



GREEN COMP

Investigación y
desarrollo de nuevas
resinas sostenibles de
aplicación en la
industria de materiales
compuestos



Contenido

1. Ficha técnica del proyecto	2
2. Antecedentes y motivaciones	3
3. Objetivos del proyecto	5
4. Plan de trabajo	6
5. Resultados obtenidos	8
6. Colaboradores externos e impacto empresarial	23



1. Ficha técnica del proyecto

N.º EXPEDIENTE	IMAMCA/2024/6
TÍTULO COMPLETO	GREEN COMP – INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVAS RESINAS SOSTENIBLES DE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE MATERIALES COMPUESTOS.
PROGRAMA	Plan de actividades de carácter no económica 2024
ANUALIDAD	2024
PARTICIPANTES	(si procede)
COORDINADOR	(si procede)
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



2. Antecedentes y motivaciones

La industria de materiales compuestos requiere de soluciones en materia de ecodiseño de producto que faciliten la reciclabilidad futura de este tipo de soluciones destinadas a satisfacer necesidades para sectores con elevados requerimientos técnicos, tales como aeronáutica, la industria eólica o el sector construcción entre otros. Los prototipos fabricados y caracterizados serán desarrollados para su aplicación principalmente en la industria eólica; sin embargo, podrán ser aplicados en otros sectores técnicos como el aeronáutico, construcción civil, automóvil. En este sentido, el sector de materiales compuestos está apostando por diferentes vías para reducir su impacto medioambiental, algunas de las cuales serán objeto de consideración en este proyecto.

El proyecto GREEN COMP surge como una continuación natural de la experiencia adquirida durante el desarrollo del proyecto TECNOLIGHT, el cual sentó las bases para la incorporación de materiales sostenibles en la fabricación de composites. En TECNOLIGHT, se trabajó con una variedad de materiales innovadores y sostenibles, incluyendo:

- **Textiles naturales:** Lino y cáñamo, seleccionados por su disponibilidad, bajo impacto ambiental y propiedades técnicas adecuadas.
- **Materiales reciclados:** Uso de fibra de carbono reciclada y no tejidos provenientes de residuos textiles, promoviendo la reutilización de recursos industriales.
- **Resinas biobasadas:** Sustituyendo resinas convencionales por opciones derivadas de fuentes renovables.
- **Núcleos ligeros:** Aplicación de estructuras tipo honeycomb naturales de lino, que proporcionaron ligereza y rigidez estructural.

Gracias a estas innovaciones, se fabricó un amplio número de prototipos de composites que no solo destacaron por su resistencia mecánica y ligereza, sino que también ofrecieron alternativas más sostenibles frente a los materiales compuestos producidos de manera convencional.

En esta anualidad del proyecto GREEN COMP, se ha buscado avanzar aún más en la sostenibilidad de los materiales compuestos, explorando nuevas estrategias y tecnologías:

1. **Uso de Materiales Sostenibles:**
 - Continuación en el empleo de materiales reciclados y biobasados, con un enfoque en mejorar sus propiedades mecánicas y su aplicabilidad en sectores técnicos exigentes.
2. **Resinas Reciclables y de Química Reversible:**
 - Investigación en resinas con capacidad de reciclado o que puedan ser desmontadas mediante procesos químicos reversibles, facilitando el tratamiento al final de la vida útil del composite.
3. **Nuevos Procesos de Fabricación:**
 - Introducción de tecnologías como el moldeo por BMC (Bulk Molding Compound), que permite fabricar componentes con menor merma de material, mayor reproducibilidad y compatibilidad con materiales sostenibles.
4. **Curado de Resinas por Microondas:**
 - Evaluación de métodos de curado más eficientes, como la irradiación por microondas, con el objetivo de reducir el consumo energético y acelerar los tiempos de procesamiento.



Motivaciones del Proyecto GREEN COMP

El desarrollo del proyecto GREEN COMP se fundamenta en un conjunto de motivaciones claras que guían sus objetivos de investigación y desarrollo:

- **Aumento de la Sostenibilidad en la Fabricación:**
Reducir el impacto ambiental asociado a los procesos de fabricación de materiales compuestos, promoviendo la economía circular.
- **Alternativas Reciclables:**
Buscar materiales y procesos que permitan un reciclaje efectivo al final de la vida útil del composite, atendiendo a las exigencias de las normativas medioambientales actuales y futuras.
- **Eficiencia Energética:**
Implementar tecnologías de curado que sean más rápidas y eficientes, como el curado por microondas, para disminuir los costes energéticos y de producción.
- **Competitividad Industrial:**
Posicionar los materiales compuestos sostenibles como una opción viable y competitiva frente a los convencionales, tanto en términos de rendimiento como de costes a largo plazo.

GREEN COMP no solo se presenta como un proyecto de I+D, sino como una oportunidad para transformar el sector de los materiales compuestos, sentando las bases para un futuro más sostenible y eficiente.



3. Objetivos del proyecto

El presente proyecto de I+D tiene por objeto el desarrollo de diferentes herramientas o soluciones que permitan reducir el impacto medioambiental de la industria de materiales compuestos: la investigación y desarrollo de nuevos materiales compuestos empleando materiales sostenibles como resinas de química reversible (reciclables o termoplásticas), tejidos sostenibles, nuevos procesos de curado de composites ventajosos (económica y energéticamente), núcleos novedosos y *Eco-friendly*.

Los objetivos técnicos que alcanzar en el presente proyecto son los siguientes:

- Investigar el proceso de formulación de resinas de química reversible de aplicación en la industria de materiales compuestos para que mediante procesos de solvólisis o de tratamiento térmico, se pueda llevar a cabo el proceso de recuperación de composites de matriz termoplástica o termoestable. Resinas comerciales termoestables con capacidad de ser recicladas (de base viniléster, epoxi, etc.) o termoplásticas que pueden ser recicladas químicamente o reutilizadas tras tratamiento térmico-mecánico.
- Investigar el proceso de funcionalización de resinas termoestables biobasadas o de química reversible para su implementación en procesos de curado sostenible como alternativa a los procesos de curado térmico convencional. Aproximación a los procesos de curado por microondas.
- Implementación de estos nuevos sistemas de familias de resinas termoestables no sólo en los procesos ya utilizados previamente en AITEX (RTM y VIP) sino en otras técnicas de procesamiento de composites, como puede ser la técnica de BMC (*Bulk Moulding Compound*).
- Validación técnica, económica y medioambiental de los resultados del proyecto, acometiendo pruebas a escala laboratorio de recuperación/eliminación de resinas de química reversible.



4. Plan de trabajo

El proyecto GREEN COMP se ha desarrollado a través de una planificación estructurada que incluye un cronograma detallado y una división en paquetes de trabajo (PT), con actividades específicas en cada uno de ellos. A continuación, se presenta un resumen del plan de trabajo, los paquetes definidos y las actividades ejecutadas.

CRONOGRAMA

PAQUETES DE TRABAJO	2024											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PT1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO												
ACTIVIDAD 1.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA												
ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES												•
ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL												⏏
ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN												
ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN												
PT3. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS												
ACTIVIDAD 3.1. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.												⊕
PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												

•	Entregable del Estado del Arte
⏏	Entregable del Experimental
⊕	Entregable Transferencia
☆	Entregable de difusión

PAQUETES DE TRABAJO Y FASES DEL PROYECTO

PT1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO

- ACTIVIDAD 1.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA

- ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES
- ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL
- ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN
- ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN



PT3. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

- ACTIVIDAD 3.1. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.

PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

- ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

ENTREGABLES DEL PROYECTO

PAQUETE DE TRABAJO	ENTREGABLES
PT2	E2.1 - Estado del Arte, Viabilidad Técnica y Diagnóstico de Necesidades.
	E2.2 - Ejecución técnica. Experimental.
PT3	E3.1 – Comunicación, Difusión y Transferencia de Resultados.

5. Resultados obtenidos

El proyecto GREEN COMP ha alcanzado resultados significativos en el ámbito de los materiales compuestos sostenibles, demostrando la viabilidad técnica e industrial de los desarrollos realizados. A continuación, se detallan los principales logros alcanzados:

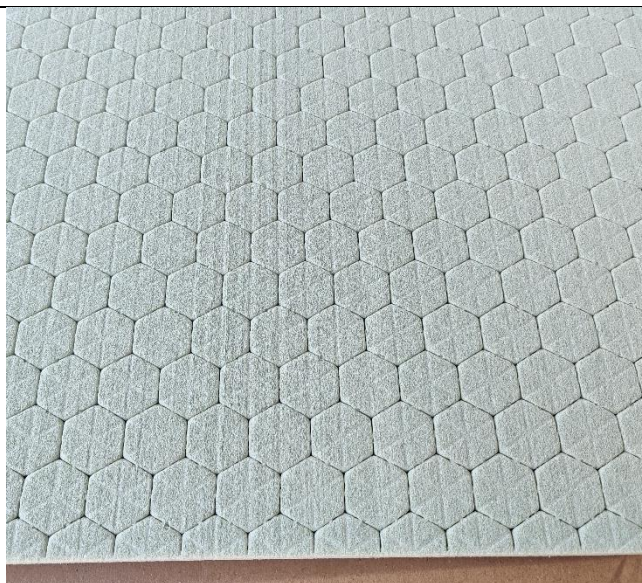
1. Fabricación de Materiales Técnicos con Propiedades Mecánicas Optimizadas

Se han diseñado y fabricado materiales compuestos técnicos que destacan por sus excelentes propiedades mecánicas, como resistencia a la tracción, flexión e impacto. Estos materiales se optimizaron mediante la combinación de refuerzos sostenibles (fibras naturales y recicladas) y resinas biobasadas o reciclables, logrando:

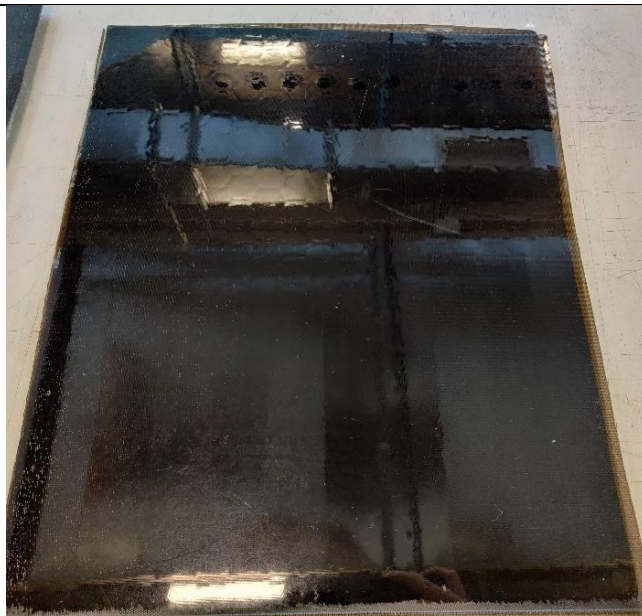
- Altos valores de módulo de elasticidad y resistencia mecánica, adecuados para aplicaciones técnicas.
- Reducción del peso del material, manteniendo o mejorando sus prestaciones frente a los materiales compuestos tradicionales.

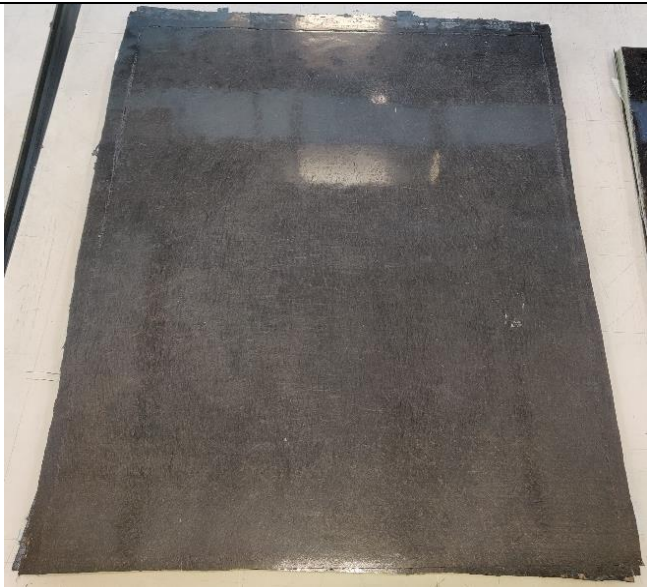
12-C-T17.4-N8	
Descripción	Prototipo de composite con geometría plana fabricado a partir de preimpregnados de basalto para caracterización y validación en sector eólico.
Refuerzo Textil: Preimpregnado de Basalto (4 capas)	

Núcleo: 3D core PET GR 100 (PET 100% reciclado).



Prototipo



13-C-T15.4-N8	
Descripción	Prototipo de composite con geometría plana fabricado a partir de preimpregnados de carbono reciclado (rCF) para caracterización y validación en sector eólico.
Refuerzo Textil: Preimpregnado de carbono reciclado (4 capas)	
Núcleo: 3D core PET GR 100 (PET 100% reciclado).	
Prototipo	

2. Uso de Materiales Sostenibles para la Fabricación de Prototipos de Composite

Se ha promovido el empleo de materiales sostenibles como fibras naturales (lino, cáñamo) y recicladas (fibra de carbono reciclada), además de núcleos ligeros y resinas biobasadas. Estos materiales han sido aplicados en la fabricación de prototipos, logrando:

- Reducción del impacto ambiental asociado al uso de materiales convencionales.
- Mejora en la sostenibilidad general del ciclo de vida del producto, cumpliendo con normativas europeas en materia ambiental.

07-R-R1-T12.4-N3	
Refuerzo Textil: No tejido de carbono reciclado (4 capas)	
Núcleo: Núcleo de corcho natural	

Prototipo



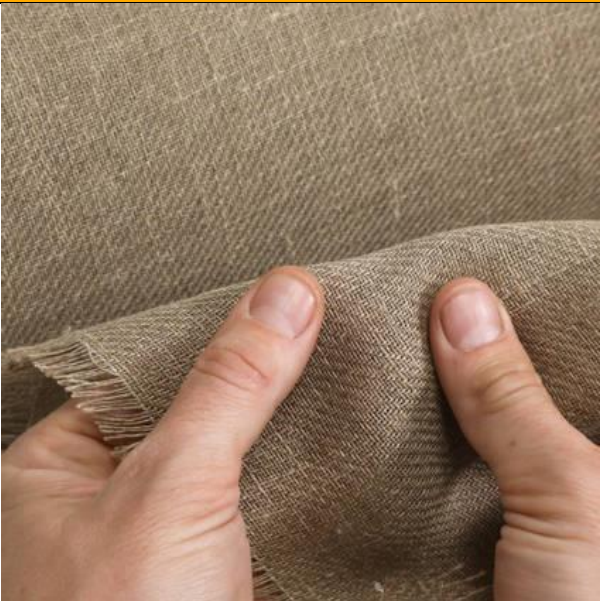
13-R-R1-T18.4-N3

**Refuerzo Textil: Tejido de lino FlaxDry
(grueso)**



Núcleo: Núcleo de corcho natural	
Prototipo	

14-R-R1-T8.4-N6.2

Refuerzo Textil: Tejido de lino FlaxDry (fino)	
--	--

Núcleo: Núcleo fibra de poliéster y fibras de vidrio (METYCORE – 2 capas)



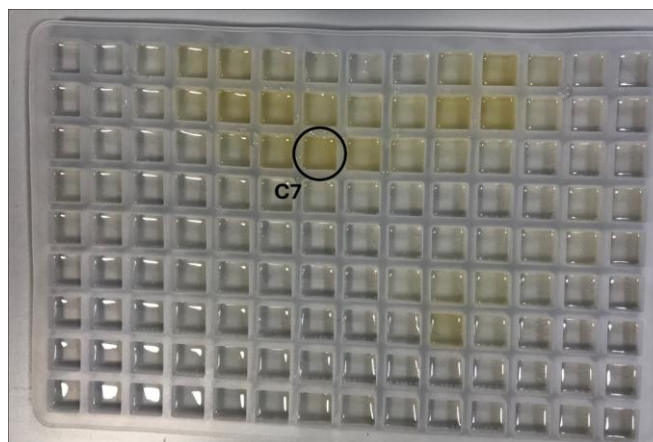
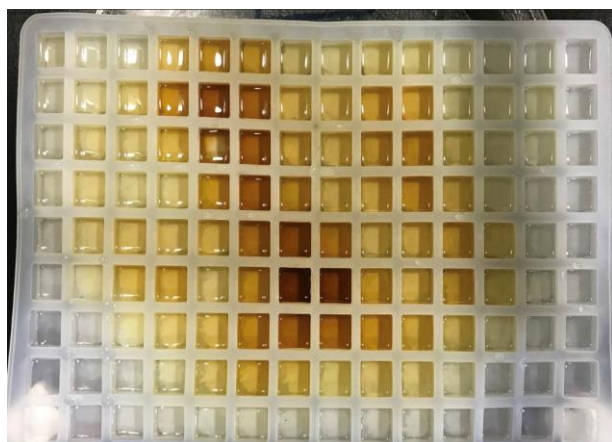
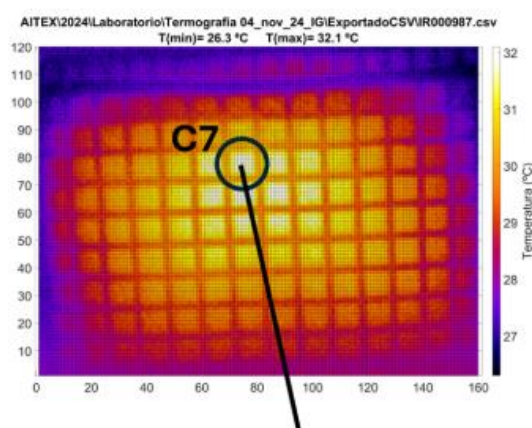
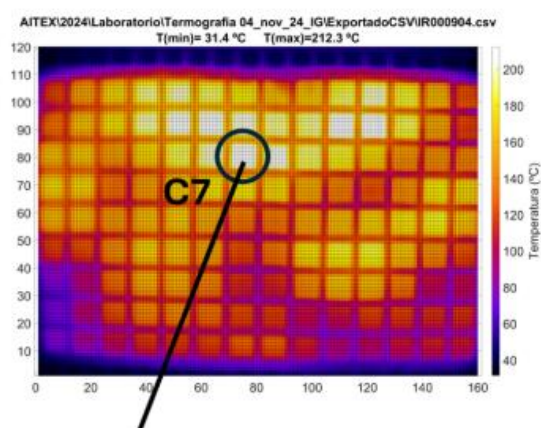
Prototipo



3. Desarrollo de un Proceso Innovador de Curado mediante Irradiación de Microondas

Se ha investigado y desarrollado un sistema innovador para el curado de resinas mediante irradiación de microondas, obteniendo:

- **Eficiencia energética:** El proceso consume significativamente menos energía en comparación con métodos tradicionales como el curado térmico en horno.
- **Rapidez:** Se reducen los tiempos de curado, lo que incrementa la productividad.
- **Calidad del material:** Se pretende optimizar el proceso para que los composites curados por microondas presenten propiedades homogéneas y alta calidad estructural.

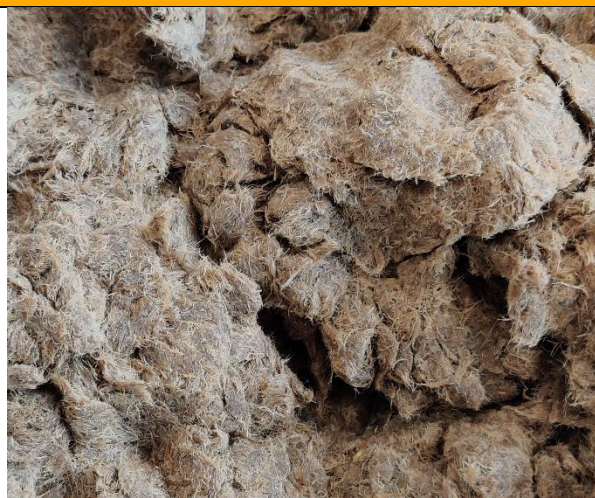


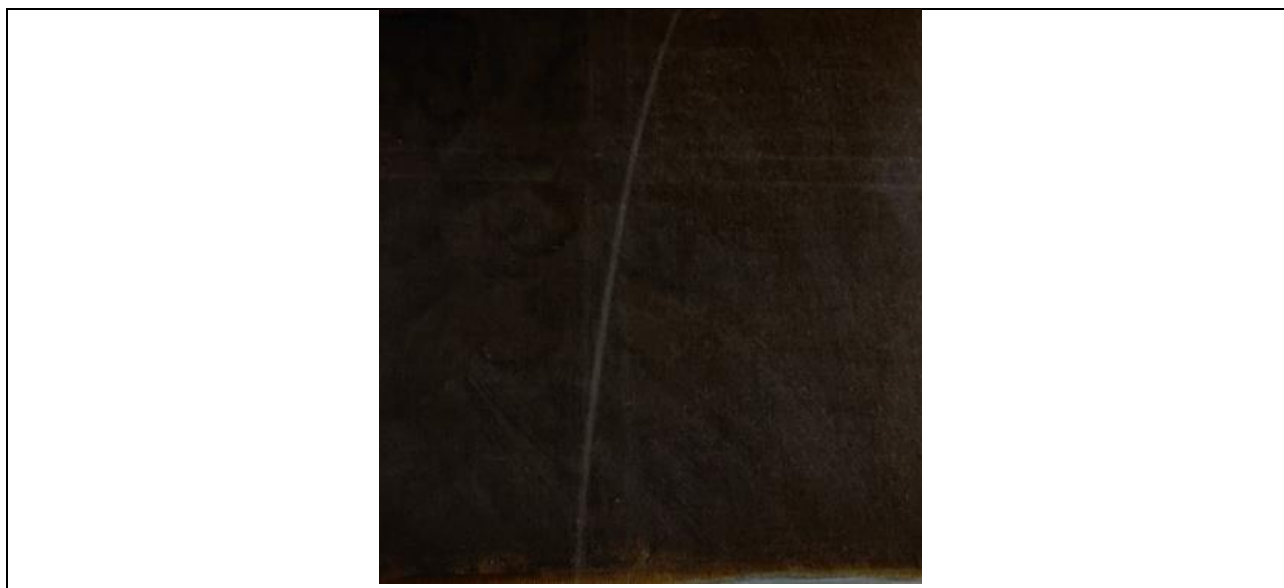
4. Producción de Composites mediante Tecnología BMC (Bulk Molding Compound)

La fabricación de materiales compuestos mediante la tecnología BMC ha permitido:

- **Empleo de materiales sostenibles:** Incorporación de fibras recicladas y resinas biobasadas en la formulación del compuesto.
- **Eficiencia productiva:** El proceso BMC se caracteriza por su alta reproducibilidad, baja merma de material y capacidad para producir piezas complejas en menor tiempo.
- **Versatilidad:** Aplicaciones en sectores técnicos que requieren resistencia mecánica, rigidez y ligereza.

05-P-BMC01





02-P-BMC02



Como el prototipo 02 de BMC no fue satisfactorio debido a la tipología de las fibras de lino y, se formaban aglomerados de fibras de lino con la carga de carbonato de calcio, se decidió emplear otra tipología de fibra de lino. Con la nueva fibra de lino más triturada sí que se consigue una buena difusión e impregnación de la resina en toda la superficie del composite tras su curado en la prensa de laboratorio.

03-P-BMC03



5. Fabricación de Prototipos de Micropalas Eólicas con Materiales Sostenibles

Se han fabricado prototipos funcionales de micropalas eólicas utilizando procesos de fabricación sostenibles, logrando:

- **Por RTM (Resin Transfer Molding):** Prototipos con excelentes acabados en ambas caras, propiedades mecánicas óptimas, y alta reproducibilidad. Este proceso se adapta perfectamente a la fabricación a escala industrial.

22-R-R1-T23.6-N13



24-R-R1-T8.6-N13



- **Por Curado de Prepregs Fuera de Autoclave:** Uso de materiales prepregs sostenibles, curados sin necesidad de autoclave, lo que reduce significativamente el consumo energético y los costes de producción.

10-C-T15.6-N13



09-C-T19.8-N13





6. Colaboradores externos e impacto empresarial

Durante el desarrollo del proyecto GREEN COMP, la optimización de procesos de curado eficientes para composites ha sido una de las líneas de trabajo más innovadoras. Este esfuerzo ha contado con la colaboración de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), que ha prestado su experiencia técnica y sus instalaciones avanzadas para realizar el curado de distintas tipologías de resinas mediante irradiación de microondas.

La participación de la UPCT ha sido esencial para:

1. **Diseñar y llevar a cabo los experimentos:** Evaluación del comportamiento de diferentes resinas sostenibles sometidas a microondas.
2. **Obtener las propiedades dieléctricas y de calentamiento** de las resinas a curar por microondas.
3. **Analizar las propiedades del material resultante.**
4. **Optimizar el proceso:** Identificar los parámetros óptimos de irradiación para garantizar la homogeneidad y la calidad del curado.

Estos trabajos buscan sentar las bases para la transferencia del proceso al sector industrial, asegurando su viabilidad en términos de eficiencia energética, productividad y aplicabilidad a gran escala.

El curado de resinas mediante irradiación de microondas es una tecnología avanzada que utiliza radiación electromagnética de alta frecuencia para acelerar la polimerización de las resinas utilizadas en composites. Este proceso tiene las siguientes características:

1. Principio de Funcionamiento:

- Las microondas generan un campo electromagnético que interactúa con las moléculas polares de la resina.
- Esta interacción provoca un calentamiento volumétrico uniforme debido al movimiento de las moléculas, lo que facilita la polimerización de la resina.

2. Ventajas Técnicas:

- **Eficiencia Energética:** A diferencia del curado convencional por hornos, el calentamiento es directo y localizado, reduciendo el consumo energético.
- **Rapidez:** Los tiempos de curado son significativamente más cortos, incrementando la productividad del proceso.
- **Homogeneidad:** El calentamiento volumétrico asegura un curado uniforme, evitando gradientes de temperatura y posibles defectos en el material.

3. Aplicaciones:

- Este método es especialmente útil para el curado de piezas complejas donde el calentamiento convencional podría ser ineficiente.
- Compatible con resinas biobasadas y reciclables, lo que lo convierte en una opción ideal para composites sostenibles.



4. Retos y Adaptación Industrial:

- Ajuste de parámetros como potencia, tiempo y frecuencia para cada tipo de resina.
- Diseño de equipos específicos que permitan escalar el proceso sin comprometer la calidad del producto final.

El curado por microondas representa una revolución en la fabricación de materiales compuestos, no solo por sus beneficios energéticos y ambientales, sino también por su capacidad de adaptarse a las demandas de la industria. Gracias a la colaboración con la UPCT, GREEN COMP ha iniciado y sentado las bases en la validación de esta tecnología, y se espera que en futuras fases del proyecto se implemente de manera efectiva en procesos a mayor escala, consolidando su posición como una solución innovadora y sostenible.