

Índice

1. Introducción	1
2. Transformadas <i>wavelet</i>	9
2.1. La transformada <i>wavelet</i> continua	10
2.1.1. Definición formal de la transformada <i>wavelet</i> continua	13
2.2. Muestreo de la transformada <i>wavelet</i> continua.....	14
2.2.1. Espacios de Hilbert.....	14
2.2.2. Concepto de frame en un espacio de Hilbert.....	15
2.2.3. <i>Wavelet</i> frames	18
2.3. <i>Wavelets</i> diádicas: Implementación mediante bancos de filtros discretos	19
2.3.1. Definición DWT: algoritmo de Mallat.....	19
2.3.2. Generalizaciones del algoritmo de Mallat.....	24
2.4. Familias <i>wavelet</i>	27
3. Principios de la reducción de ruido mediante umbralización <i>wavelet</i>	29
3.1. Procedimiento básico de umbralización <i>wavelet</i>	31
3.2. Parámetros de procesado	33
3.2.1. Tipo de umbralización.....	33
3.2.2. Selección del umbral	34
3.3. Funcionamiento del procesado <i>wavelet</i> para reducción de ruido: ejemplo y discusión	35

4.	Ruido de grano o ruido estructural en evaluación no destructiva por ultrasonidos.....	41
4.1.	Ruido en ensayos no destructivos por ultrasonidos.....	42
4.1.1.	Principios de la inspección por ultrasonidos.....	43
4.1.2.	Principales tipos de ruido en END ultrasónico.....	49
4.2.	Modelos de ruido de grano.....	50
4.3.	Técnicas de reducción de ruido de grano.....	56
4.4.	Generador de trazas ultrasónicas sintéticas.....	58
4.4.1.	Generación de registros sintéticos de ruido.....	58
4.4.2.	Generación del eco del defecto a detectar.....	60
4.4.3.	Obtención de las trazas ultrasónicas sintéticas.....	61
5.	Adquisición de trazas ultrasónicas experimentales.....	65
5.1.	Equipamiento y montaje experimental.....	66
5.2.	Obtención de la respuesta pulso-eco de los transductores en un bloque de metacrilato.....	69
5.3.	Obtención de trazas ultrasónicas en acero austenítico.....	71
5.4.	Obtención de trazas ultrasónicas en composite CFRP.....	74
5.5.	Trazas experimentales compuestas.....	77
6.	Procesado DWT de trazas ultrasónicas.....	83
6.1.	Implementación de la transformada DWT.....	85
6.1.1.	Tratamiento de bordes.....	85
6.1.2.	Retardo debido al filtrado.....	87
6.1.3.	Alargamiento de las secuencias debido al filtrado.....	92
6.1.4.	Compensación de retardos y alargamientos.....	92
6.2.	Implementación de procesado DWT para reducción de ruido.....	94
6.2.1.	Parámetros ligados a la transformada.....	94
6.2.2.	Parámetros ligados al procesado no lineal en el dominio transformado.....	98

6.3.	Análisis del procesado DWT de una traza ultrasónica sintética.....	107
6.3.1.	Medida de la calidad de las trazas	112
6.3.2.	Elección de los parámetros básicos de procesado	115
6.4.	Umbralización de los coeficientes del nivel de aproximación a_J	122
6.5.	Resultados en el procesado DWT de trazas ultrasónicas experimentales	126
6.5.1.	Trazas ultrasónicas adquiridas en acero austenítico.....	127
6.5.2.	Trazas ultrasónicas adquiridas en material compuesto	129
7.	Transformadas <i>wavelet</i> no diezmadas	133
7.1.	Definición UWT: algoritmo <i>à trous</i>	135
7.2.	Implementaciones alternativas para la UWT: desplazamiento- k y diezmado- ε	137
7.3.	Equivalencia de las distintas implementaciones.....	140
7.4.	Interpretación de la transformada <i>wavelet</i> no diezmada en términos de la continua	146
7.5.	Implementación de la transformada inversa: el problema de la reconstrucción	147
8.	Procesado de trazas ultrasónicas utilizando <i>wavelets</i> no diezmadas	151
8.1.	Implementación del procesado UWT para reducción de ruido basado en el algoritmo <i>à trous</i>	152
8.1.1.	Parámetros ligados a la transformada.....	154
8.1.2.	Parámetros ligados al procesado	155
8.2.	Análisis del procesado UWT <i>à trous</i> de una traza ultrasónica sintética	156
8.3.	Resultados en el procesado UWT <i>à trous</i> de trazas ultrasónicas experimentales	161
8.3.1.	Trazas ultrasónicas adquiridas en acero austenítico.....	161
8.3.2.	Trazas ultrasónicas adquiridas en material compuesto	129

9.	Estudio comparativo y análisis de la influencia de los parámetros básicos de procesado	167
9.1.	Estudio basado en trazas ultrasónicas sintéticas.....	168
9.1.1.	Procesado DWT de trazas ultrasónicas sintéticas	170
9.1.2.	Mejoras sobre el procesado DWT básico: umbralización de a_J y procesado UWT.....	175
9.2.	Estudio basado en trazas experimentales compuestas.....	183
9.3.	Análisis de la influencia de la <i>wavelet</i> madre.....	190
10.	Algoritmo <i>cycle-spinning</i> para el procesado de trazas ultrasónicas	203
10.1.	Implementación del procesado <i>cycle-spinning</i> para reducción de ruido	204
10.2.	Resultados del procesado <i>cycle-spinning</i> de trazas ultrasónicas sintéticas	207
10.3.	Resultados del procesado <i>cycle-spinning</i> de trazas ultrasónicas experimentales	209
11.	Mejoras adicionales sobre el procesado UWT: reducción del número de desplazamientos y reconstrucción <i>best basis</i>	221
11.1.	Reducción del número de desplazamientos en <i>cycle-spinning</i>	221
11.2.	Procesado UWT <i>best basis</i>	234
11.2.1.	Estudio del procesado <i>best basis</i> con los diferentes umbrales: Universal, Minimax y SURE.....	235
11.2.2.	Procesado <i>best basis</i> – SURE de trazas ultrasónicas sintéticas	238
11.2.3.	Procesado <i>best basis</i> – SURE de trazas ultrasónicas experimentales.....	243
12.	Conclusiones.....	251
12.1.	Conclusiones y aportaciones	251
12.2.	Futuras líneas de investigación.....	253

12.3. Publicaciones asociadas a la tesis	254
Bibliografía	257