

Bienvenid@s

WEBINAR





#WebinarsAEMAC



Escuela Náutica y de Máquinas Navales
(Portugalete)



Dr. Alberto López Arraiza
Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería de Bilbao
(UPV/EHU)
alberto.lopeza@ehu.eus



Grupo de Investigación



Eco-composites reforzados con fibras naturales. Diseño, fabricación, caracterización físico-mecánica y aplicación a un caso práctico.



1. INTRODUCCIÓN
2. SOSTENIBILIDAD Y COMPOSITES
3. ECO-COMPOSITES
4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO
5. CONCLUSIONES

1.

INTRODUCCIÓN

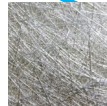
1. INTRODUCCIÓN

7

■ MATERIALES COMPUESTOS “COMPOSITES”

Matriz termoestable
(epoxi, poliéster...)

Refuerzo
(carbono, vidrio....)



mat



UD



BD

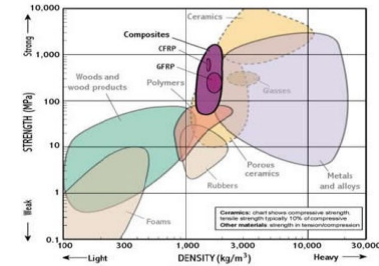


Figura 1: relación
resistencia/densidad de materiales
Fuente: CES EduPack

Ventajas

- Elevadas propiedades mecánicas específicas.
- Aligeramiento estructural → menor consumo combustible y emisiones
- Alta resistencia química y a la corrosión
- Diseños a medida
- Reducción del número de componentes /elementos de unión
- ...

1. INTRODUCCIÓN

8

■ MERCADO

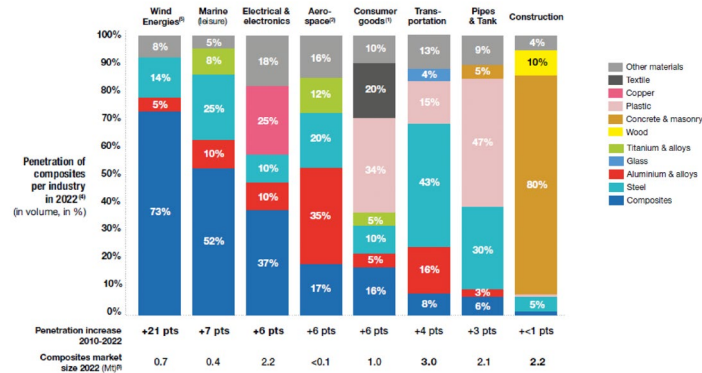


Figura 2: Penetración de los composites por sectores industriales en el 2022.

Fuente: JEC Observer 2022



Figura 3: Aerogeneradores off-shore.
Fuente: ©Hans Hillewaert. CC BY-SA 4.0



Figura 4: Medal Race París 2024 .
Fuente: EFE



Figura 5: Guardabarros delantero.
Fuente: Aprilia RSV4

1. INTRODUCCIÓN

9

■ PROBLEMÁTICA

- **Matriz / fibras sintéticas:** dependencia del petróleo y elevado gasto energético.
- **Fin de vida (EOL):** grandes volúmenes de desechos.
 - Tratamientos habituales: vertedero/incineración → baja sostenibilidad
 - Reciclado mecánico, térmico y químico (solvólisis) → limitaciones



Figura 6: Cementerio de palas en Texas, USA.
Fuente: Spectrum News/Ashley McElroy. 2024.



Figura 7: Piezas rotas de CFRP.
Fuente: Sportskeeda. 2019.



Figura 8: Fin de vida de barcos de GFRP.
Fuente: BoatUS. 2024.

2.

SOSTENIBILIDAD Y COMPOSITES

2. SOSTENIBILIDAD Y COMPOSITES

11

■ DESARROLLO SOSTENIBLE

- **Objetivo:** menos materias primas, menos residuos, menos emisiones



Figura 9: El modelo de economía circular

Fuente: UE

2. SOSTENIBILIDAD Y COMPOSITES

12

■ COMPOSITES: RETO EN SOSTENIBILIDAD

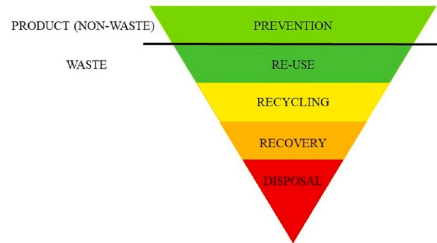


Figura 10: Jerarquía de gestión de residuos
Fuente: UE

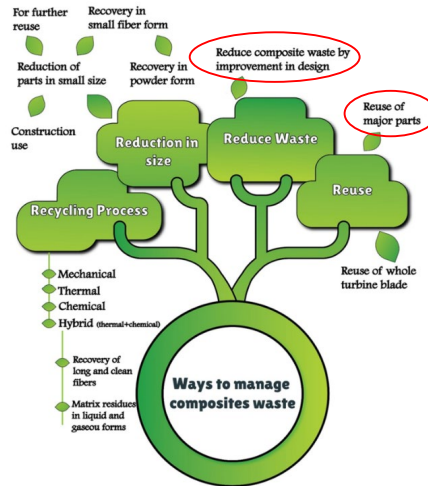


Figura 11: Alternativas más sostenibles para gestionar los residuos de composites.
Fuente: M.Y. Khalid et al., 2022.



Figura 12: hangar para bicicletas en Dinamarca
Fuente: Wind Europe Report, 2020



Figura 13: Embarcación reconvertida en vivienda.
Fuente: Batho, Nantes, 2021

2. SOSTENIBILIDAD Y COMPOSITES

13

■ ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

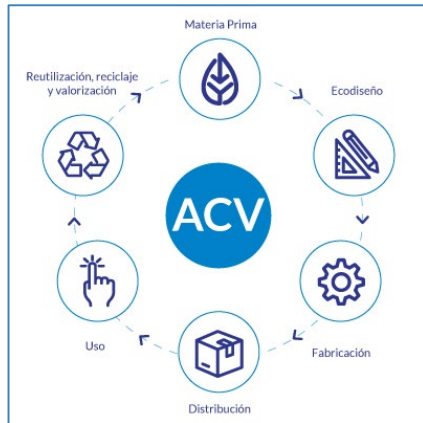


Figura 14: Consideraciones en un ACV

NORMATIVA:

- UNE-EN ISO 14040:2006: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044:2006: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- UNE-EN ISO 14006:2020: Sistemas de gestión ambiental. Directrices para incorporar el ecodiseño.

PROGRAMAS:

- Simapro, OpenLCA, One Click LCA, Umberto....

BASES DE DATOS:

- Agri-footprint, Ecoinvent, AGRIBALYSE....

2. SOSTENIBILIDAD Y COMPOSITES

14

■ ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)



Figura 15: Entradas y salidas en un ACV

3.

ECO-COMPOSITES

3. ECO-COMPOSITES

16

■ MATERIALES

BIO-RESINAS

- **Bioepoxis:** SuperSap, IB2....
- **Epoxis reciclables:** EzCiclo, Plakton....
- **Termoplásticas:** Elium, Akelite.....



- Carácter más sostenible
- Menores gases nocivos.
- Buenas propiedades mecánicas



- Porcentaje “bio” limitado.
- Mayor precio que las tradicionales.
- Limitada reciclabilidad.

FIBRAS NATURALES

Origen vegetal

(lino, yute, cáñamo, madera, ...)



Lino bidireccional



Cáñamo mat



- Baja densidad
- Propiedades mecánicas específicas
- Aislantes térmico y acústico
- Recurso renovable y sostenible
- Fácil manipulación

Origen mineral

(basalto, brucita....)



Basalto bidireccional



- Elevada absorción de humedad
- Baja adhesión fibra-matriz
- Baja resistencia térmica

Origen animal

(lana, seda....)



Lana de oveja

3. ECO-COMPOSITES

17

■ MERCADO Y APLICACIONES

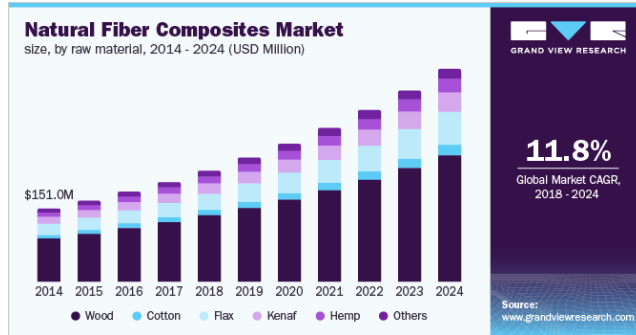


Figura 16: Mercado de los NFCs.
Fuente: Grand View Research Inc., 2024

AUTOMOCIÓN



Figura 17: Porsche con capó y salpicadero de lino
Fuente: Bcomp Ltd, 2023



Alliance for European
Flax-Linen & Hemp

MOBILIARIO



Figura 18: Pie de mesa de NFC.
Fuente: Autonational R&D, 2023

OCIO

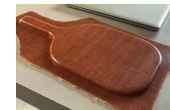


Figura 19: Pala de Paddle en NFC.
Fuente: JEC Composites magazine, 2024

NÁUTICA



Figura 20: Tabla de surf en basalto.
Fuente: Gura, 2024

3. ECO-COMPOSITES

18

¿PUEDEN SUSTITUIR LAS FIBRAS NATURALES (NFC) A LA FIBRA DE VIDRIO (GFRP)?

SOSTENIBILIDAD

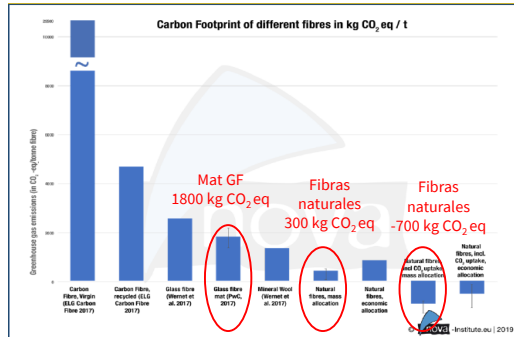


Figura 21: Huella de carbono de diferentes fibras.
Fuente: Nova-institut, 2019

PROPIEDADES MECÁNICAS

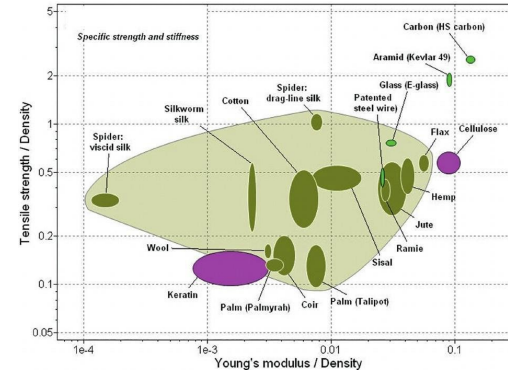


Figura 22: Propiedades mecánicas de distintas fibras
Fuente: P. Cavanaugh. JEC Composites Magazine, 2024

4.

ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

20

<https://silennis.com/>



silennis s010



silennis s020

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

21

ACV comparativo

- Metodología: ISO 14040 e ISO 14044.
- Software: OPEN LCA 2.0.4
- Base de datos: Ecoinvent_391.
- Alcance: de la cuna a la tumba (*Cradle-to-Grave*)
- Unidad funcional: Casco de la embarcación S020
- Uso: 25 años

■ Embarcación de fibra de vidrio



Figura 23: Inventario del ciclo de vida de la embarcación de GFRP

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

22

ACV comparativo

- Embarcación de fibra de lino

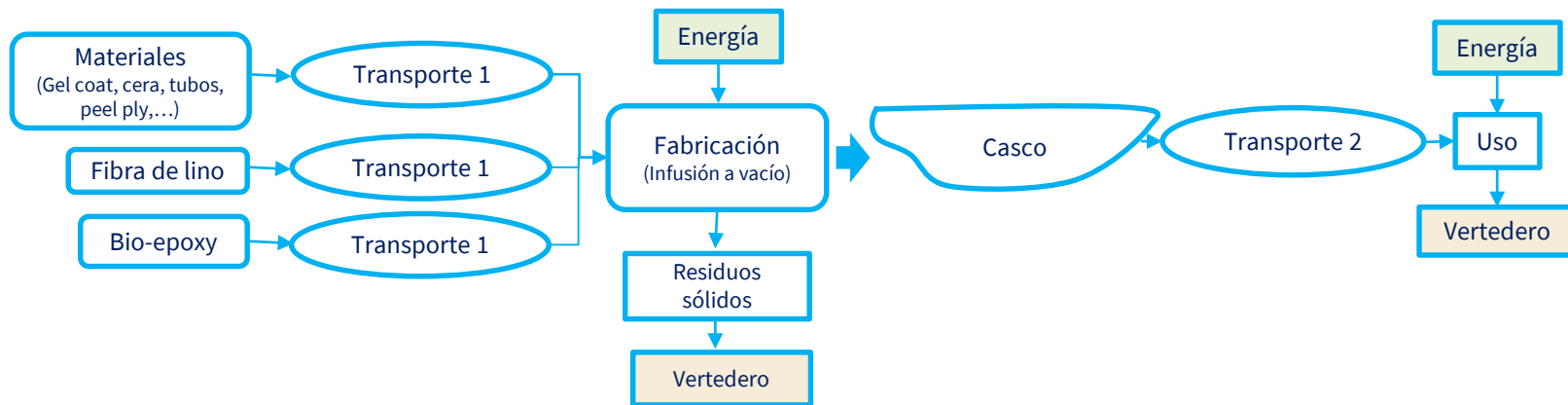
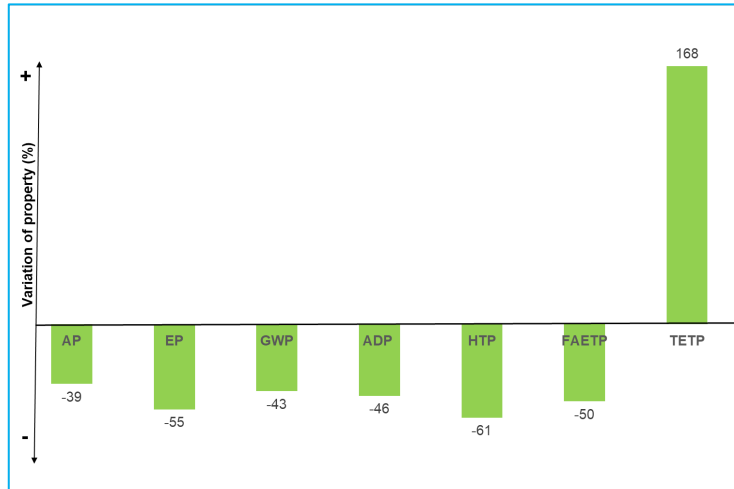


Figura 24: Inventario del ciclo de vida de la embarcación de NFRC

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

23

ACV comparativo



AP: Acidificación (kg SO₂-Eq)
EP: Eutrofización (kg PO₄-Eq)
GWP: Cambio climático (kg CO₂-Eq)
ADP: Combustibles fósiles (MJ)
HTP: Toxicidad en humanos (kg 1.4-DCB-Eq)
FAETP: Ecotoxicidad acuática (kg 1.4-DCB-Eq)
TETP: Ecotoxicidad terrestre (kg 1.4-DCB-Eq)

Figura 25: variación de distintas categorías de impacto entre el casco de NFC y GFRP

Fuente: L. Essamari. TFM 2024

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

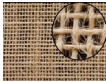
24

Propiedades físico-mecánicas

1. Fabricación de laminados



Lino



Yute

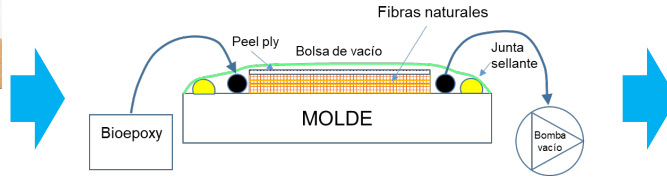


Pino



Basalto

Fibras naturales



Infusión con vacío



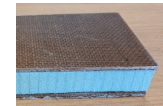
Yute+Bioepoxy



FWL



Basalto+Lino+Bioepoxy



Sandwich
yute+KerdyGreen™

Laminados NFC

2. Inmersión en agua de mar (6 meses)



Laminados de biocomposite

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

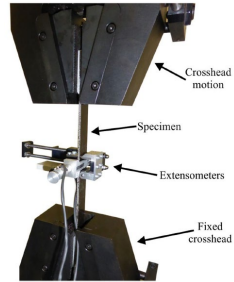
25

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica



Flexión 3 puntos
(ISO 14125)



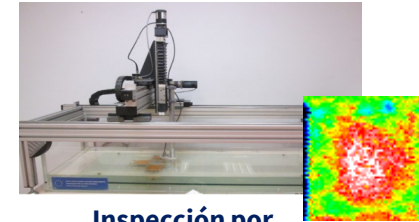
Tracción
(ASTM D3039)



Impacto biaxial



SEM



**Inspección por
ultrasonidos (NDT)**

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

26

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: flexión 3 puntos

Tabla 1: Propiedades a flexión de biocomposites

Fuente: autores

Material	Densidad (kg/m ³)	E _f (GPa)	σ _f (MPa)	ε _f (%)
Lino (FFRB)	1,23±0,02	6,8 ± 1,1	115 ± 5,0	3,3 ± 0,1
Yute (JFRB)	1,18±0,03	6,1 ± 0,8	92 ± 3,0	2,2 ± 0,1
FWL de lino	1,21±0,00	8,7±0,5	162 ±4,9	2,4 ± 0,1

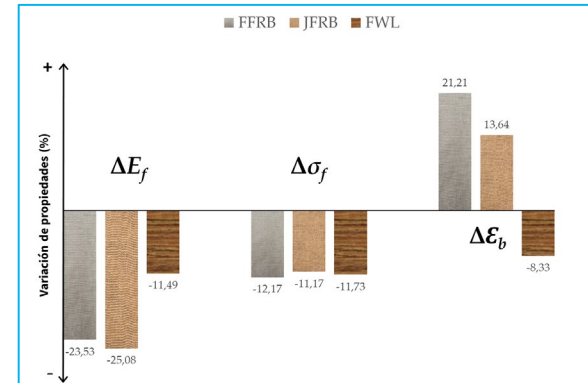


Figura 26: variación de propiedades a flexión tras inmersión

Fuente: autores

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

27

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: tracción

Tabla 2: Propiedades a tracción de biocomposites.

Fuente: autores

Material	Densidad	E (GPa)	σ (MPa)	ε (%)
Lino (FFRB)	1,23±0,02	7,3 ± 0,1	95,3 ±2,9	2,2 ±0,1
Yute (JFRB)	1,18±0,03	6,5 ± 0,1	68,0 ±1,3	1,5 ±0,1
FWL de lino	1,21±0,00	11,5 ± 0,1	84,2 ± 0,1	0,9 ± 0,1

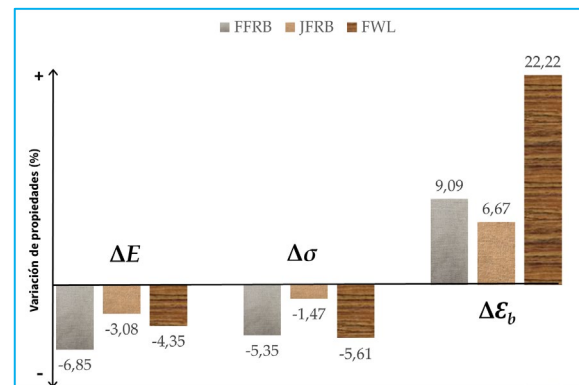


Figura 27: variación de propiedades a tracción tras inmersión.

Fuente: autores

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

28

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: SEM

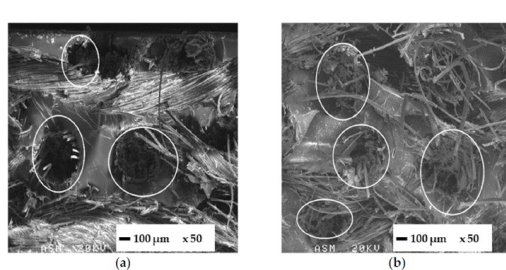


Figura 28: superficie de fractura del FFRB antes (a) y después de inmersión (b)
Fuente: F.R. Valencia et al. 2022

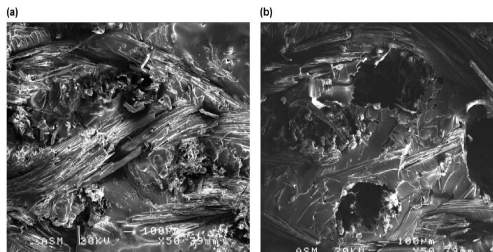


Figura 29: superficie de fractura del JFRB antes (a) y después de inmersión (b)
Fuente: J.A. Velasco-Parra et al. 2023

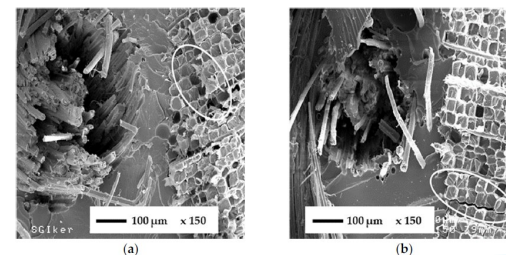


Figura 30: superficie de fractura del FWL antes (a) y después de inmersión (b)
Fuente: F.R. Valencia et al. 2022

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

29

Aplicación de normativa específica

- UNE-EN ISO 12215-5 2020. Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones.



Figura 31: Embarcación Silennis S010

Principales datos del casco:

- LWL= 3950 mm
- BH= 1795 mm
- DWL= 408 mm
- $v= 9$ knots (4.6 m/s)



Presiones de diseño:

- $P_{BMD} = 7$ kPa (fondos)
- $P_{SMD} = 5$ kPa (laterales)
- $P_{DM} = 5$ kPa (cubierta)

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

30

Aplicación de normativa específica

- UNE-EN ISO 12215-5 2020. Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones.

Propiedades mecánicas de los materiales

mat GFRP:

- $\rho = 1430 \text{ kg/m}^3$
- $E = 8,3 \text{ GPa}$
- $\sigma = 112 \text{ MPa}$
- $\epsilon = 1,35 \%$

ISO

$t = 3,5 \text{ mm}$

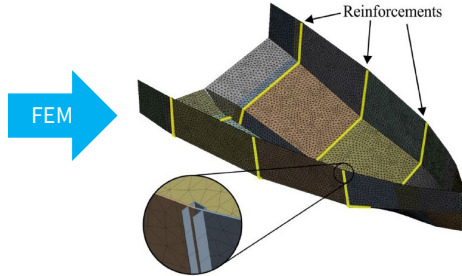


Figura 32: modelo del casco por FEM.

Fuente: J.A. Velasco-Parra et al. 2023

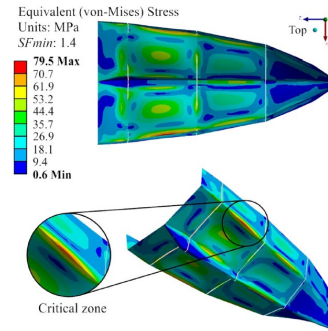


Figura 33: distribución de esfuerzos del casco de GFRP.

Fuente: J.A. Velasco-Parra et al. 2023

JFRB:

- $\rho = 1180 \text{ kg/m}^3$
- $E = 6,5 \text{ GPa}$
- $\sigma = 68 \text{ MPa}$
- $\epsilon = 1,5 \%$

$t = 4,7 \text{ mm}$

$\Delta W = 11\%$

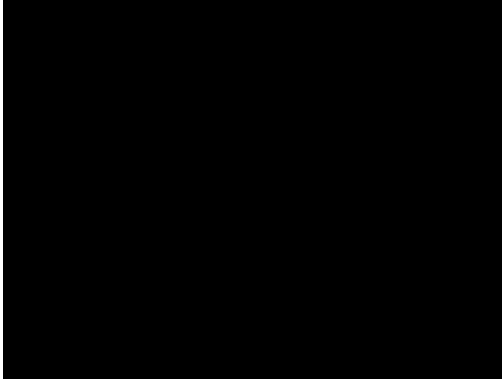
4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

31

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: Impacto biaxial de baja energía

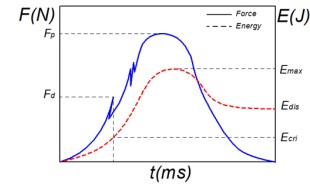
VIDEOS



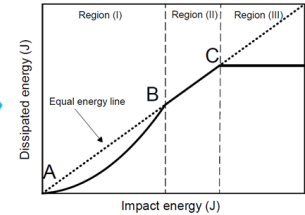
V1: Impacto con perforación



V2: Impacto con rebote



Gráficas F-t, E-t



Perfil energético del material

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

32

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: Impacto biaxial de baja energía

VIDRIO MAT

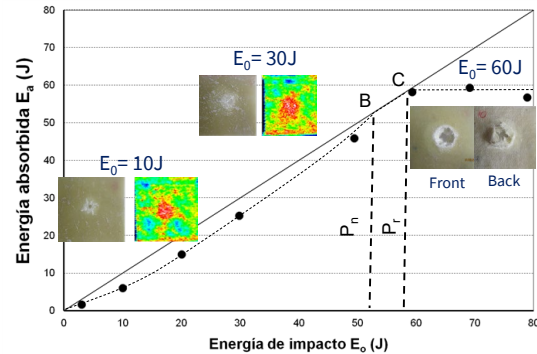


Figura 34: Perfil energético del matGFRP.

Fuente: autores

	mat	mat ₆
E_{Pn}	51,52J	52,06J
E_{Pr}	57,40J	58,05J

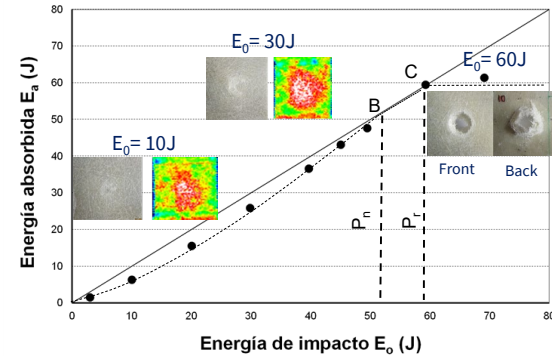


Figura 35: Perfil energético del matGFRP tras inmersión.

Fuente: autores

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

33

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: Impacto biaxial de baja energía

LINO (FFRB)

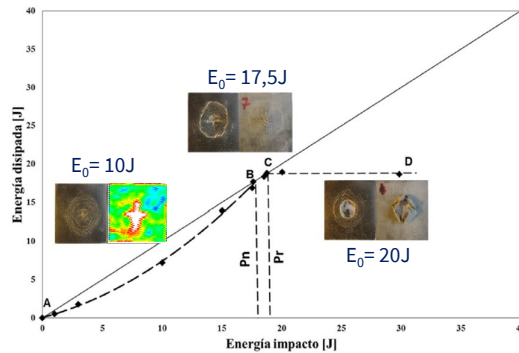


Figura 36: Perfil energético del FFRB.

Fuente: autores

	FFRB	FFRB ₆
E_{pn}	17,66J	24,69J
E_{Pr}	18,80J	24,69J

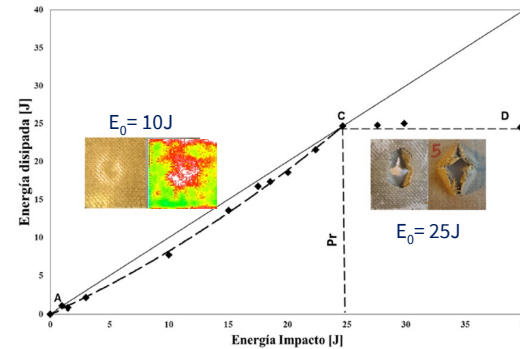


Figura 37: Perfil energético del FFRB tras inmersión.

Fuente: autores

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

34

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: Impacto biaxial de baja energía

YUTE (JFRB)

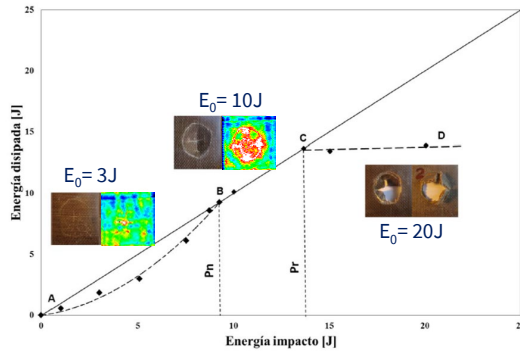


Figura 38: Perfil energético del JFRB.

Fuente: autores

	JFRB	JFRB ₆
E_{pn}	9,28J	10,66J
E_{Pr}	13,68J	14,43J

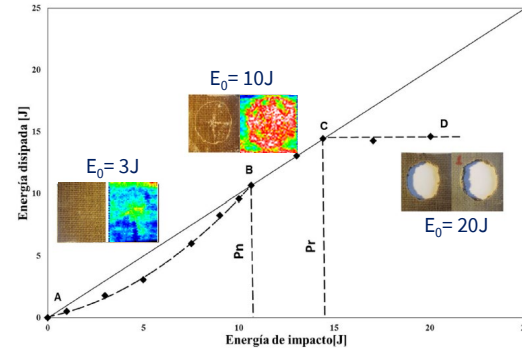


Figura 39: Perfil energético del JFRB tras inmersión.

Fuente: autores

4. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

35

Propiedades físico-mecánicas

3. Caracterización físico-mecánica: Impacto biaxial de baja energía

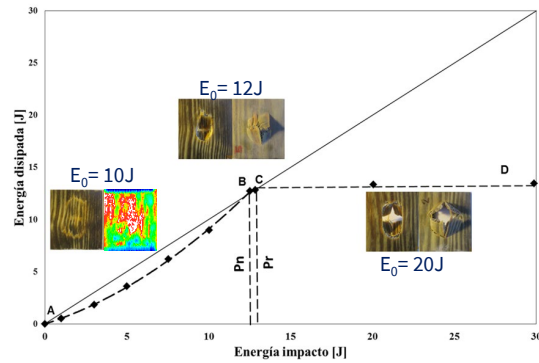


Figura 40: Perfil energético del FWL.
Fuente: autores

FWL

	FWL	FWL _G
E_{pn}	12,52J	14,06J
E_{pr}	13,40J	15,05J

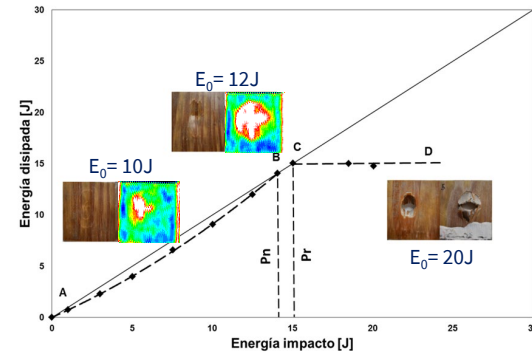


Figura 41: Perfil energético del FWL tras inmersión.
Fuente: autores

5. CONCLUSIONES

36

SOSTENIBILIDAD

- El uso de eco-composites → productos medioambientalmente más sostenibles que con GFRP
- Materias primas de proximidad → reducen la huella ambiental

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

- Bio-resinas reforzadas con fibras naturales (NFRB) → productos semi-estructurales alternativos a los GFRP.
- La combinación de fibras naturales permite diseños a medida.
- El contacto directo con agua de mar no implica pérdida significativa de propiedades mecánicas.
- Importante estudiar las propiedades a impacto de los NFRB.

AMPLIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

37



Ocean Engineering
Volume 290, 15 December 2023, 116301



**Jute fibre reinforced biocomposite:
Seawater immersion effects on tensile
properties and its application in a ship
hull design by finite-element analysis**

Jorge Antonio Velasco-Parra ^a, , Fabuer R. Valencia ^b, Alberto Lopez-Arraiza ^c,
Bladimir Ramón-Valencia ^d, Germán Castillo-López ^d



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

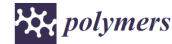


DYNA
<http://dyna.medellin.unal.edu.co/>

**Influence of seawater immersion in low energy impact behavior of a
novel colombian fique fiber reinforced bio-resin laminate**

Fabuer Ramón-Valencia ^a, Alberto Lopez-Arraiza ^a, Joseba I. Múgica ^b, Jon Aurrekoetxea ^b,
Juan Carlos Suarez ^c & Bladimir Ramón-Valencia ^d

Polymers 2022, 14, 4038. <https://doi.org/10.3390/polym14194038>



Article

Fibre–Wood Laminate Biocomposites: Seawater Immersion Effects on Flexural and Low Energy Impact Properties

Fabuer R. Valencia ¹, Germán Castillo-López ², Jon Aurrekoetxea ³ and Alberto Lopez-Arraiza ^{4,*}

Tesis doctoral: “Fabricación y caracterización físico-mecánica de biocomposites reforzados con fibras naturales. Aplicaciones en el sector náutico”. F. Ramón Valencia, UPV/EHU, 2016

Original article



Effects of seawater immersion on a glass fibre reinforced bioepoxy mechanical properties and its application in the ship hull finite-element analysis

Jorge A Velasco-Parra ¹, Bladimir A Ramon-Valencia ¹
and Alberto Lopez-Arraiza ²

Proc IMechE Part L:
J Materol: Design and Applications
2022, Vol. 236(1) 143–154
© IMechE 2021
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journalsPermissions
DOI: 10.1177/14644202211042987
journals.sagepub.com/home/pil


**MUCHAS
GRACIAS**

