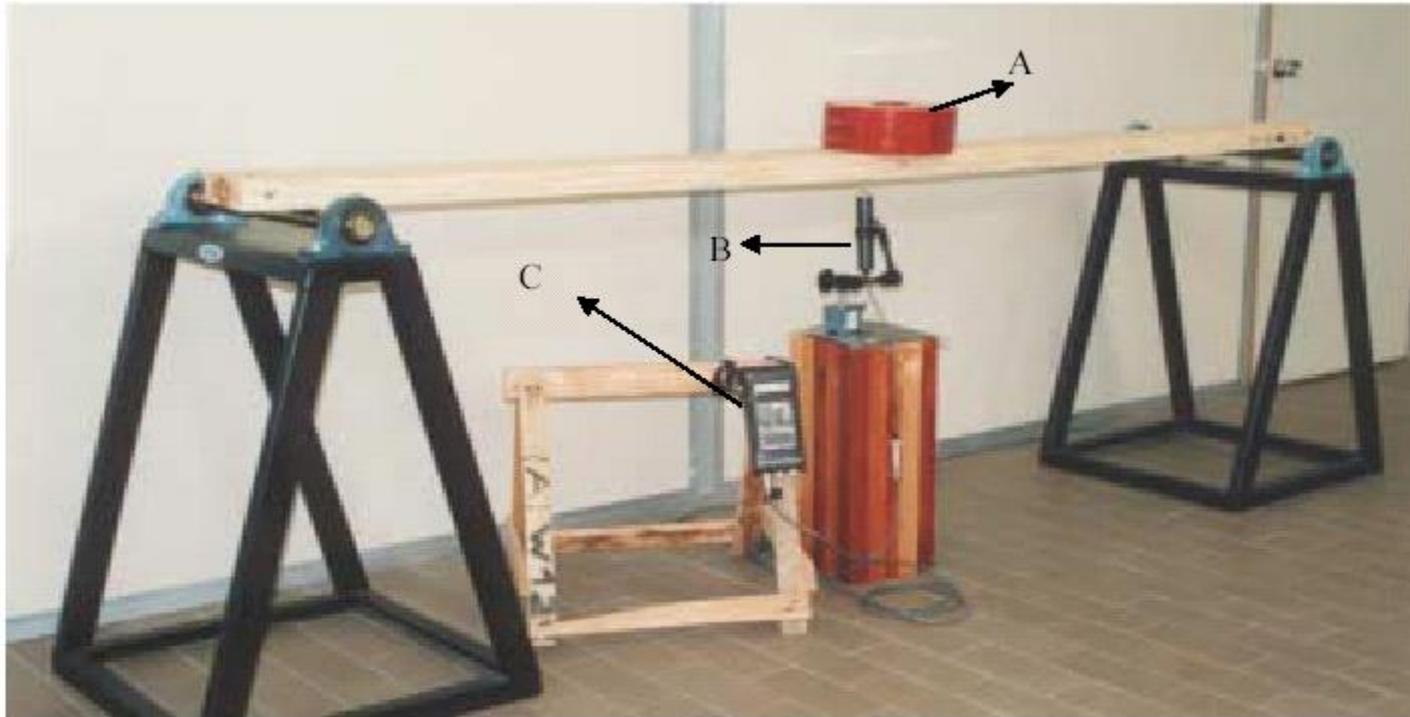


Foto N°1. Donde: A ⇨ Pesas, B ⇨ Transductor, C ⇨ Medidor digital.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Flexión estática con pesas

Este método permite medir el módulo de elasticidad estático en flexión por carga con pesas.

Mediante la aplicación de pesas sobre la tabla en el intervalo elástico y la medición con un transductor de las deformaciones que se producen, se calcula el MOE de la siguiente manera:

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Flexión estática con pesas

$$E_b = (\Delta P * s^3) / (4 * \Delta y * b * h^3)$$

donde:

$E_b$  = módulo de elasticidad

$\Delta P$  : carga de las pesas

$s$  : distancia entre los apoyos de la tabla

$\Delta y$  : deformación para  $\Delta P$

$b$  : ancho

$h$  : altura

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## FFT Analyzer



Foto N°2. Donde: A⇒ FFT Analyzer; B⇒ Micrófono; C⇒ Martillo, D⇒ Poliuretano

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## FFT Analyzer. Vibración Longitudinal

Este método utiliza un equipo denominado FFT Analyzer, que es un analizador de sonido conectado a un micrófono, donde se mide la frecuencia principal de vibración. Este equipo es de origen japonés, fabricado por la empresa AND Company, Limited.

Para realizar el ensayo se coloca la tabla apoyada sobre dos trozos de poliuretano blando para que pueda vibrar libremente. Se golpea con un martillo la cara de un extremo de la tabla y con el micrófono colocado a 5 cm de la otra cara se capta el sonido producido por la vibración longitudinal. El equipo entrega instantáneamente la frecuencia principal de vibración.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## FFT Analyzer. Vibración Longitudinal

El cálculo del MOE se realiza de la siguiente manera:

$$f-l = (n / 2 * L) * (E_{f-l} * g/\rho)^{1/2}$$

donde :  $E_{f-l}$  = MOE por vibración longitudinal

L = largo de la madera

f-l = frecuencia de la vibración longitudinal

g = constante de aceleración gravitacional

n = n° de modo = 1

$\rho$  = densidad  $\rho = w / (l*b*h)$  donde w : peso de la madera

l : largo de la madera

b : ancho de la madera

h : altura

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## FFT Analyzer. Vibración Transversal

Dicho método es similar al anterior ya que se utiliza el mismo equipo (FFT Analyzer conectado a un micrófono). En este caso el golpe se realiza transversalmente a la tabla.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## FFT Analyzer. Vibración Transversal

El cálculo del MOE se realiza de la siguiente manera:

$$f-t = y_n * (\pi/2) * (E_{ft} * I * g / (\rho * A) * L^4)^{1/2}$$

donde :  $E_{ft}$  = MOE por vibración transversal

L = largo de la madera

f-t = frecuencia de la vibración transversal

g = constante de aceleración gravitacional

$\rho$  = densidad aparente

A = área de la sección transversal

I = momento de inercia  $I = b * h^3/12$  (para piezas cuadradas)

b : ancho

h : altura

$$y_n = (n+1/2)^2 \quad (n=1)$$

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Fakopp

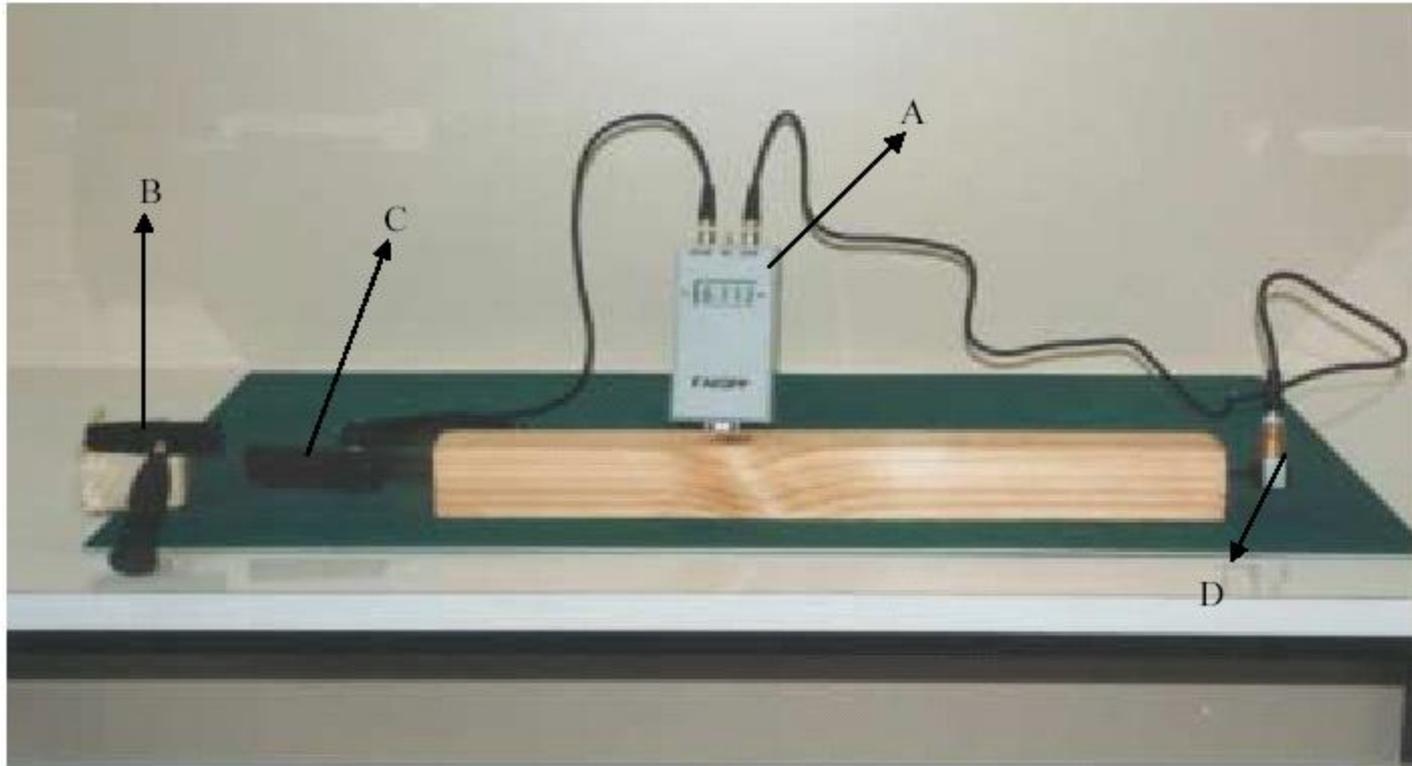


Foto N°3. Donde: A ⇨ Fakopp, B ⇨ Martillo, C ⇨ Transductor de inicio, D ⇨ Receptor.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Fakopp

El equipo para ensayos no-destructivos FAKOPP, mide el tiempo de propagación de una onda inducida por un impacto, en recorrer la distancia entre dos transductores. El nombre Fakopp proviene de la combinación de dos palabras Húngaras: “fa” y “kopp” que significan árbol y golpear. Es un equipo de origen húngaro, fabricado por la empresa ALNUS Bt.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Fakopp

El test consiste en los siguientes pasos:

- Medición de las dimensiones y del peso de la tabla.
- Clavar los sensores en los extremos de las tablas y conectarlos al equipo.
- Efectuar un golpe en el transductor de inicio “start”. El tiempo de propagación (en microsegundos) se lee inmediatamente en la pantalla.
- Cálculo de la velocidad y evaluación del resultado.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Fakopp

El Módulo de Elasticidad (MOE) se calcula de la siguiente manera:

$$1/t\text{-sw} = (E_{t\text{-sw}} * g/\rho)^{1/2} \quad \text{donde:}$$

$E_{t\text{-sw}}$ : MOE por propagación de onda de impact.

t-sw: tiempo de propagación de la onda por unidad de distancia recorrida

g : constante de aceleración gravitacional

$\rho$ : densidad  $\rho = w / (l*b*h)$  donde w : peso de la madera

l : largo de la madera

b : ancho de la madera

h : altura

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Sylvatest

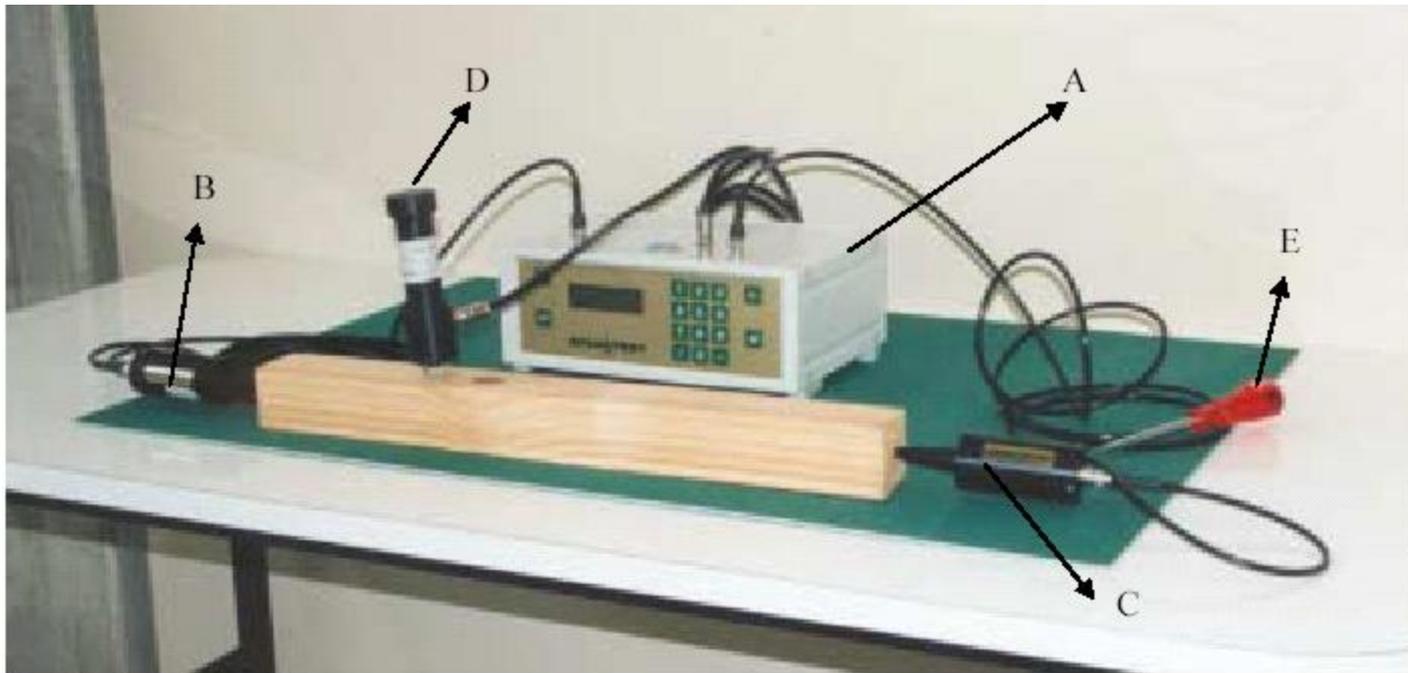


Foto N°4. Donde: A⇒ Sylvatest, B⇒ “Sender”, C⇒ “Receiver”, D⇒ Medidor de Temperatura y Contenido de Humedad, E⇒ Perforador.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Sylvatest

El Sylvatest es un equipo que permite a través del ultrasonido, la clasificación de la madera según sus propiedades mecánicas. Es de origen Suizo y fue desarrollado por IBOIS (Instituto Federal de Tecnología de Suiza).

Este equipo tiene tres cables de prueba (ver Foto N°4). Dos de las salidas consisten en transductores piezoeléctricos, donde uno genera la onda (“sender”) y el otro recibe la onda transmitida (“receiver”). La tercer salida (entre las dos anteriores) proporciona mediciones simultáneas de contenido de humedad y temperatura de la madera. Empleando el microprocesador se pueden realizar las mediciones, y los distintos parámetros (especie, tipo de sección y largo de la tabla) se pueden seleccionar con mucha facilidad.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Sylvatest

El test consiste en los siguientes pasos:

- Medición de las dimensiones y del peso de la tabla.
- Clavar los sensores en los extremos de las tablas y conectarlos al equipo.
- Efectuar un golpe en el transductor de inicio “start”. El tiempo de propagación (en microsegundos) se lee inmediatamente en la pantalla.
- Cálculo de la velocidad y evaluación del resultado.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Sylvatest

El Módulo de Elasticidad (MOE) se calcula de la siguiente manera:

$$1/t_{-uw} = (E_{t_{-uw}} * g/\rho)^{1/2} \quad \text{donde:}$$

$E_{t_{-uw}}$ : MOE por propagación de onda de impact.

$t_{-uw}$ : tiempo de propagación de la onda por unidad de distancia recorrida

$g$  : constante de aceleración gravitacional

$\rho$ : densidad  $\rho = w / (l*b*h)$  donde  $w$  : peso de la madera

$l$  : largo de la madera

$b$  : ancho de la madera

$h$  : altura

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Pundit

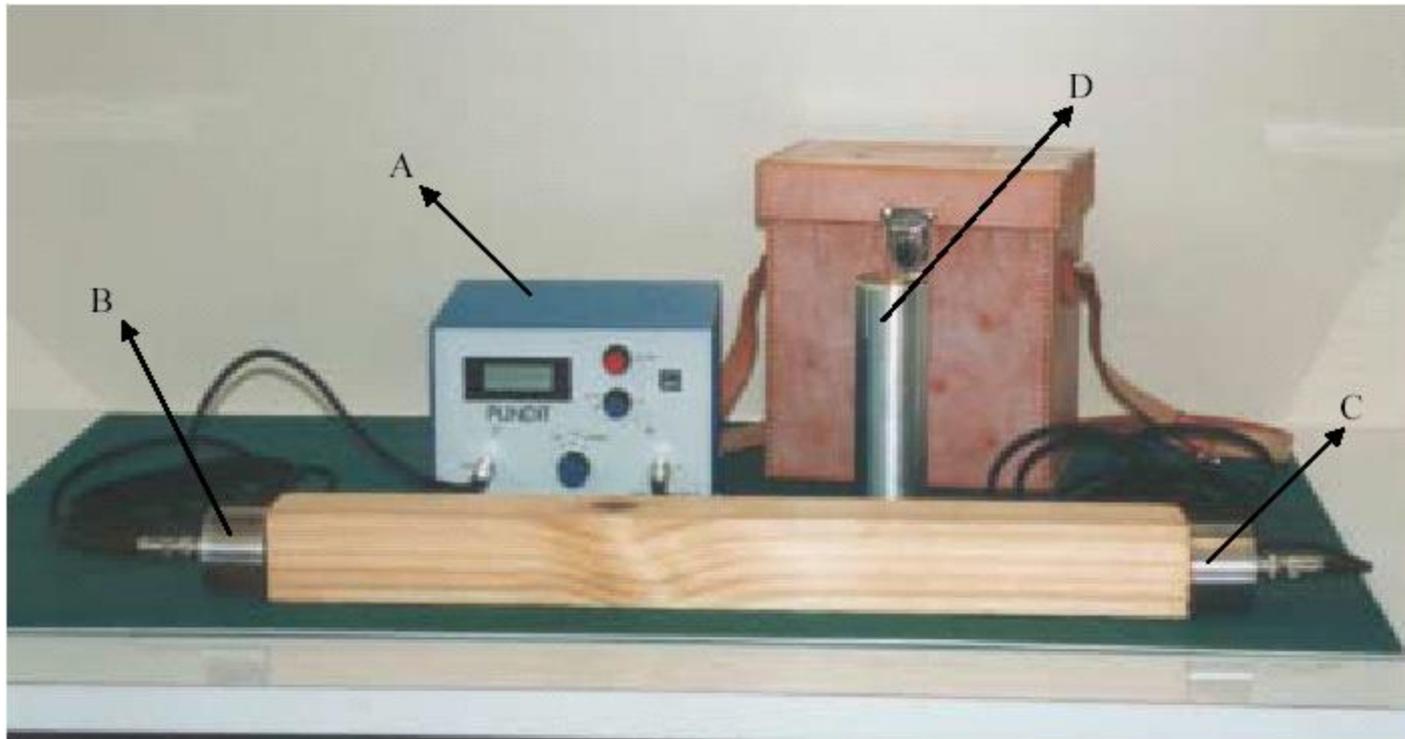


Foto N° 5. Donde: A ⇨ Pundit, B ⇨ Transductor de inicio, C ⇨ Transductor de llegada, D ⇨ Calibrador.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Pundit

Este equipo genera impulsos de ultrasonido de baja frecuencia y mide el tiempo que tarda en recorrer la distancia entre los dos transductores. Es de origen Inglés, fabricado por C.N.S. Electronics Ltd.

El equipo ha sido diseñado para que sea totalmente portátil, fácil de operar y con un alto grado de precisión y estabilidad.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Pundit

La velocidad con que impulsos de ultrasonido viajan a través de un material sólido dependen de la densidad y de las propiedades elásticas de ese material.

La calidad de ciertos materiales a veces está relacionada a su rigidez elástica, es por eso que la medición de la velocidad de un impulso de ultrasonido en ciertos materiales puede ser usada para indicar la calidad del mismo, así como para determinar sus propiedades elásticas.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Pundit

Se debe medir la distancia que los impulsos deberán recorrer a través de la madera para luego determinar la velocidad con la siguiente fórmula:

Velocidad del impulso = Distancia recorrida / Tiempo

Tanto la distancia como el tiempo se deben medir con una precisión del  $\pm 1\%$ .

El método de velocidad de impulso ha demostrado que proporciona medias confiables para la estimación de resistencias en maderas y ha sido usado para ensayar diferentes tipos de productos forestales.

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Pundit

El Módulo de Elasticidad (MOE) se calcula de la siguiente manera:

$$1/t_{-uw} = (E_{t-uw} * g/\rho)^{1/2} \quad \text{donde:}$$

$E_{t-uw}$ : MOE por propagación de onda de ultrasonido

$t_{-uw}$ : tiempo de propagación de la onda de ultrasonido por unidad de distancia recorrida

$g$ : constante de aceleración gravitacional

$\rho$ : densidad  $\rho = w / (l*b*h)$  donde  $w$ : peso de la madera

$l$ : largo de la madera

$b$ : ancho de la madera

$h$ : altura

# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Máquina Universal de Ensayos



# ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

## Máquina Universal de Ensayos



Ensayo no-destructivo en Máquina Universal de Ensayos.  
Un punto de aplicación de carga sobre la cara de la tabla más próxima a la corteza



## **Información obtenida de:**

### **Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003)**

Ensayos de Propiedades Mecánicas de *Pinus taeda*  
Por Seis Métodos No Destructivos

#### **Informe de Investigación N°4**

Julio 2001

Propiedades Mecánicas y Calidad de Madera  
de *Eucalyptus grandis* del Norte de Uruguay

**Presentación realizada exclusivamente con fines didácticos**

por Alicia Gadea

Si advierte errores,  
desea realizar consultas, comentarios y/o aportes

Contactarse con  
[proyectointerfis21@gmail.com](mailto:proyectointerfis21@gmail.com)

2008 (Revisión 2015)