

Bienvenid@s

WEBINAR



Sigue el Webinar

2



#WebinarsAEMAC





Dr. Cristobal García Pariente
Técnicas y Servicios de Ingeniería (TSI)
cristobal.garcia@tsisl.es

Caracterización de propiedades mecánicas y dinámicas de nano-composites y su aplicación en la industria

29 de Abril de 2021, 16:00 (Madrid, GMT+2)

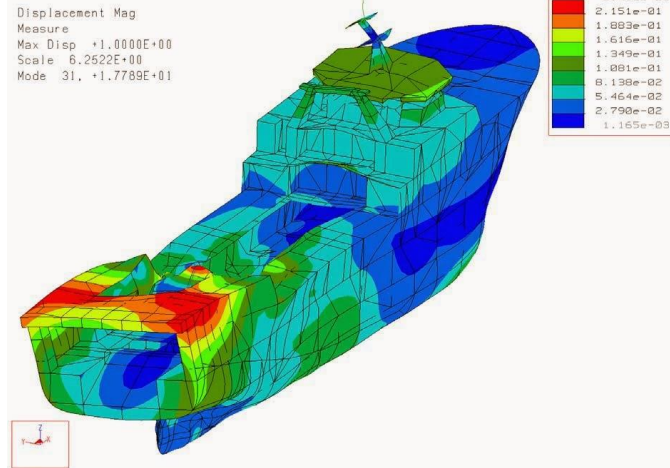


Motivacion

Impactos



Vibraciones



Delaminacion

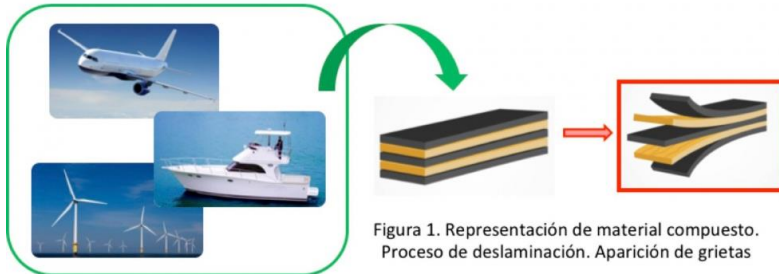


Figura 1. Representación de material compuesto.
Proceso de deslaminación. Aparición de grietas

¿Quiénes somos?

PYME **Vibraciones** **Ruido**

TSI 

Ingeniería Especializada **SIMULACIÓN FEM**
 Análisis **Dinámico** **MEDIDAS** Monitorización
Mantenimiento **Instrumentación** Análisis **Causa-Raíz**



DISEÑO DE BUQUES
SILENCIOSOS. PREDICCIÓN
DE RUIDOS Y VIBRACIONES

EVALUACIÓN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONDICIÓN Y PREDICTIVO
(CBM Y PDM)

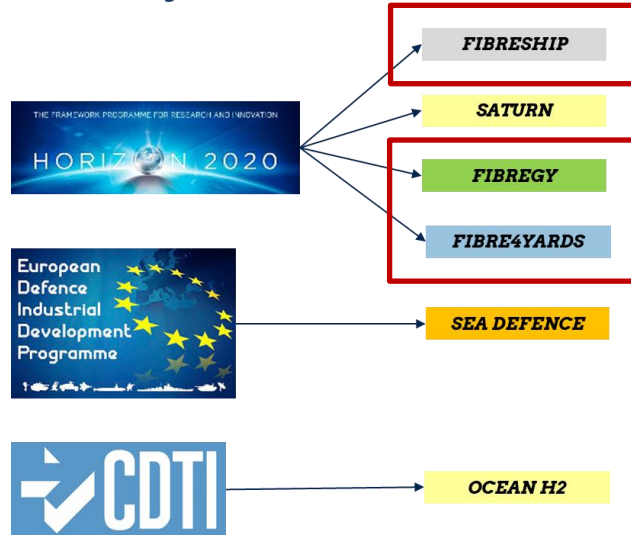
MEDICIÓN DE
RUIDOS Y
VIBRACIONES

ANÁLISIS
ESTRUCTURAL
ESTÁTICO Y DINÁMICO

SUMINISTRO Y
ASESORÍA DE
INSTRUMENTACIÓN

Recorrido de TSI en proyectos de I+D

Proyectos 2020-2025:



LÍNEAS DE INNOVACIÓN

- Ruido radiado al agua y su reducción
- Detección de cavitación mediante monitoreo de vibraciones
- Monitorización de activos industriales. Aplicación de Industria 4.0 e IoT
- Mantenimiento 4.0: Herramientas y algoritmos predictivos.
- Diseño y fabricación con materiales compuestos basados en fibra

Comportamiento mecánico y dinámico de nanocomposites

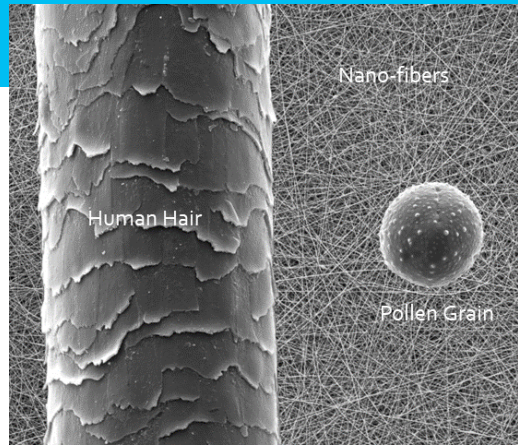


Tabla de Contenidos

1. Introducción

- ¿Qué es un nanocomposite?
- ¿Porque son tan interesantes desde un punto de vista mecánico y dinámico?

2. Materiales

- Fabricación de nanofibras con la técnica de Electrospinning
- Procesado de materiales compuestos reforzados con nanofibras

3. Comportamiento dinámico de nano composites

- Caracterización dinámica de los nanocomposites
- Efecto de nanofibras de PA/PCL en frecuencias naturales y amortiguamiento

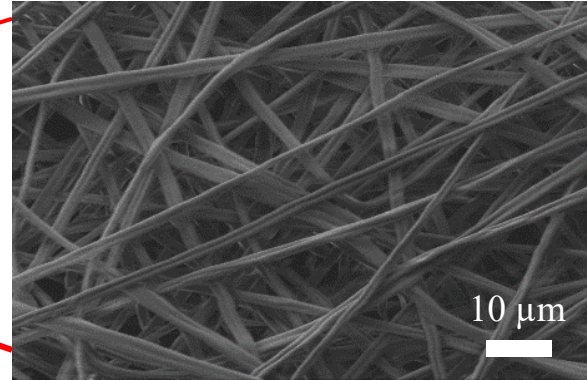
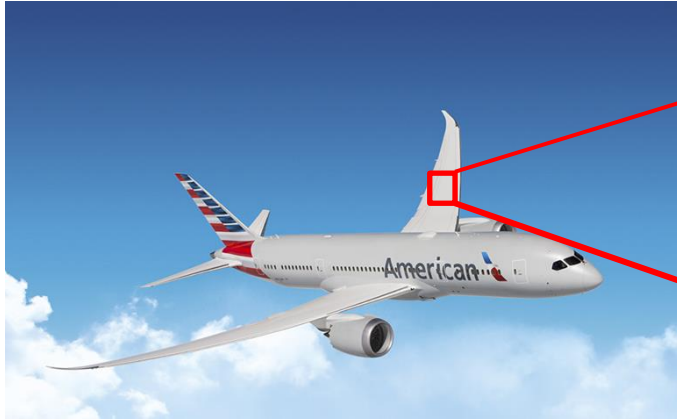
4. Comportamiento mecánico de nano composites

- Caracterización mecánica de los nanocomposites
- Efecto de nanofibras de PA /PCL en eventos de impactos y fallos de delaminación

5. Conclusiones

1. Introducción

¿Qué es un nano-composite?



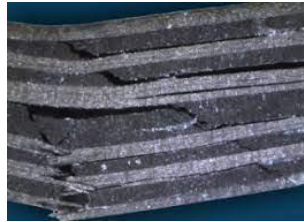
Una nuevo tipo de materiales compuestos reforzados con fibras de pequeño tamaño (nanómetros)

1. Introducción

¿Porque son tan interesantes desde punto de vista mecánico y dinámico?



Mayor Resistencia a Impactos



Menor probabilidad de sufrir fallos de Delaminación



Mejor comportamiento vibratorio (mayor capacidad de disipar energía)

Mejores Propiedades Eléctricas

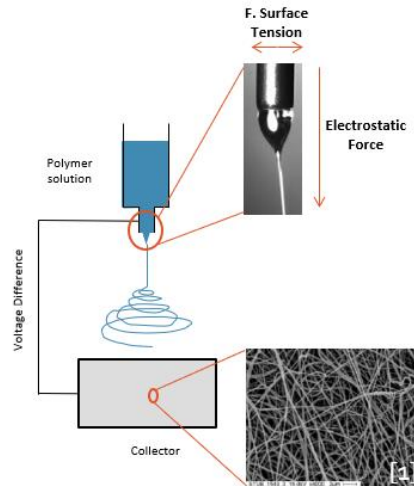
Mejor comportamiento frente al fuego

La adición de nanofibras en materiales compuestos laminares puede mejorar sustancialmente sus propiedades

2. Materiales

Fabricación de nanofibras con la técnica de electrospinning

Electrospinning es un técnica de fabricación de nanofibras. El tamaño, diámetro y la cantidad de nanofibras quedan determinados por las siguientes variables.



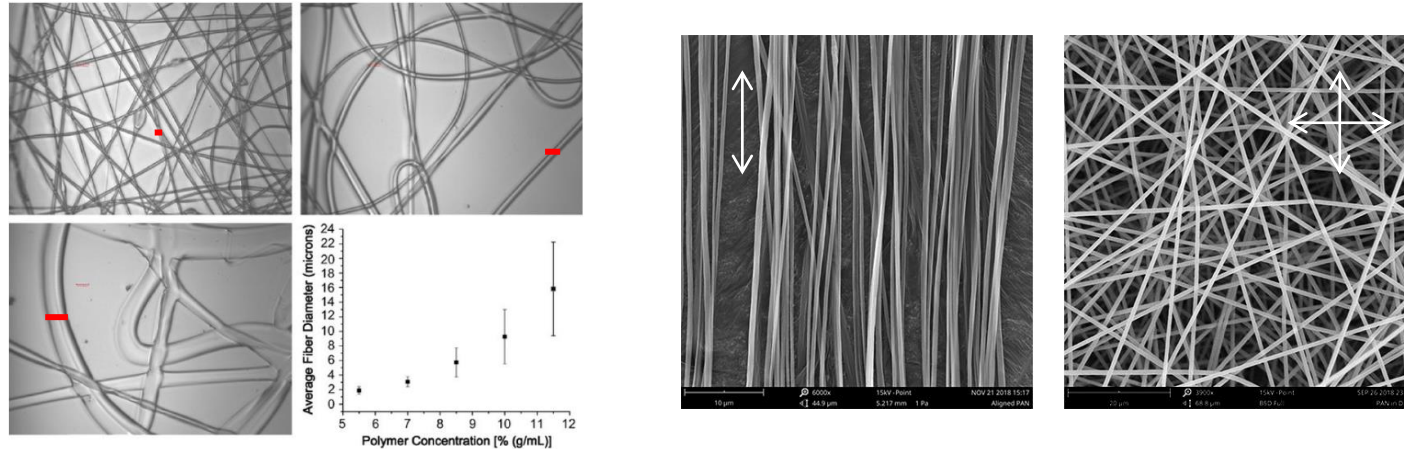
Parámetros de la solución química:
viscosidad, concentración, conductividad, etc.

Parámetros de fabricación:
Potencial eléctrico aplicado al sistema, distancia entre la aguja y la placa colectora, flujo de alimentación, tipo de colector, velocidad de rotación del colector, etc.

Condiciones ambientales:
Humedad, Temperatura

2. Materiales

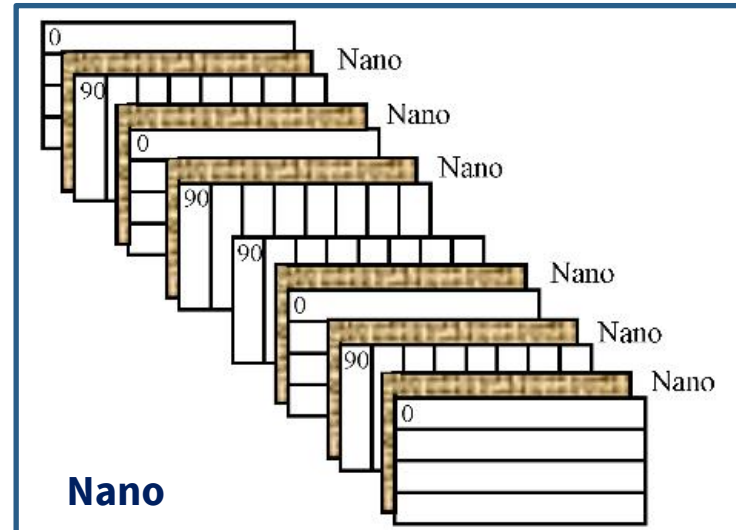
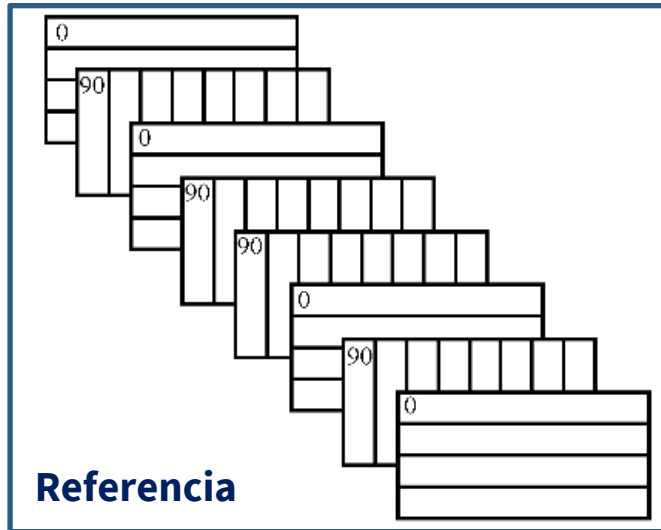
Fabricación de nanofibras con la técnica de electrospinning



La técnica de electrospinning es un proceso versátil que permite fabricar laminas de nanofibras con distinta morfología (diámetros, espesor, orientaciones).

2. Materiales

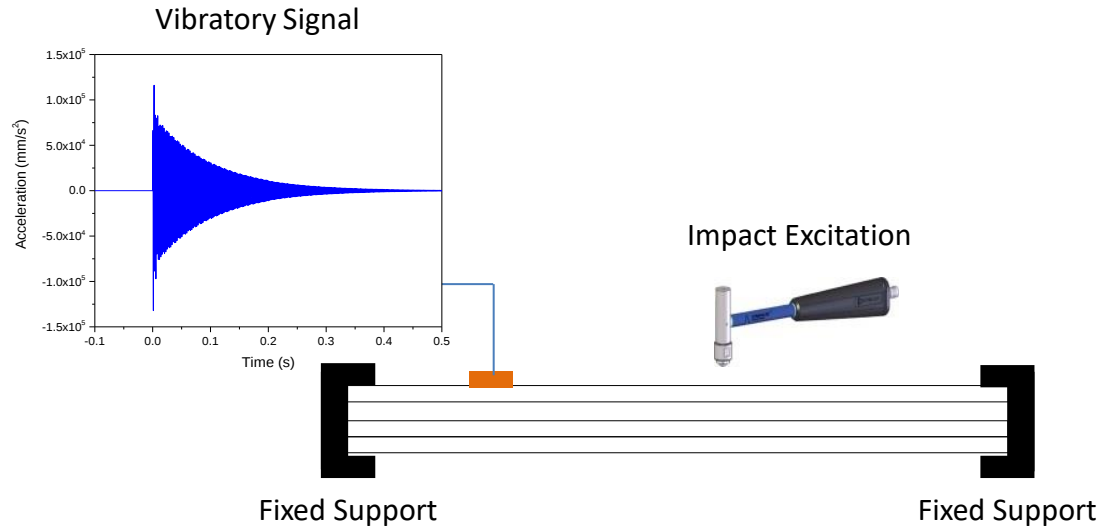
Procesado de materiales compuestos reforzados con nanofibras



Las propiedades mecánicas y dinámicas de materiales compuestos con nanofibras de Nylon 6,6 y Polycaprolacton son investigadas.

3. Comportamiento dinámico de nano composites

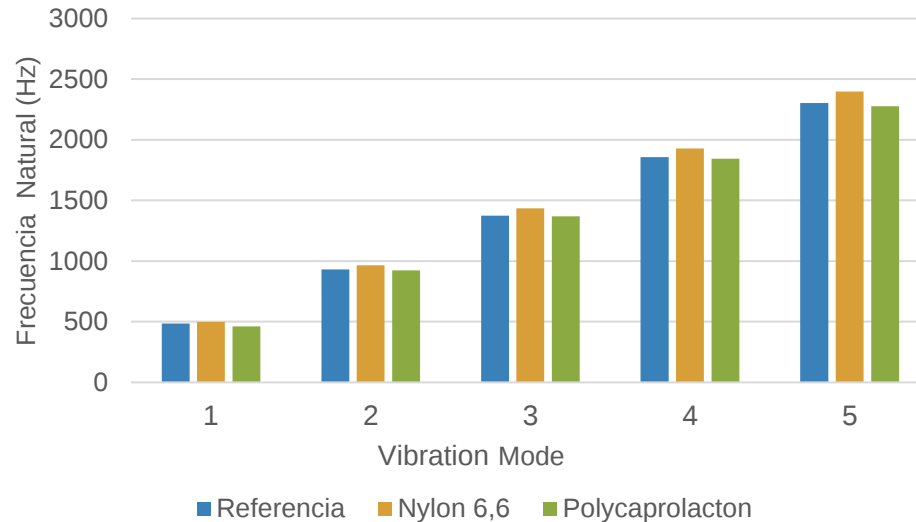
Caracterización dinámica de los nanocomposites



Ensayo de vibración para obtener las frecuencias naturales y amortiguación de los materiales compuestos con y sin nanofibras

3. Comportamiento dinámico de nano composites

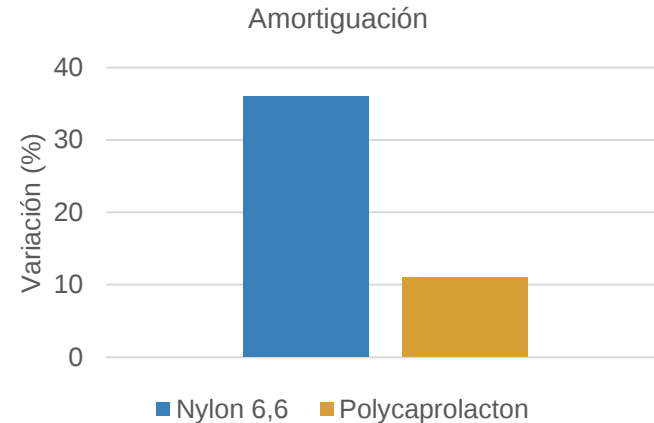
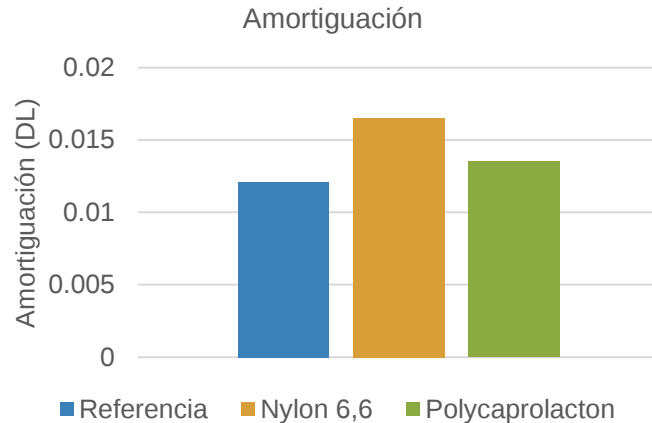
Efecto de nanofibras de PA6,6 y PCL en las frecuencias naturales



Las variaciones de las frecuencias naturales debido a la incorporación de nanofibras en el material compuesto son minúsculos ($< 4\%$).

3. Comportamiento dinámico de nano composites

Efecto de nanofibras de PA6,6 y PCL en la amortiguación

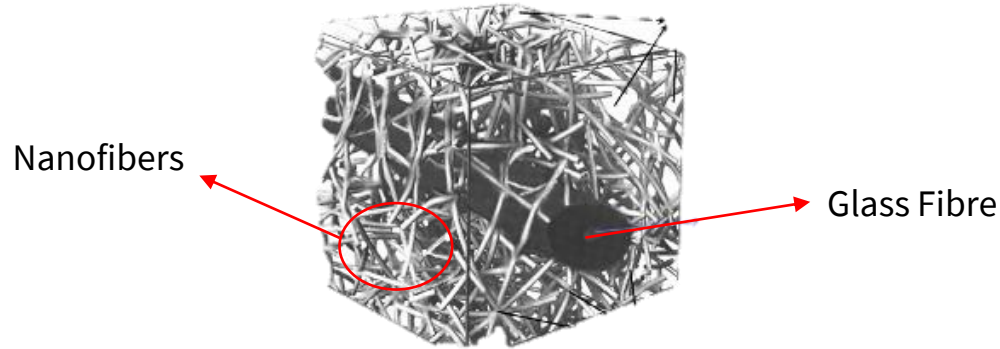


Las variaciones de amortiguación debido a la incorporación de nanofibras en el material compuesto son significativas (> 10%).

3. Comportamiento dinámico de nano composites

Comparativa de resultados

17

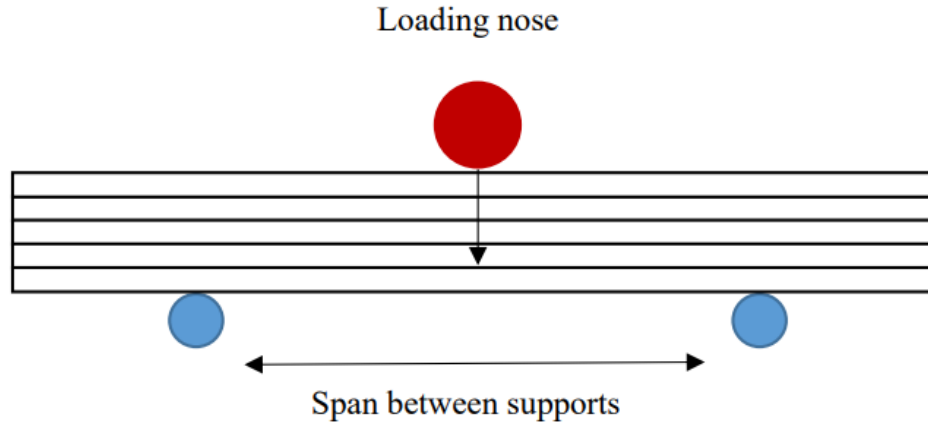


Reference	Laminate	Nanofiber	Amount	Variation
[6]	Glass fibre	PA	25 μm	+ 36%
[11]	Carbon fibre	PCL	25 μm	+ 11%
[14]	Carbon fibre	PA	25 μm	+ 60%
[15]	Glass fibre	CNT		+ 108%

Table 1: Effect of nanofibers on the damping ratio

4. Comportamiento mecánico de nano composites

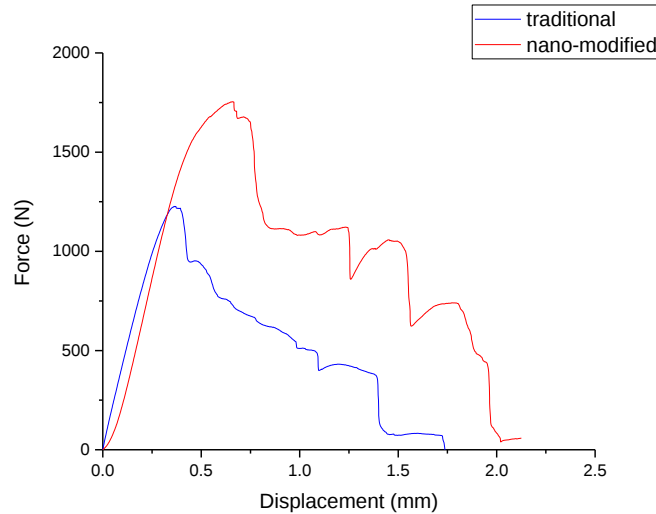
Caracterización mecánica de los nanocomposites



**Determinar la ILSS de materiales compuestos reforzados con nanofibras
(ASTM D2344)**

4. Comportamiento mecánico de nano composites

Efecto de nanofibras en la prevención de delaminación



	Maximum Load (N)	ILSS (MPa)
Referencia	1301 ± 100	50.2 ± 4.5
Nano	1682 ± 63	63.8 ± 2.5
Variación	29 %	27 %

La adición de nanofibras en los materiales compuestos producen un incremento del 29% de la carga de rotura y un 27% de la ILSS.

4. Comportamiento mecánico de nano composites

Comparativa de resultados

20



Reference	Laminate	Nanofiber	Amount	Variation
[30]	Glass fibre	TEOS	2.5 g/m ²	+ 105%
[35]	Glass fibre	PA	25 µm	+ 27%
[36]	Glass fibre	TPU	N/A	+ 18%
[37]	Carbon fibre	PAN	N/A	+ 11%
[18]	Carbon fibre	Phenoxy	70 µm	+ 0%

Table 2: Effect of electrospun nanofibers on the interlaminar shear strength.

4. Comportamiento mecánico de nano composites

Caracterización mecánica de los nanocomposites

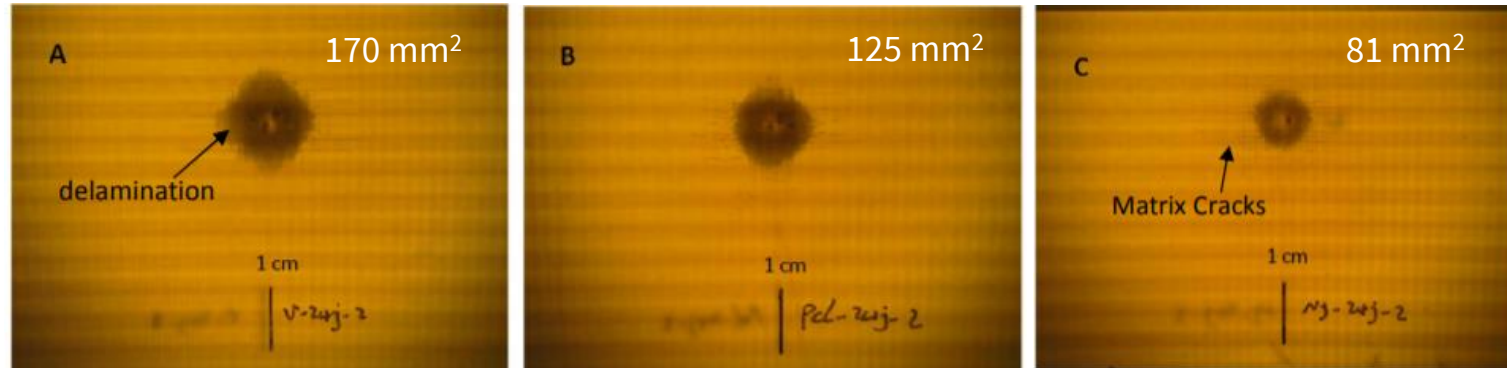


Evaluar el daño que se produce en los compuestos reforzados por un impacto de energía controlada.

4. Comportamiento mecánico de nano composites

Efecto de nanofibras en la resistencia a impactos

Impacto de Energía 24 J

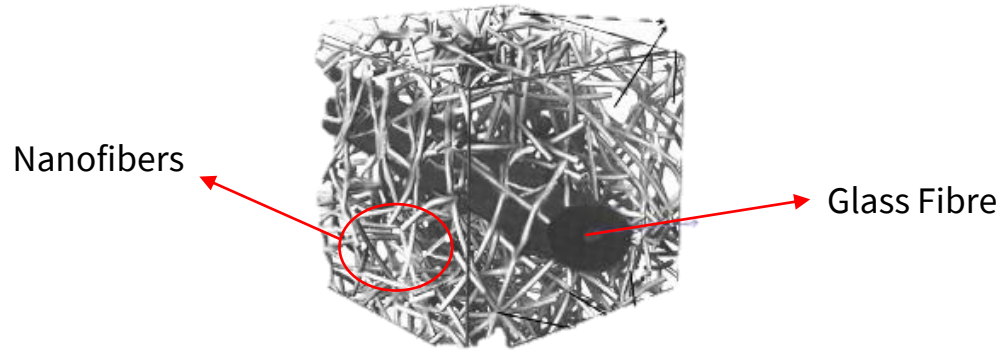


El área dañada de los materiales compuestos reforzados con nanofibras es un 26% y un 52% menor que la referencia para un impacto de 24 J.

4. Comportamiento mecánico de nano composites

Comparativa de resultados

23



Reference	Laminate	Nanofiber	Amount	Variation
[38]	Glass fibre	PA+PCL	30 μm	- 59%
[20]	Glass fibre	PCL	15 g/m^2	-50%
[39]	Carbon fibre	PA	1.7 g/m^2	- 52%
[40]	Glass fibre	PCL	30 μm	- 26%
[41]	Glass fibre	TEOS	8.2 g/m^2	+ 9%

Table 3: Effect of nanofibers on the area damaged by impact

5. Conclusiones generales

- **Comportamiento dinámico de compuestos reforzados con nanofibras de Nylon 6,6 y Polycaprolacton**
 - **No se producen cambios en las frecuencias naturales.**
 - **Mayor capacidad de amortiguar las vibraciones.**

- **Comportamiento mecánico de compuestos reforzados con nanofibras de Nylon 6,6 y Polycaprolacton**
 - **Menos tendencia a sufrir delaminaciones.**
 - **Mejor resistencia a eventos de impacto.**

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de un buque de fibra



Tabla de Contenidos

1. Introducción

- Métodos para detectar la delaminación en materiales compuestos

2. Materiales

3. Análisis Modal

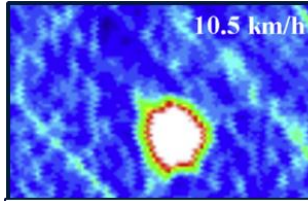
4. Resultados

- Efecto de la delaminación en las frecuencias naturales
- Efecto de la delaminación en la amortiguación
- Efecto de la delaminación en los modos de vibración
- Efecto de la delaminación en la energía del espectro

5. Conclusiones

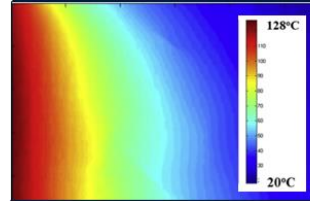
1. Introducción

Métodos para detectar la delaminación en materiales compuestos



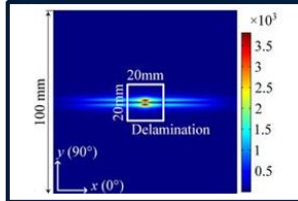
ULTRASONIDOS

C. Garcia et al., Triboelectric sensor as a dual system for impact monitoring and ...



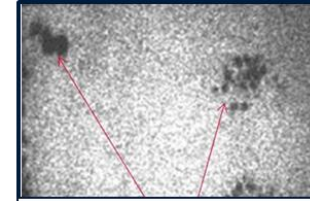
TERMOGRAFÍA IR

A.P. Chrysafi et al., Damage detection on composite materials with active ...



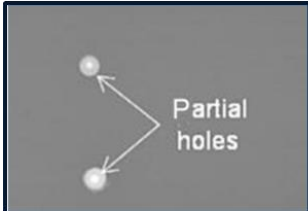
EDDY CURRENT

X. Xiajoun et al., Detection of delamination in laminated CFRP



SEROGRAFÍA

R.H. Bossi et al., Nondestructive testing of damage in aerospace composites



RADIOGRAFÍA

R.H. Bossi et al., Nondestructive testing of damage in aerospace composites



INSPECCIÓN VISUAL

<http://www.hispaviacion.es/danos-producidos-a-una-aeronave-2/>



EMISIÓN ACÚSTICA

<https://atslab.com/nondestructive-testing/aircraft-ultrasonic-inspection/>



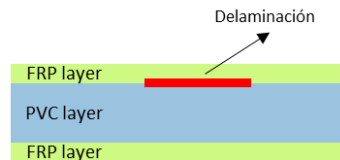
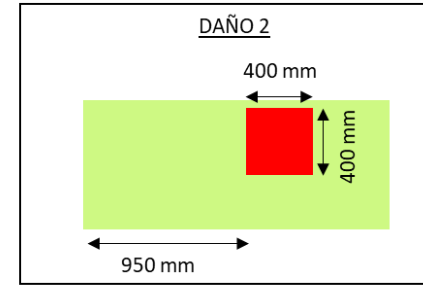
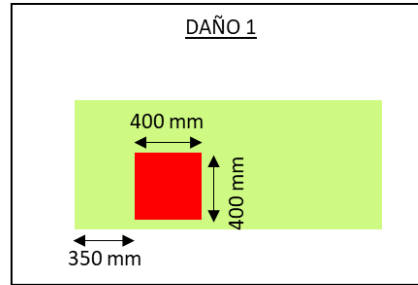
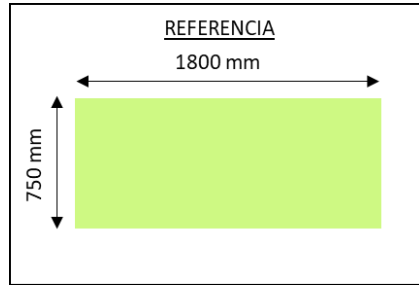
VIBRACIONES

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

2. Material

28

Objetivo: evaluar la viabilidad de los parámetros modales y energía vibratoria como parámetros KPI para detectar defectos de delaminación en planchas de material compuesto.



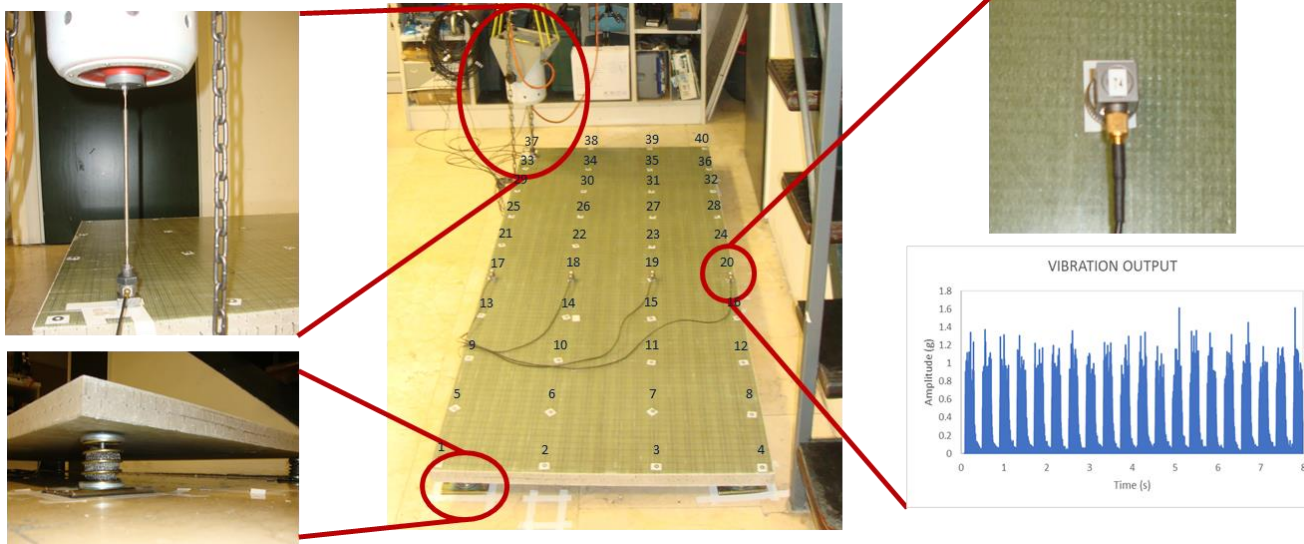
- ✓ *DIMENSIONES DE LAS PLANCHAS: 1800 x 750 x 10 mm*
- ✓ *SECUENCIA DE LAS PLANCHAS: $[0/90, 0/90, 0/90, 0/90, 0/90]_S$*
- ✓ *NÚCLEO DEL PANEL SÁNDWICH: 2 LAMINAS DE PVC DE 15 mm DE ESPESOR*
- ✓ *DELAMINACIÓN: CAPA DE TEFLÓN DE 400 x 400 mm EN REGIÓN INTERLAMINAR*

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

3. Análisis Modal

29

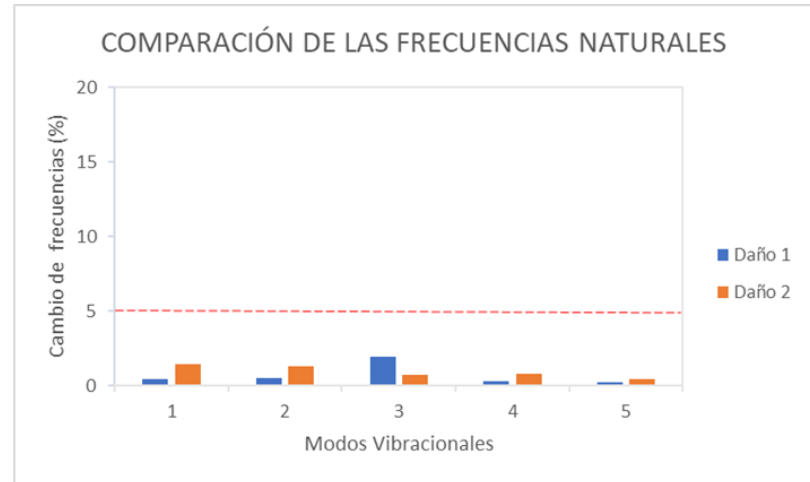
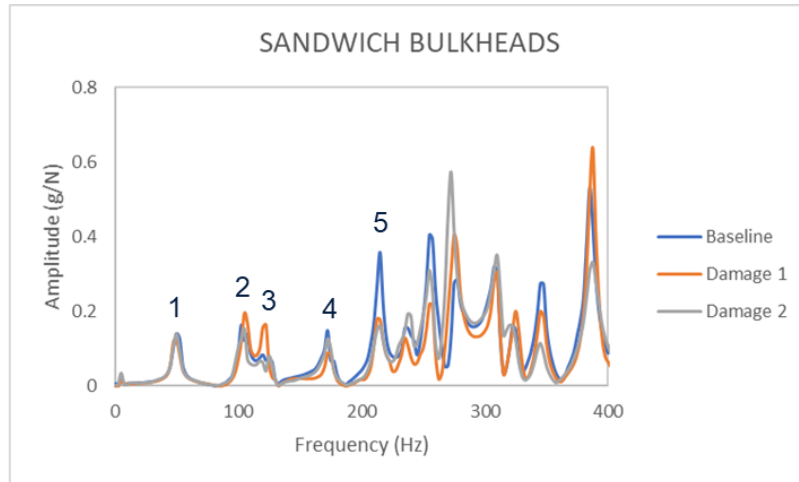
Metodología: Ensayo de vibración para extraer los parámetros modales y energía vibratoria de las planchas de composite con y sin delaminación.



Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

4. Efecto de delaminación en frecuencias naturales

30



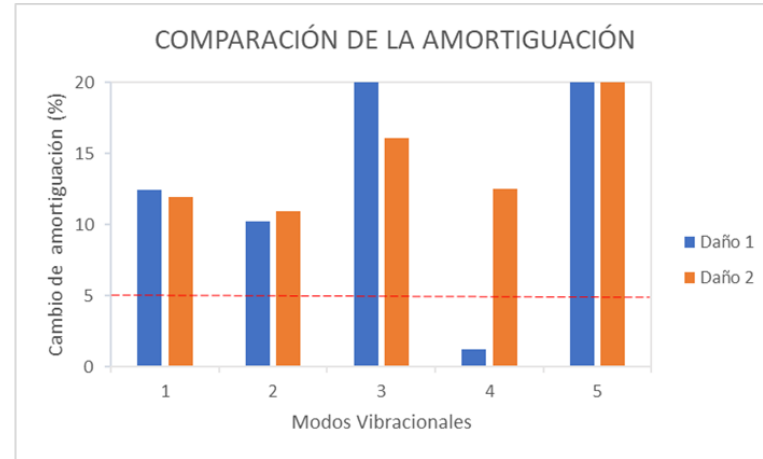
Las **frecuencias naturales** no están prácticamente afectadas por los fallos por delaminación. Por ello, la variación de las frecuencias naturales no se recomienda como parámetro KPI para la detección de defectos.

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

4. Efecto de delaminación en la amortiguación

31

Mode	Baseline (%)	Damage 1 (%)	Damage 2 (%)
1	2.01	2.26	1.77
2	1.37	1.51	1.52
3	1.80	1.01	2.09
4	0.80	0.81	0.90
5	0.93	1.84	1.90

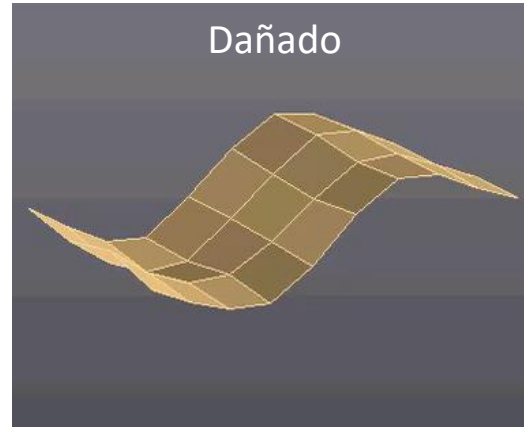
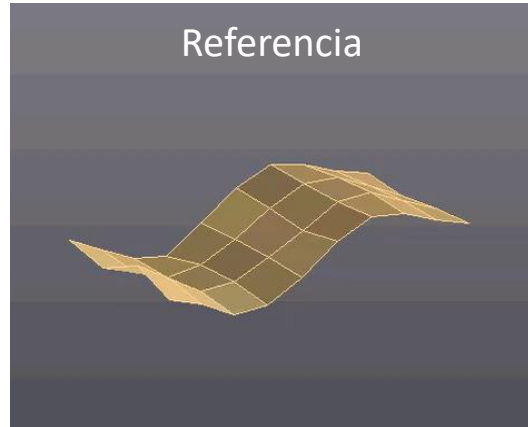


La **amortiguación** de las planchas tiende a incrementarse por la presencia de defectos de delaminación. Sin embargo, estos cambios no son consistentes para todos los modos de vibración. La variación de la amortiguación puede ser un parámetro complementario KPI para la detección de defectos de delaminación.

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

4. Efecto de delaminación en los modos de vibración

32



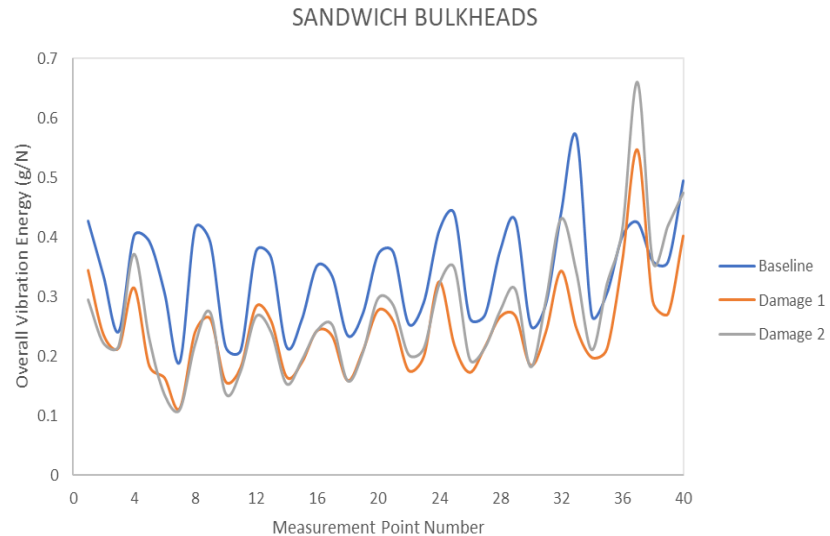
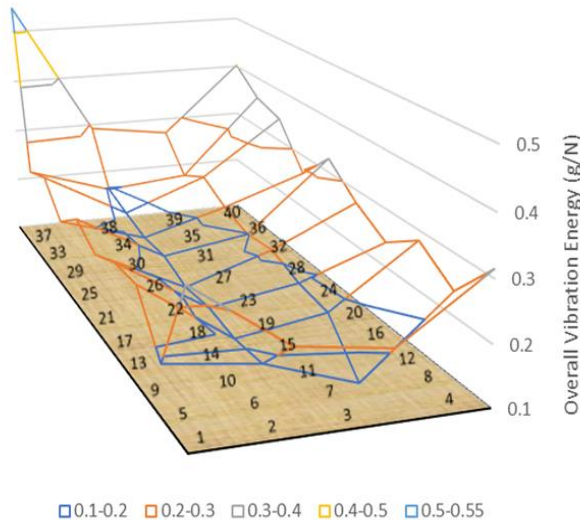
Comparación de los desplazamientos relativos en modos de vibración con y sin defectos.

Los autores descartaron la **variación de los primeros modos vibratorios** para la detección de defectos de delaminación, porque no han sido observados cambios relevantes en los modos analizados en el contexto de esta investigación y su calculo requiere un gran numero de medidas.

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

4. Efecto de delaminación en la energía vibratoria

33



La variación de la **energía vibratoria** es un buen indicador KPI para detectar la presencia de defectos de delaminación.

Detección y cuantificación de delaminación en mamparos de fibra

5. Conclusiones

34

Parametros KPI	Evaluación de Parámetros KPI		
Frecuencias Naturales			
Amortiguación			
Modos Vibracionales			
Energía Vibratoria			

Referencias de interés

35

Vibratory behaviour of glass fibre reinforced polymer (GFRP) interleaved with nylon nanofibers, *Compos. Struct.*, 176 (2017) 923-932. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.06.018.

Detection and Quantification of Delamination Failures in Marine Composite Bulkheads via Vibration Energy Variations, *Sensors*, 21 (2021) 2843. DOI: 10.3390/s21082843.

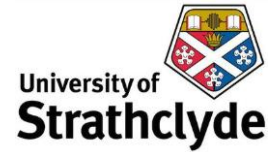
The effect of Polycaprolactone Nanofibers on the Dynamic and Impact Behavior of Glass Fibre Reinforced Polymer Composites, *Compos. Sci.*, 2 (2018) 43. DOI: 10.3390/jcs2030043.

Effect of nylon nanofibers on the delamination resistance of glass fibre epoxy composite laminates, *Fiber-Reinforced Nanocomposites: Fundamental and Applications*, Micro and Nano Technologies, Elsevier (2020) 141-146. DOI: 10.1016/B978-0-12-819904-6.00006-2.

Triboelectric sensor as a dual system for impact monitoring and prediction of the damage in composite structures, *Nano Energy*, 60 (2019) 527-535. DOI: 10.1016/j.nanoen.2019.03.070.

Detection and measurement of impacts in composite structures using a self-powered triboelectric sensor, *Nano Energy*, 56 (2019) 443-453 DOI: 10.1016/j.nanoen.2018.11.055.

MUCHAS
GRACIAS



<https://tsisl.es/>
cristobal.garcia@tsisl.es