

# Prácticas de laboratorio: ultrasonidos

## Evaluación no destructiva y Calidad de Estructuras

Guillermo Rus

Universidad de Granada

2023



ugr

Universidad  
de Granada

LABORATORIO  
EVALUACIÓN NO DESTRUCTIVA



# Índice

- 1 Objetivo
- 2 Método
  - Experimental
  - Numérico
- 3 Resultados

# Objetivo

Medición de las propiedades mecánicas:

- Módulo de Young
- A partir de la velocidad de ondas P
- Varios materiales

Datos:

- Densidad (conocida)
- Módulo de Poisson (conocida; se podría obtener a partir de velocidad de ondas S)
- Espesor (calibre)

Salidas:

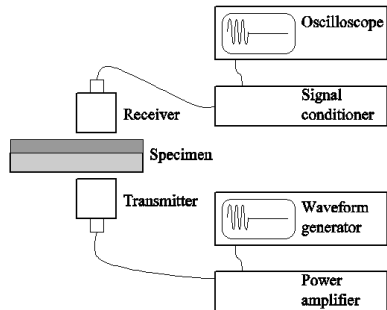
- Retardo de tiempo de vuelo de ondas P
- Velocidad de fase de propagación
- Módulo de Young

# Método experimental

Esquema de transmisión

Transmisión de pulso a 500 kHz

Acoplamiento por gel



# Método experimental

Generador de ondas:

- Forma: sinusoidal
- Amplitud: 10 vpp
- Frecuencia: 500 kHz
- Ciclos: 1
- Repetición: 1ms

# Método experimental

## Transductores

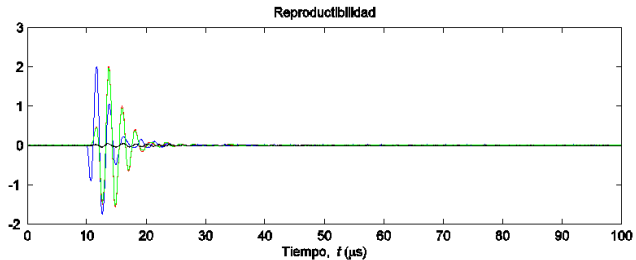
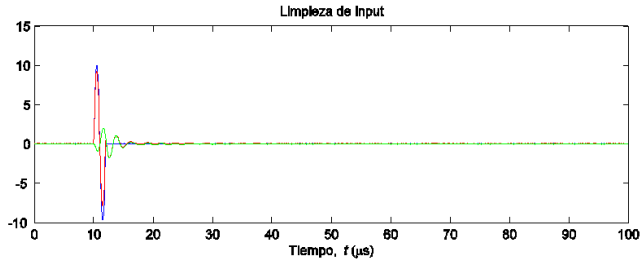
- Frecuencia central: 500 kHz
- Banda ancha

# Método experimental

## Osciloscopio

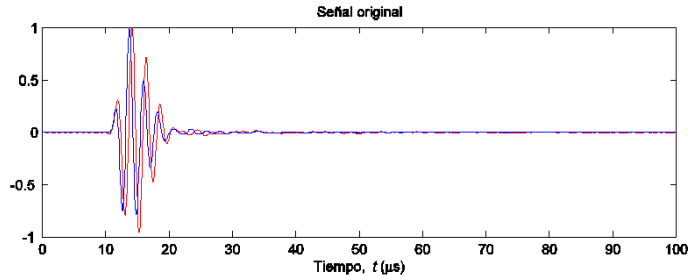
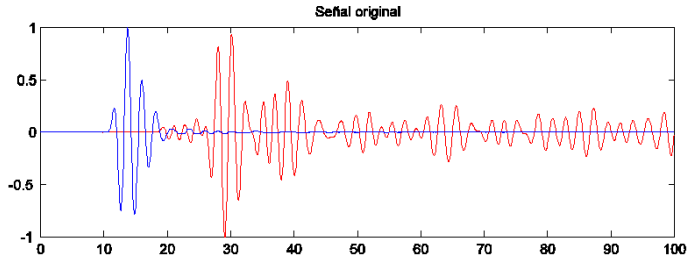
- Ventana de tiempo: 100 ms
- Muestreo: 20 MHz
- Captura: 2000 puntos
- Disparo: controlado por el generador de ondas
- Promediado: 1000x
- Transferencia a ordenador: RS232
- Formato: ASCII-DataCapturefor54620Oscilloscope

# Método experimental





# Método experimental



# Método numérico

Ecuaciones de comportamiento lineal  
Sólido compatible y en equilibrio

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad \sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + \lambda\delta_{ij}\varepsilon_{kk} \quad \sigma_{ij,j} + b_i = \rho\ddot{u}_i$$

$$(\lambda + \mu)u_{j,ji} + \mu u_{i,jj} + \rho b_i = \rho\ddot{u}_i$$

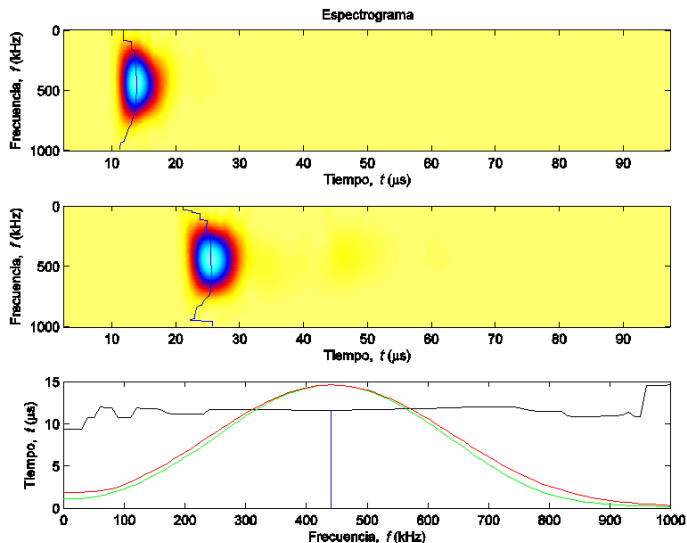
$$c_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

$$c_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

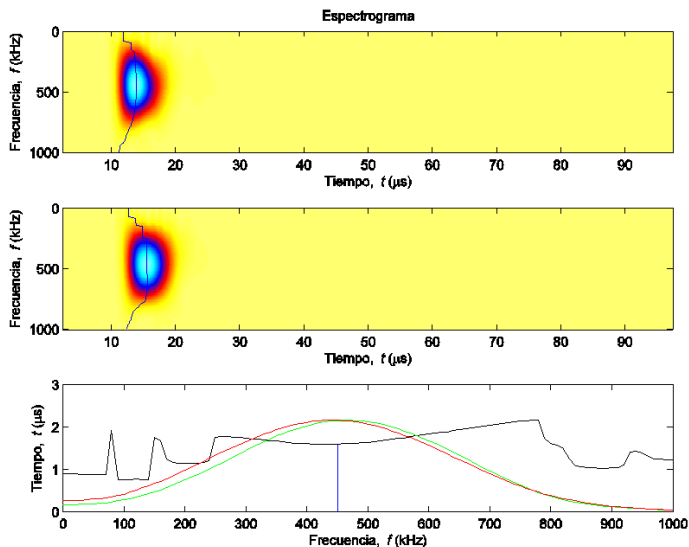
$$c_p = \sqrt{\frac{E(1 - \nu)}{\rho(1 + \nu)(1 - 2\nu)}}$$

$$c_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1 + \nu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

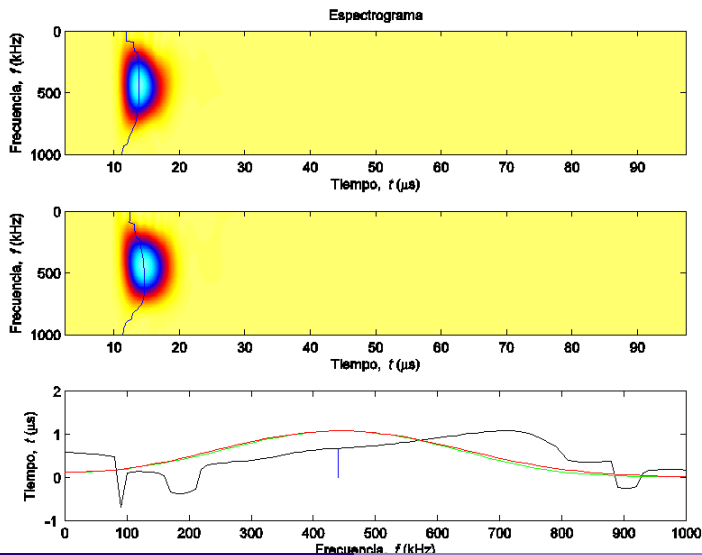
# Resultados - Roble



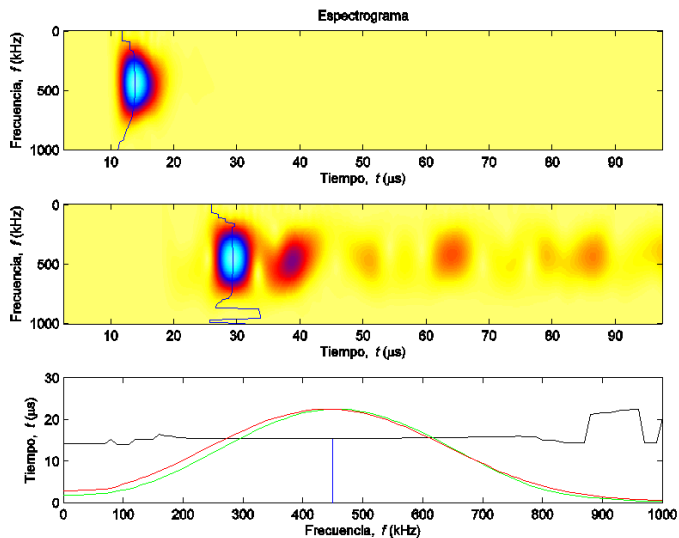
# Resultados - CFRP



# Resultados - Papel



# Resultados - AI



# Resultados

Retardo [ms]

	CFRP	Aluminio	Papel	Roble
Espectrograma	1.6000	15.4900	0.6800	11.6000
Wavelets	1.6600	15.4500	0.6700	11.6600
Deconvolución	1.2000	15.0500	5.7500	10.9500

# Resultados

Velocidad [km/s]

	CFRP	Aluminio	Papel	Roble
Espectrograma	1.4375	6.5334	0.1471	2.0690
Wavelets	1.3855	6.5503	0.1493	2.0583
Deconvolución	1.9167	6.7244	0.0174	2.1918



# Resultados

## Módulo de Younga [GPa]

	CFRP	Aluminio	Papel	Roble
Espectrograma	3.0701	85.6137	0.0177	4.1339
Wavelets	2.8522	86.0576	0.0182	4.0914
Deconvolución	5.4579	90.6929	0.0002	4.6392