



**aitex**<sup>®</sup>  
textile research institute

# HONEYTEX

## 2022

---

Prototipado y validación  
de la nueva generación  
de honeycombs a escala  
semi-industrial.





## Contenido

1. Ficha técnica del proyecto.....	3
2. Antecedentes y motivaciones.....	4
3. Objetivos del proyecto .....	5
4. Plan de trabajo .....	6
5. Resultados obtenidos .....	8
6. Impacto empresarial .....	22
7. Colaboradores externos destacados.....	23



# 1. Ficha técnica del proyecto

<b>Nº EXPEDIENTE</b>	IMAMCA/2022/6
<b>TÍTULO COMPLETO</b>	HONEYTEX 2022 – Prototipado y validación de la nueva generación de honeycombs a escala semi-industrial.
<b>PROGRAMA</b>	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2022
<b>ANUALIDAD</b>	2022
<b>PARTICIPANTES</b>	(SI PROCEDE)
<b>COORDINADOR</b>	(SI PROCEDE)
<b>ENTIDADES FINANCIADORAS</b>	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL <a href="http://www.ivace.es">www.ivace.es</a>
<b>ENTIDAD SOLICITANTE</b>	AITEX
<b>C.I.F.</b>	G03182870



**GENERALITAT  
VALENCIANA**



Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial)



## 2. Antecedentes y motivaciones

El tamaño de mercado global de material sándwich de núcleo honeycomb se valoró en 1.300 millones de dólares en 2019 y se prevé que genere 2.100 millones de dólares para 2027. También se prevé que el mercado experimente un crecimiento a una tasa compuesta anual de 6,2% de 2020 a 2027 (fuente: Allied Market Research. Honeycomb Sandwich Material Market). Esto corrobora que el sector de los honeycombs presenta una buena expectativa de crecimiento de cara al futuro, pudiendo dar lugar a oportunidades de negocio con los desarrollos a realizar en el proyecto HONEYTEX 2021.

Actualmente los honeycombs que se pueden encontrar de altas prestaciones mecánicas presentan un coste bastante elevado y los de menor precio se quedan cortos de dichas prestaciones mecánicas. Además, la mayoría de los honeycombs que se pueden encontrar a día de hoy presentan una gran dificultad de reciclado.

Por otra parte, los materiales base que forman los honeycombs son bastante limitados. Debido a esto a las empresas les es difícil la obtención de núcleos de unas prestaciones más elevadas a unos precios razonables, por lo que descartan este tipo de soluciones y adoptan materiales de núcleos más baratos como espumas, maderas, corchos, etc., que se quedan cortos de prestaciones o incrementan el peso del producto final. En la siguiente tabla se pueden observar los diferentes tipos de honeycombs comerciales más comunes comparado con los desarrollados en el proyecto.

Los honeycombs que se están desarrollando en el proyecto HONEYTEX 2021 presentan un rendimiento de propiedades medias altas, comparado con los honeycombs que se pueden encontrar comercialmente. Por tanto, se encuentran a término medio entre los núcleos poliméricos y de altas prestaciones utilizados en el sector aeronáutico y aeroespacial.





# 3. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto HONEYTEX 2022 se centra en la optimización del proceso de desarrollo de honeycombs a escala semi-industrial con el equipo demostrador. Desarrollo de la nueva generación a escala semi-industrial para su validación y aplicación en sectores como la construcción, automoción y naval. También se contempla una línea exploratoria de desarrollo de honeycombs de altas prestaciones para el sector aeronáutico y aeroespacial.

En cuanto a los objetivos específicos:

- Optimización del proceso de desarrollo de honeycombs a escala semi-industrial con el equipo demostrador.
- Desarrollo de nuevos honeycombs con las características necesarias para su aplicación en sectores como la construcción, automoción y naval.
- Validación de los honeycombs para cumplir con la normativa en servicio de los sectores objetivo.
- Exploración de desarrollo de nuevos honeycombs de muy altas prestaciones para ser aplicados en el sector aeronáutico y aeroespacial.



# 4. Plan de trabajo

## **PT0. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.**

A.0.1. Gestión y seguimiento del proyecto.

## **PT1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA.**

A.1.1. Preparación de la propuesta técnico-económica.

A.1.2. Definición de los recursos necesarios.

A.1.3. Definición del plan de comunicación.

A.1.4. Definición de los prototipos a realizar.

A.1.5. Definición de los niveles de partida y niveles objetivo.

## **PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA.**

A.2.1. Estado del arte/viabilidad técnica/IPR.

A.2.2. Experimental.

A.2.3. Caracterización.

A.2.4. Análisis y reingeniería.

A.2.5. Coordinación técnica y validación.

## **PT3. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y DIFUSIÓN.**

A.3.1. Mercado (empresas).

A.3.2. VIETI.

## **PT4. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS. INFORME EJECUTIVO.**

A.4.1. Implementación del plan de comunicación/difusión.

A.4.2. Informe ejecutivo.

## **PT5. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.**

A.5.1. Supervisión y seguimiento del proyecto.



ACTIVIDAD		CRONOGRAMA DE ACTUACIONES											
		2022											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>PT0</b>	<b>GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO</b>												
A.0.1	GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
<b>PT1</b>	<b>PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA</b>												
A.1.1	PREPARACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA												
A.1.2	DEFINICIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS												
A.1.3	DEFINICIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN												
A.1.4	DEFINICIÓN DE LOS PROTOTIPOS A REALIZAR												
A.1.5	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE PARTIDA Y NIVELES OBJETIVO												
<b>PT2</b>	<b>EJECUCIÓN TÉCNICA</b>												
A.2.1	ESTADO DEL ARTE/VIABILIDAD TÉCNICA/IPR												
A.2.2	EXPERIMENTAL												
A.2.3	CARACTERIZACIÓN												
A.2.4	ANÁLISIS Y REINGENIERÍA												
A.2.5	COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN												
<b>PT3</b>	<b>TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y DIFUSIÓN</b>												
A.3.1	MERCADO (EMPRESAS)												
A.3.2	VIETI												
<b>PT4</b>	<b>COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS. INFORME EJECUTIVO</b>												
A.4.1	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN/DIFUSIÓN												
A.4.2	INFORME EJECUTIVO												
<b>PT5</b>	<b>SUPERVISIÓN Y SEGUIMIETO DEL PROYECTO</b>												
A.5.1	SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												



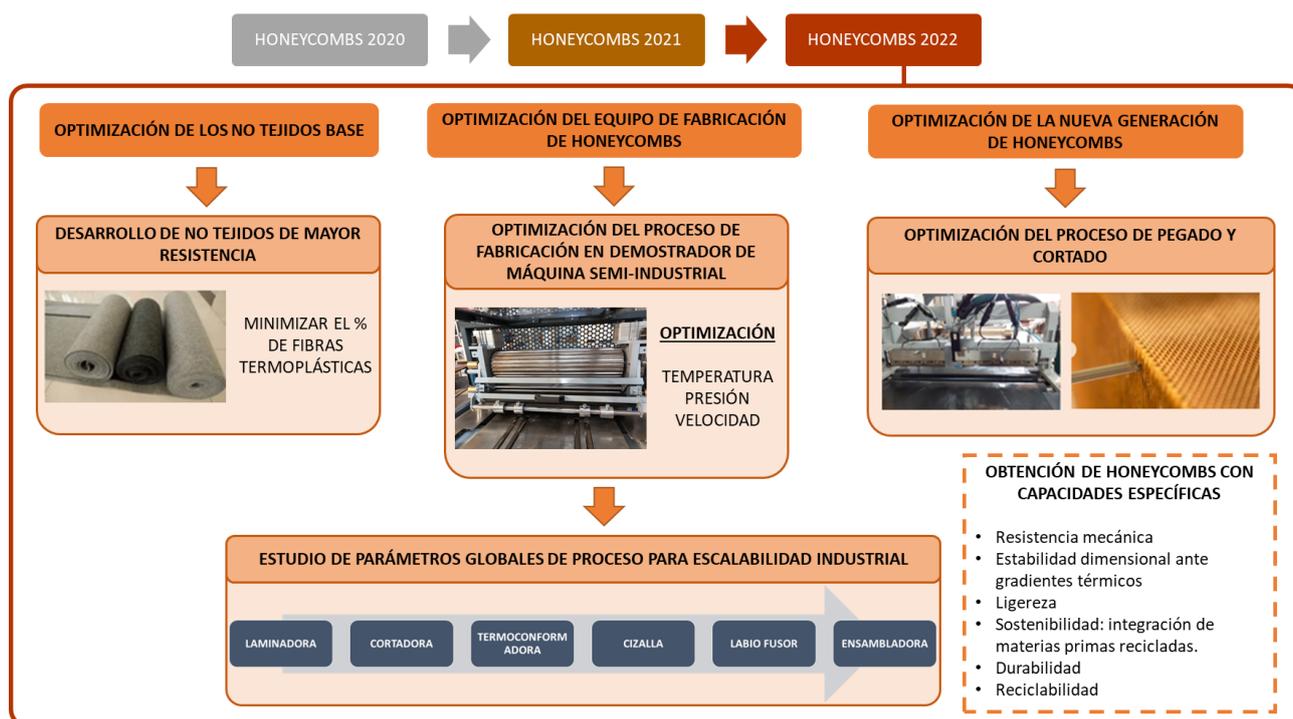
# 5. Resultados obtenidos

El objetivo principal del proyecto HONEYTEX 2022 se centra en la optimización del proceso de desarrollo de honeycombs a escala semi-industrial con el equipo demostrador. Desarrollo de la nueva generación a escala semi-industrial para su validación y aplicación en sectores como la construcción, automoción y naval. También se contempla una línea exploratoria de desarrollo de honeycombs de altas prestaciones para el sector aeronáutico y aeroespacial.

En la optimización del proceso de desarrollo de los honeycombs pasa por la optimización principal de tres puntos para la correcta consecución del proyecto. Estos puntos que se enumeran continuación:

- Optimización de los no tejidos base de fabricación de los honeycombs.
- Optimización del demostrador de equipo semi-industrial de fabricación de honeycombs.
- Optimización del proceso de ensamblaje de los honeycombs y de las prestaciones finales.

En el siguiente esquema se puede ver en mayor detalle los tres puntos de optimización consideradas en el proyecto.



Esquema descriptivo de los pasos seguidos para la optimización de los honeycombs.

Antes de describir toda la parte experimental realizada en el proyecto se ve necesaria la descripción del proceso de formación del honeycomb. Primeramente, se parte de un no tejido que es termocomprimido en plano para posteriormente ser termoconformado en placas con formas de medio hexágono, denominadas preformas de honeycomb, todas estas termocompresiones de manera continua. Seguidamente se pasaría al cortado y pegado de las diferentes placas hasta construir un honeycomb completo. De forma resumida se muestran las etapas seguidas:



- Termocompresión plana en continuo del no tejido.
- Termocompresión de preformas de honeycomb en continuo.
- Cortado y pegado de las preformas para la construcción del honeycomb final.



*Representación esquemática del procedimiento seguido para la formación de la nueva generación de honeycombs.*

### **MATRIZ DE PROTOTIPOS DE NO TEJIDOS BASE DE HONEYCOMBS.**

Se ha considerado la fabricación de diferentes no tejidos para abarcar un abanico amplio de materiales y tipologías. Los materiales que mejores características de resistencia y trabajabilidad presentaban en el anterior proyecto HONEYTEX 2021 y HONEYTEX 2020, siendo dichos no tejidos de fibra de carbono, fibra de pyrotex y de fibra de residuo textil. En la presente anualidad se ha considerado además la utilización de fibras recicladas de poliéster al 100% para tratar de comprobar cómo se comportan estos no tejidos en la formación de honeycombs. También se han considerado no tejidos compuestos 100% de fibra virgen de poliéster en la formación de honeycombs para tener una comparativa de los resultados con la reciclada.

La fibra de poliéster reciclada presenta varias calidades distintas según del tipo de procedencia. En este caso están clasificadas de la siguiente manera:

- Fibra reciclada de poliéster TRM. PES. De menor calidad.
- Fibra reciclada de poliéster TRIT. PES. De calidad intermedia.
- Fibra reciclada de poliéster HIL. PES. De mayor calidad.

Estas fibras recicladas son procedentes del reciclado de trapos sobrantes de procesos industriales que mediante procesos de desgarro y triturado se producen fibras de poliéster, que correctamente clasificadas pueden tener diferentes calidades. Estas fibras han sido suministradas por la empresa RB FIBRES que presenta la tecnología necesaria para transformar trapos de poliéster en fibras.



Tabla de los diferentes no tejidos que se han considerado en el proyecto.

<b>MATRIZ INICIAL DE NO TEJIDOS BASE</b>			
<b>REFERENCIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>p/p (%)</b>	<b>Gramaje (g/m<sup>2</sup>)</b>
TNT 1	Fibra de carbono	30	300
	Fibra de PP	70	
TNT 2	Residuo textil (multicolor)	30	300
	Fibra de PP	70	
TNT 3	Fibra PYROTEX	30	300
	Fibra PP	70	
TNT 4	Fibra TRM. PES	100	300
TNT 5	Fibra TRIT. PES	100	300
TNT 6	Fibra TRM. PES	90	300
	Fibra TRIT. PES	10	
TNT 7	Fibra TRM. PES	90	300
	Fibra HIL. PES	10	
TNT 8	Fibra TRIT. PES	100	400
TNT 9	Fibra TRM. PES	90	400
	Fibra HIL. PES	10	
TNT 10	Fibra HIL. PES	100	300
TNT 11	Fibra HIL. PES	50	300
	Fibra PET (reciclada de botellas)	50	
TNT 12	Fetrolite (PET)	100	250
TNT 13	Fetrolite (PET)	100	400
TNT 14	Fetrolite (PET)	100	350
TNT 15	Fibra PET	100	100
TNT 16	Fibra PET	100	250

### **FORMACIÓN DE LA PREFORMA PLANA. PROCESO DE LAMINACIÓN.**

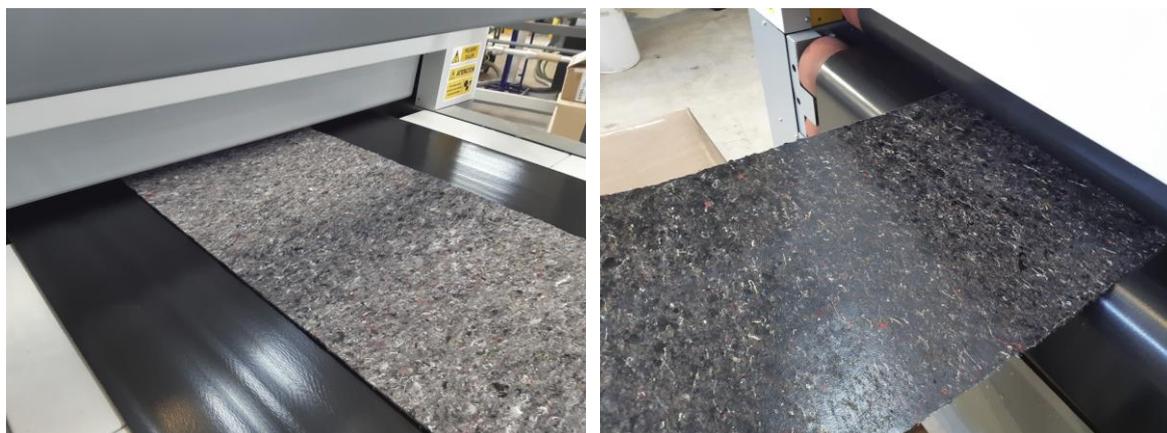
Partiendo de la matriz de prototipos se ha realizado la formación de la preforma plana mediante procesos de laminación en continuo. Para la realización de estas preformas planas se parte de un no tejido desarrollado mediante procesos de cardado y punzonado.

El proceso de termocompresión plana produce en el no tejido que se funda la parte de las fibras termoplásticas, consiguiendo que se distribuya uniformemente en toda la extensión del no tejido consiguiendo una especie de cartulina plastificada. A continuación, se muestran unas imágenes donde se puede observar mejor el procedimiento de termocompresión plana, así como también el resultado final del no tejido sin procesar y procesado. Los parámetros más importantes que se pueden optimizar en el equipo de laminado son:

- Presión de aplicación.
- Velocidad de procesado.
- Temperatura de procesado.



En la siguiente imagen se puede observar el proceso de introducción del no tejido en la laminadora y la posterior fusión de la fibra formando una lámina plástica. En este caso las siguientes imágenes corresponden al prototipo de no tejido TNT 9.



*Proceso de termocompresión continua plana de los no tejidos base de formación de los honeycombs.*

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las termocompresiones continuas planas que se han enumerada anteriormente. De esta manera se ha podido determinar qué tipo de no tejido era el más adecuado para el desarrollo de las preformas de honeycomb y posteriormente el honeycomb completo.

Durante la presente anualidad se ha desarrollado, junto a al servicio externo DUPRA, un módulo de cortado de las rebabas. Este módulo es la parte modificada del equipo demostrador que se desarrolló en el proyecto HONEYTEX 2021 que, debido a las dificultades que se tuvieron de procesado del cortado justo después del proceso de corrugado se decidió separar la parte del cortado de las rebabas en un módulo separado y ubicarlo justo antes del proceso de corrugado. Es decir, el módulo de cortado de las rebabas se ubicó justo después de la formación de la preforma plana en la laminadora.

A continuación, se muestran unas imágenes de ejemplo de cómo se ha procedido al cortado de las rebabas de las preformas de planas desarrolladas con los procesos de laminación en continuo.

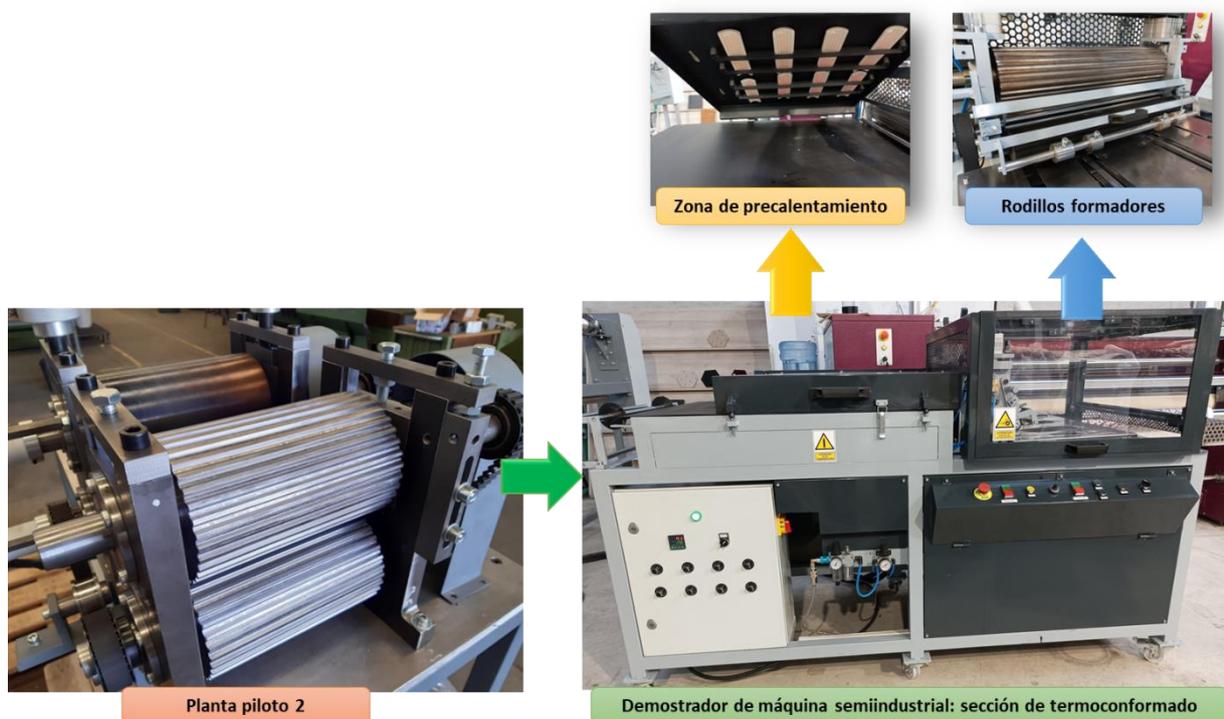


*Proceso de corte de las rebabas de las preformas planas.*



## FORMACIÓN DE LA PREFORMA DE HONEYCOMB. PROCESO DE CORRUGADO.

En el proyecto anterior, HONEYTEX 2021, se pudo desarrollar el equipo demostrador de formación de honeycomb que, a su vez, partía de la planta piloto que se desarrolló en el HONEYTEX 2020. En la siguiente imagen se puede ver con más detalle el paso de la planta piloto al equipo demostrador a una escala semi-industrial.



*Proceso de corte de las rebabas de las preformas planas.*

En este punto se ha realizado la optimización del proceso de fabricación del demostrador de equipo semiindustrial de honeycombs. Tras las pruebas realizadas, durante la anualidad anterior del proyecto HONEYTEX en 2021 con la planta piloto desarrollada, se pudieron considerar mejoras para la optimización del proceso de fabricación de la nueva generación de honeycombs. Estas modificaciones se realizaron de manera que mejoraba la homogeneidad del procesado, así como el aumento de la velocidad de fabricación. Esta nueva modificación mejoró la estabilidad de formación además de proporcionar la posibilidad de aumento de las dimensiones de formación de los honeycombs finales sin variar las dimensiones (ancho de rodillo) de los rodillos formadores.

En cada uno de los prototipos de honeycomb se realizaron diferentes pruebas de procesado a diferentes velocidades para poder comprobar la procesabilidad del material. Se realizaron pruebas de aumento de velocidad (lo que se podría denominar ciclos rápidos) para comprobar la capacidad de formación homogénea de las preformas de medio hexágono.

Tras la formación de la preforma de honeycomb se procedió al cortado a las dimensiones necesarias para la formación de los honeycombs necesarios para posteriores ensayos de caracterización.

Durante la presente anualidad se ha desarrollado, junto con el servicio externo DUPRA, un módulo de cortado por cizalla para cortar las preformas de honeycomb a una longitud de 50 cm, que es la necesaria para ser utilizada en el módulo de pegado. No obstante, este módulo se ha desarrollado en los últimos meses del proyecto por lo que no se ha podido utilizar en continuo para el cortado de las preformas de medio hexágono, por lo que el cortado se ha realizado a mano.



## PROCESO DE MONTAJE Y ENSAMBLAJE DE HONEYCOMBS. PROCESO DE PEGADO.

En este punto se procede a la descripción del proceso de pegado que se ha realizado en el proyecto para la construcción de los honeycomb completos. El objetivo principal de este apartado ha sido la optimización del módulo de pegado que se desarrolló durante el proyecto anterior HONEYTEX 2021. Este módulo trabaja en conjunto con el labio fusor de aplicación de adhesivo hotmelt para la formación de los honeycomb uniendo las capas de preforma de medio hexágono.

En las siguientes imágenes se puede ver con mayor claridad el módulo de pegado del que se parte que ha sido optimizado para una mejor formación de los honeycombs.



*Módulo de pegado integrado en el labio fusor.*

En primer lugar, se aplica el hotmelt mediante el labio fusor para después ser incorporado, por el módulo de pegado, de forma para que se peguen las diferentes capas de forma sucesiva hasta la formación de un bloque de honeycomb.



*Formación del bloque de honeycomb.*



Posteriormente estos honeycombs fueron cortados a las dimensiones adecuadas para la caracterización de las propiedades físico-mecánicas, además de la formación de los paneles sándwich y su posterior caracterización.

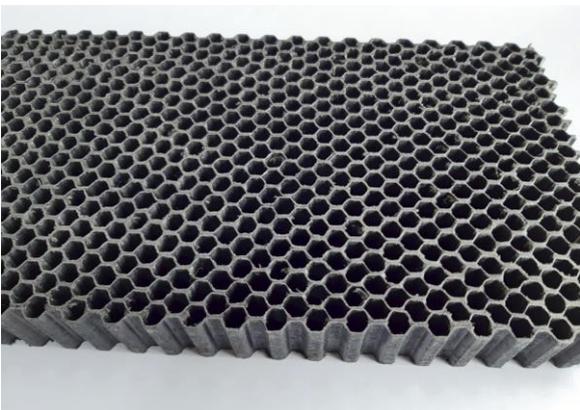
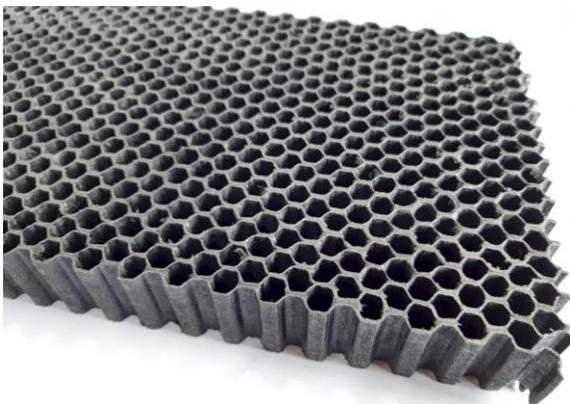
A continuación, se muestran los honeycombs obtenidos finales de cada uno de los materiales considerados en el proyecto.

Tabla matriz final de prototipos de honeycomb.

<b>MATRIZ FINAL DE HONEYCOMBS</b>			
<b>REFERENCIA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>p/p (%)</b>	<b>Gramaje (g/m<sup>2</sup>)</b>
FP-TNT 1	Fibra de carbono	30	300
	Fibra de PP	70	
FP-TNT 2	Residuo textil (multicolor)	30	300
	Fibra de PP	70	
FP-TNT 3	Fibra PYROTEX	30	300
	Fibra PP	70	
FP-TNT 8	Fibra TRIT. PES	100	400
FP-TNT 9	Fibra TRM. PES	90	400
	Fibra HIL. PES	10	
FP-TNT 10	Fibra HIL. PES	100	300
FP-TNT 13	Fetrolite (PET)	100	400
FP-TNT 14	Fetrolite (PET)	100	350

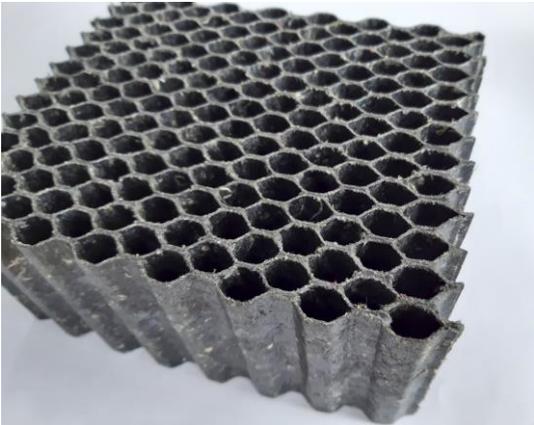
A continuación, se muestran algunos de los prototipos de honeycomb desarrollados en el proyecto.

<b>PH-TNT 1</b>			
<b>Desarrollo de la preforma plana a partir del no tejido TNT 1</b>			
<b>CARACTERISTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO</b>			
TNT 1 (300 g/m <sup>2</sup> )	Fibra carbono → 30%	Tamaño de celda	9,6 mm
	Fibra de PP → 70%		





PH-TNT 8			
Desarrollo de la preforma plana a partir del no tejido TNT 8			
CARACTERISTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO			
TNT 8 (400 g/m <sup>2</sup> )	Fibra TRIT. PES → 100%	Tamaño de celda	9,6 mm



PH-TNT 13			
Desarrollo de la preforma plana a partir del no tejido TNT 13			
CARACTERISTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO			
TNT 13 (400 g/m <sup>2</sup> )	Fetrolite (PET) → 100%	Tamaño de celda	9,6 mm





## DESARROLLO DE PANELES SÁNDWICH A PARTIR DE LOS HONEYCOMBS.

En este punto se describe el proceso de formación de los paneles sándwich a partir de los honeycombs desarrollados en el proyecto.

En un principio se consideraron diferentes tipos de láminas para formar las capas de los paneles sándwich, los cuales se enumeran a continuación:

- Plancha lisa de aluminio.
- Abedul contrachapado.
- Poliestireno UV negro.
- Lámina de plástico negro/blanco.

Partiendo de la matriz de prototipos de honeycombs que se ha desarrollado en el proyecto se han seleccionado los que se consideran los más adecuados para la formación de los paneles sándwich. En la siguiente tabla se muestran los prototipos considerados de formación de los paneles sándwich.

*Tabla matriz final de prototipos de paneles sándwich.*

DESARROLLO SÁNDWICH				
REFERENCIA	LINER SUPERIOR LINER INFERIOR	REF. HONEYCOMB	MATERIAL HONEYCOMB	p/p (%)
SW-M-FH-TNT 1	Madera Abedul Madera Abedul	FH-TNT 1	Fibra de carbono	30
			Fibra de PP	70
SW-A-FH-TNT 1	Plancha aluminio Plancha aluminio	FH-TNT 1	Fibra de carbono	30
			Fibra de PP	70
SW-PS-FH-TNT 1	Poliestireno UV negro Poliestireno UV negro	FH-TNT 1	Fibra de carbono	30
			Fibra de PP	70
SW-PP-FH-TNT 1	Polipropileno blanco/negro Polipropileno blanco/negro	FH-TNT 1	Fibra de carbono	30
			Fibra de PP	70
SW-M-FH-TNT 2	Madera Abedul Madera Abedul	FH-TNT 2	Residuo textil (multicolor)	30
			Fibra de PP	70
SW-A-FH-TNT 2	Plancha aluminio Plancha aluminio	FH-TNT 2	Residuo textil (multicolor)	30
			Fibra de PP	70
SW-PS-FH-TNT 2	Poliestireno UV negro Poliestireno UV negro	FH-TNT 2	Residuo textil (multicolor)	30
			Fibra de PP	70
SW-PP-FH-TNT 2	Polipropileno blanco/negro Polipropileno blanco/negro	FH-TNT 2	Residuo textil (multicolor)	30
			Fibra de PP	70
SW-M-FH-TNT 3	Madera Abedul Madera Abedul	FH-TNT 3	Fibra PYROTEX	30
			Fibra PP	70
SW-A-FH-TNT 3	Plancha aluminio Plancha aluminio	FH-TNT 3	Fibra PYROTEX	30
			Fibra PP	70
SW-PS-FH-TNT 3	Poliestireno UV negro Poliestireno UV negro	FH-TNT 3	Fibra PYROTEX	30
			Fibra PP	70
SW-PP-FH-TNT 3	Polipropileno blanco/negro Polipropileno blanco/negro	FH-TNT 3	Fibra PYROTEX	30
			Fibra PP	70
SW-M-FH-TNT 10	Madera Abedul Madera Abedul	FH-TNT 10	Fibra HIL. PES	100
SW-A-FH-TNT 10	Plancha aluminio Plancha aluminio	FH-TNT 10	Fibra HIL. PES	100

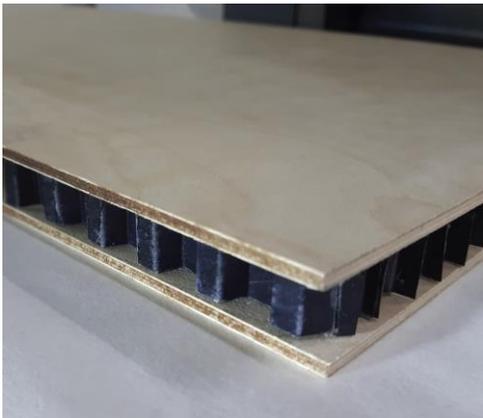
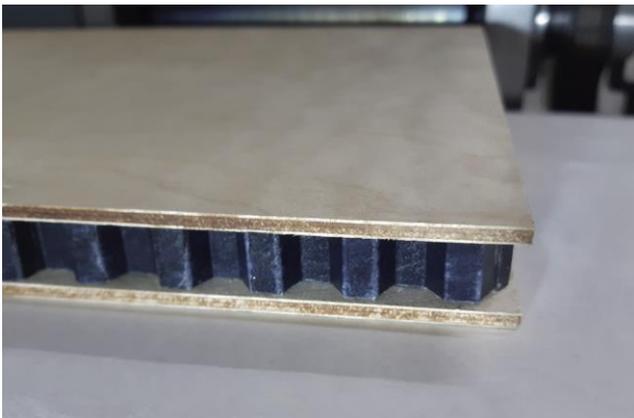


SW-PS-FH-TNT 10	Poliestireno UV negro Poliestireno UV negro	FH-TNT 10	Fibra HIL. PES	100
SW-PP-FH-TNT 10	Polipropileno blanco/negro Polipropileno blanco/negro	FH-TNT 10	Fibra HIL. PES	100
SW-M-FH-TNT 13	Madera Abedul Madera Abedul	FH-TNT 13	Fetrolite (PET)	100
SW-A-FH-TNT 13	Plancha aluminio Plancha aluminio	FH-TNT 13	Fetrolite (PET)	100
SW-PS-FH-TNT 13	Poliestireno UV negro Poliestireno UV negro	FH-TNT 13	Fetrolite (PET)	100
SW-PP-FH-TNT 13	Polipropileno blanco/negro Polipropileno blanco/negro	FH-TNT 13	Fetrolite (PET)	100

El proceso de formación de los paneles sándwich ha consistido en la utilización de adhesivos de tipo epoxi para el pegado de las capas consideradas en un principio y enumeradas anteriormente. La metodología es la típica utilizada en la formación de materiales compuestos por laminación manual, es decir, la aplicación de la resina epoxi mediante rodillo sobre el honeycomb y las láminas consideradas.

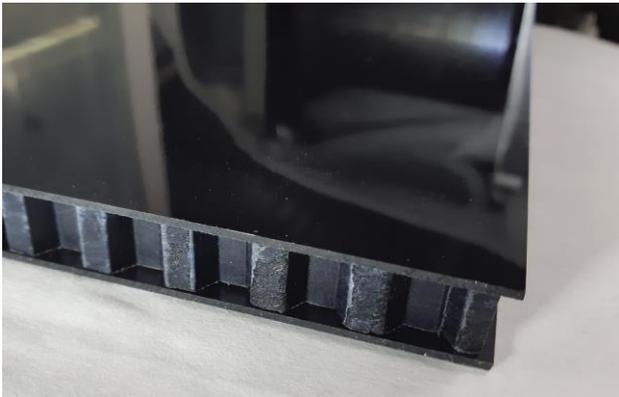
A continuación, se muestran algunos de los prototipos de paneles sándwich desarrollados en el proyecto.

<b>SW-M-FH-TNT 1</b>			
<b>Desarrollo de la preforma plana a partir del no tejido TNT 1</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO</b>			
TNT 1 (300 g/m <sup>2</sup> )	Fibra carbono → 30%	Tamaño de celda	9,6 mm
	Fibra de PP → 70%		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS SÁNDWICH</b>			
Material	Madera	Espesor (mm)	2,5

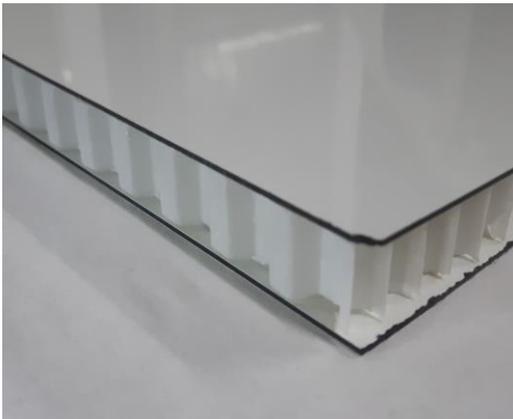




SW-PS-FH-TNT 1			
Desarrollo de la preforma plana a partir del no tejido TNT 1			
CARACTERÍSTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO			
TNT 1 (300 g/m <sup>2</sup> )	Fibra carbono → 30%	Tamaño de celda	9,6 mm
	Fibra de PP → 70%		
CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS SÁNDWICH			
Material	Poliestireno UV negro	Espesor (mm)	1,5



SW-PP-FH-TNT 14			
Desarrollo de la preforma plana a partir del no tejido TNT 14			
CARACTERÍSTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO			
TNT 14 (350 g/m <sup>2</sup> )	Fetrolite (PET) → 100%	Tamaño de celda	9,6 mm
CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPAS SÁNDWICH			
Material	Polipropileno blanco/negro	Espesor (mm)	1





## DESARROLLO DE HONEYCOMBS A PARTIR DE FILMS POLIMÉRICOS DE ALTAS PRESTACIONES.

Este punto ha consistido en el desarrollo de una línea exploratoria para poder desarrollar honeycombs a partir de la utilización de films termoplásticos de altas prestaciones que pudieran ser empleados en aplicaciones como aeronáutica y aeroespacial.

Se han contemplado diferentes tipos de films de altas prestaciones para la realización de estas pruebas, a continuación, se muestran los materiales films utilizados.

A continuación, se muestran algunos de los desarrollos realizados con los films de altas prestaciones.

FH-PEEK			
Desarrollo de la preforma plana a partir del film LITE TK			
CARACTERISTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO			
LITE TK (250 $\mu$ m)	PEEK $\rightarrow$ 100%	Tamaño de celda	9,6 mm
PARÁMETROS DE PROCESADO			
Tiempo procesado (min)	2	Temperatura ( $^{\circ}$ C)	335
			

Esta línea necesita de más investigación para poder sacarle el máximo provecho y poder desarrollar un honeycomb completo con el procesado con estos films de altas prestaciones.

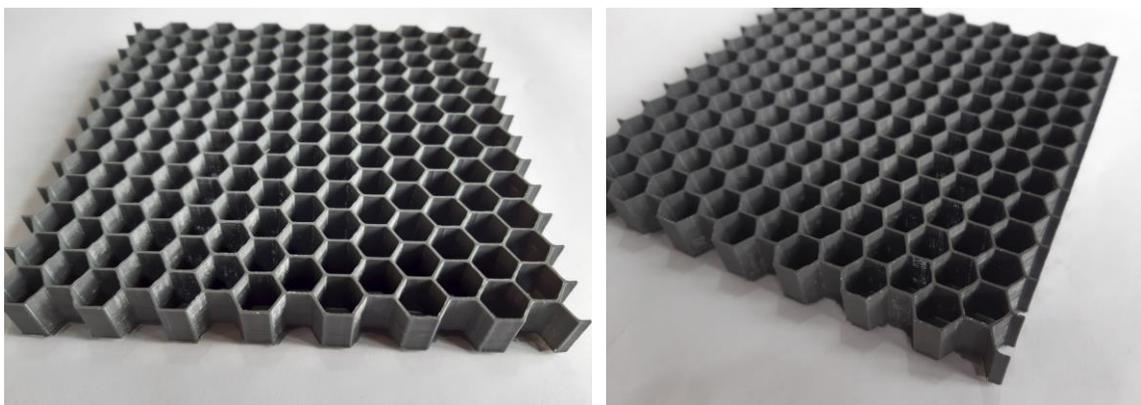


FH-PEI			
Desarrollo de la preforma plana a partir del film LITE I			
CARACTERISTICAS DE LA PREFORMA DE MEDIO HEXÁGONO			
LITE I (250 $\mu\text{m}$ )	PEI $\rightarrow$ 100%	Tamaño de celda	9,6 mm
PARÁMETROS DE PROCESADO			
Tiempo procesado (min)	2	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	235



### DESARROLLO DE HONEYCOMBS DE ALTAS PRESTACIONES CON IMPRESIÓN 3D.

En este punto se ha realizado el estudio de formación de honeycombs mediante la impresión 3D. En este caso se han realizado pruebas con el polímero de PEEK que presenta altas prestaciones llegando a poder ser utilizado en sectores como la aeronáutica y la aeroespacial.



*Honeycomb imprimido en 3D.*

No obstante, se pudo determinar que el grosor, necesario para la formación correcta del honeycomb por impresión 3D, es bastante elevado en comparación con los films termofusibles. La precisión de la impresora 3D no es tan alta como para poder hacer grosores de pared lo suficientemente delgados como para ser comparados con los films de altas prestaciones que presentan espesores mucho más delgados. Los espesores del film de PEEK es de 250 micras y el grosor de pared de la impresión 3D es de 500 micras, no pudiendo reducir el espesor debido a que se compromete la integridad de la estructura del honeycomb.



Además, hay que añadirle el tiempo de procesado, para el desarrollo de un honeycomb de medidas de 100x100 mm se tarda una media de 5h, siendo un tiempo muy grande. Comparado con la formación de los honeycombs con los films de altas prestaciones, de forma teórica, la formación sería mucha más rápida.

Por tanto, la utilización de films de altas prestaciones con el proceso de formación de honeycombs desarrollado es más viable técnicamente que la impresión 3D con polímeros de altas prestaciones, disminuyendo densidad, tiempo de formación y en consecuencia coste económico.

## **CONCLUSIONES Y DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA DE VALOR FINAL/VENTAJE COMPETITIVA.**

En el proyecto se ha realizado el desarrollo de una nueva generación de honeycombs y paneles sándwich con prestaciones mecánicas optimizadas con una relación calidad/precio bastante competitivo. Estos nuevos núcleos se distinguen de los comerciales en el material base de no tejido utilizado para su desarrollo. La utilización de no tejidos de carda o air-laid es un concepto nuevo en este sector, ya que ninguna de las tecnologías actuales de fabricación de honeycombs admite este tipo de formato no tejido. La posibilidad de utilización de velos no tejidos para la formación de los núcleos posibilita la reducción del coste del producto final, así como también proporciona la posibilidad de utilización de muy distintos materiales de refuerzo (tanto técnicos como reciclados) en una misma tecnología de fabricación. Esto da lugar a la posibilidad de una optimización de coste/rendimiento superior a los honeycombs comerciales. Además, es de gran importancia la posibilidad de utilización de materiales reciclados (en formato fibra o partícula fina) para la formación de los honeycombs, lo que abre un abanico de posibilidades en sectores donde cada vez más se prima la ecología de los materiales empleados en la construcción o sustitución de elementos, hasta la fecha, mucho más contaminantes. Esto representa una gran innovación en el sector de los honeycombs, que suelen emplear materiales vírgenes tradicionales, contaminantes y no renovables.



## 6. Impacto empresarial

Con los resultados del proyecto se han estado realizando aproximaciones a empresas para la valoración de su interés con respecto a la nueva generación de honeycombs que se han desarrollado en el presente proyecto, así como también del propio proceso de formación de los honeycombs. A continuación, se describe brevemente las actuaciones realizadas con empresas interesadas en la nueva generación de honeycombs y del propio proceso de formación de los mismos.

**GRUPO GARNICA PLYWOOD, S.A.:** Esta empresa es una gran productora de tableros de madera conglomerada, contrachapada y densidad media (DM). Presenta un gran interés en la utilización de la nueva generación como núcleo en la construcción de sándwich con chapas de madera para ser utilizados en el sector de la construcción de caravanas, a partir de fibras recicladas y de sus propios residuos de serrín producidos en el rectificado de espesores de los tableros. Hay que destacar que actualmente GARNICA suministra el 70% de las chapas de madera utilizadas en la construcción de las caravanas a nivel europeo, por lo que tiene un mercado importante en este sector. Se está en conversaciones para poder realizar un proyecto en colaboración y explorar esta vía de aplicación.

**INCOM GROUP, S.A.:** Esta empresa se dedica mayoritariamente en la producción de componentes de materiales compuestos para la construcción de palas eólicas, entre otros tipos de materiales compuestos. Esta empresa está interesada en la utilización de los honeycombs para la construcción de palas eólicas. El honeycomb se utilizaría en el interior de la propia pala. En este caso se le han suministrado dos tipos de honeycombs de fibra reciclada de carbono, de 6,4 mm y 9,6 mm de tamaño de celda. Uno de los honeycombs lo han rellenado con espuma de poliuretano y el otro honeycomb se pretende depositar un no tejido en cada una de las caras para la comparativa de la diferencia de procesado, densidad final y resistencia. A estos honeycombs, para integrarlos en las palas eólicas, se les realizará un proceso de infusión de resina, este último paso todavía está en proceso.

**Gen 2 Carbon Ltd.:** Esta empresa está especializada en el reciclado de fibra de carbono y su reutilización en la producción de no tejidos de carda con fibras termoplásticas, entre otros tipos de productos basados en fibras de carbono. La empresa está muy interesada en explorar las posibilidades de los honeycombs desarrollados en el proyecto a partir de sus no tejidos de fibras de carbono recicladas (60% fibra de PP y 40% fibra de carbono reciclada). Presenta varios clientes que podrían utilizar este tipo de honeycombs. Se está negociando la manera más adecuada de colaboración.

**GRUPO ANTOLÍN INGENIERÍA, S.A.U.:** Esta empresa se dedica a la producción de partes del interior de vehículos en el sector automoción. También presenta una amplia capacidad de investigación de nuevos materiales y productos destinados a la fabricación de las partes interiores de vehículos. Con esta empresa se ha empezado en una colaboración para explorar las posibilidades de los honeycombs en aplicación de interiores de vehículos.



## 7. Colaboradores externos destacados

En la consecución del presente proyecto se ha necesitado de la colaboración de varios servicios externos. Se necesitó de la colaboración de la empresa CONSTRUCCIONES MECÁNICAS DUPRA, S.L., que colaboró en el desarrollo de nuevos módulos de formación a partir de la optimización que se ha realizado en cada una de las partes de desarrollo hasta la obtención del honeycomb final. Esta empresa tiene una gran experiencia en el desarrollo de todo tipo de maquinaria hecha a medida a los requerimientos que los clientes necesiten, por lo que presentaba la experiencia suficiente para la consecución de los trabajos considerados en el proyecto.

Por otra parte, también se ha contado con la colaboración del servicio externo APPLUS que ha realizado los ensayos físico-mecánicos de los honeycombs y paneles sándwich desarrollados en el presente proyecto.