



aitex[®]
textile research institute

TECNOLIGHT

INVESTIGACIÓN DE
NUEVAS SOLUCIONES
TEXTILES
SOSTENIBLES PARA
EL DESARROLLO DE
COMPOSITES
LIGHTWEIGHT.





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	38
7. Colaboradores externos destacados	40



1. Ficha técnica del proyecto

Nº EXPEDIENTE	IMAMCA/2023/6
TÍTULO COMPLETO	INVESTIGACIÓN DE NUEVAS SOLUCIONES TEXTILES SOSTENIBLES PARA EL DESARROLLO DE COMPOSITOS LIGHTWEIGHT
PROGRAMA	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2023
ANUALIDAD	2023
PARTICIPANTES	Eloi Gongga, Óscar Gutiérrez Moscardó, Pau Vilaplana, Pau Pascual, Patricia Martos, Pablo Doménech, María Soler, Mónica Pascual, Vicente Cambra, Eduardo Fages.
COORDINADOR	Eloi Gongga
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL www.ivace.es
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



TECNOLIGHT



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

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

Los antecedentes y motivaciones del proyecto TECNOLIGHT están relacionados con la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles en el campo de los materiales compuestos. A continuación, se detallan algunos aspectos clave:

1. **Necesidad de Sostenibilidad:** El proyecto surge en un contexto en el que la sostenibilidad se ha convertido en un aspecto crucial en diversos sectores industriales. La preocupación por reducir la huella ambiental y la dependencia de recursos no renovables impulsa la búsqueda de materiales más sostenibles.
2. **Estado del Arte de Materiales Compuestos:** La investigación se basa en una revisión exhaustiva del estado actual de los materiales compuestos. Este análisis incluirá la identificación de limitaciones, áreas de mejora y oportunidades para innovar en términos de sostenibilidad y rendimiento.
3. **Desarrollo de Materiales Compuestos:** El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de materiales compuestos avanzados utilizando refuerzos naturales y núcleos honeycomb novedosos. Esto implica investigar y diseñar nuevas combinaciones de materiales que no solo mejoren las propiedades mecánicas, sino que también reduzcan la dependencia de recursos no renovables.
4. **Transferencia de Conocimientos:** Se busca transferir los conocimientos adquiridos durante la ejecución del proyecto a empresas del sector de los compuestos. Esta transferencia implica compartir los avances científicos y tecnológicos, así como proporcionar a las empresas las herramientas necesarias para implementar las nuevas tecnologías y materiales en sus procesos de producción.
5. **Beneficios para Empresas del Sector:** Al transferir los conocimientos, se pretende beneficiar a empresas del sector de los compuestos. Estas empresas podrán aprovechar las nuevas tecnologías y materiales desarrollados para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad en sus productos y procesos.

En resumen, el proyecto TECNOLIGHT se origina en la necesidad de abordar los desafíos actuales en los materiales compuestos, con un enfoque particular en la sostenibilidad. La investigación y desarrollo llevados a cabo buscan generar avances significativos que se traduzcan en beneficios tangibles para las empresas del sector, así como en contribuciones al avance general de la ciencia y la tecnología en este campo específico.



3. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto TECNOLIGHT en la anualidad 2023 ha sido la investigación y el desarrollo de nuevos materiales compuestos de bajo peso a partir de textiles sostenibles (naturales y/o reciclados) y núcleos honeycomb de origen natural y/o reciclado.

De este objetivo principal, se derivan los objetivos específicos técnicos que se han logrado alcanzar en el proyecto TECNOLIGHT:

- Análisis de mercado y estudio del estado del arte de materiales compuestos sostenibles en la actualidad.
- Tratamiento de textiles naturales para la mejora de la adhesión interlaminar entre matriz, núcleo y tejidos.
- Desarrollo y fabricación de núcleos honeycomb a partir de fibras naturales y/o recicladas y polímeros de altas prestaciones.
- Desarrollo de composites de bajo peso para la aplicación en sectores de alto valor añadido.
- Transferencia de conocimientos adquiridos en la ejecución del proyecto TECNOLIGHT a empresas del sector de los materiales compuestos a nivel nacional.



4. Plan de trabajo

El cronograma de actuaciones y el plan de trabajo que se va a seguir en el proyecto TECNOLIGHT es el siguiente:

CRONOGRAMA

Paquetes de trabajo	2023												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
PT0. GESTION Y SEGUIMIENTO													
ACTIVIDAD 0.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO													
PT1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA													
ACTIVIDAD 1.1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN													
PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA													
ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / IPR													•
ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL / ANÁLISIS Y REINGENIERIA													⏏
ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN													
ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN													
PT3. DIAGNÓSTICO DE MERCADO, TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN													
ACTIVIDAD 3.1. DIAGNÓSTICO DE MERCADO Y TRASFERENCIA.													
ACTIVIDAD 3.2. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS.													☆ ⊕
ACTIVIDAD 3.3. PROTOTIPADO													
PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO													
ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO													

•	Entregable del Estado del Arte	☆	Entregable de difusión
⏏	Entregable del Experimental	⊕	Informe Ejecutivo



PAQUETES DE TRABAJO Y FASES DEL PROYECTO

PT 0. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

ACTIVIDAD 0.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

PT 1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD 1.1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA.

PT 2. EJECUCIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / IPR

ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL / ANÁLISIS Y REINGENIERIA

ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN

ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN

PT 3. DIAGNÓSTICO DE MERCADO, TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN

ACTIVIDAD 3.1. DIAGNÓSTICO DE MERCADO Y TRASFERENCIA.

ACTIVIDAD 3.2. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS.

ACTIVIDAD 3.3. PROTOTIPADO

PT 4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.



5. Resultados obtenidos

A continuación, se detallan los principales resultados obtenidos en la ejecución del proyecto TECNOLIGHT:

Estudio de mercado de materiales novedosos y resinas

El primer objetivo cumplido en la ejecución de este proyecto ha consistido en la identificación de materiales novedosos y sostenibles de aplicación en el sector de los composites que pudiesen ser utilizados para la fabricación de prototipos en el proyecto TECNOLIGHT. Así como un estudio de las resinas bio-basadas comerciales disponibles en el mercado que se adaptasen a los parámetros de operación de las tecnologías disponibles en las instalaciones de AITEX para la fabricación de composites (RTM e infusión asistida bajo vacío).

En la JEC WORLD 2023 (feria internacional de composites) celebrada este año en París, se pudieron identificar los materiales más novedosos y/o sostenibles que se están utilizando actualmente en la industria de los composites. Como materiales a destacar que se están investigando y utilizando en más aplicaciones en estos últimos años, encontramos los tejidos naturales (especialmente a partir de fibras de lino) y las resinas epoxi de origen BIO que presentan cada vez un contenido mayor de origen biobasado. También destacar la novedosa resina termoplástica ELIUM de la compañía química francesa ARKEMA, esta resina termoplástica permite ser reutilizada al finalizar la vida útil de la pieza fabricada con ella. Por ejemplo, se están fabricando palas de aerogenerador a partir de fibras de vidrio y fibras naturales, y la resina ELIUM. Al final de la vida útil de estas piezas, se pueden triturar y volver a fundir (aplicando temperatura y presión) para formar un nuevo material compuesto. Por otro lado, los composites fabricados a partir de esta resina termoplástica también pueden ser reciclados mediante vías químicas con relativa facilidad.

También se identificaron otros materiales de interés como núcleos de PET reciclado, resinas de rPET a partir de residuos plásticos, núcleos naturales para composites, aditivos para mejorar las propiedades de la resina BioEpoxi, etc.

Tratamiento de textiles naturales de lino para la mejora de la adhesión interlaminar entre matriz, núcleo y tejidos de refuerzo.

Tras la visita a la JEC WORLD 2023 se definió una matriz de prototipos a fabricar con los materiales de mayor interés y más utilizados a nivel industrial en la actualidad. Para la fabricación de estos composites, se han utilizado principalmente fibras naturales de lino en combinación con distintos tipos de resinas comerciales (poliéster, epoxi, bioepoxi, ELIUM...) mediante los procesos disponibles en las instalaciones de AITEX (RTM e infusión asistida bajo vacío).

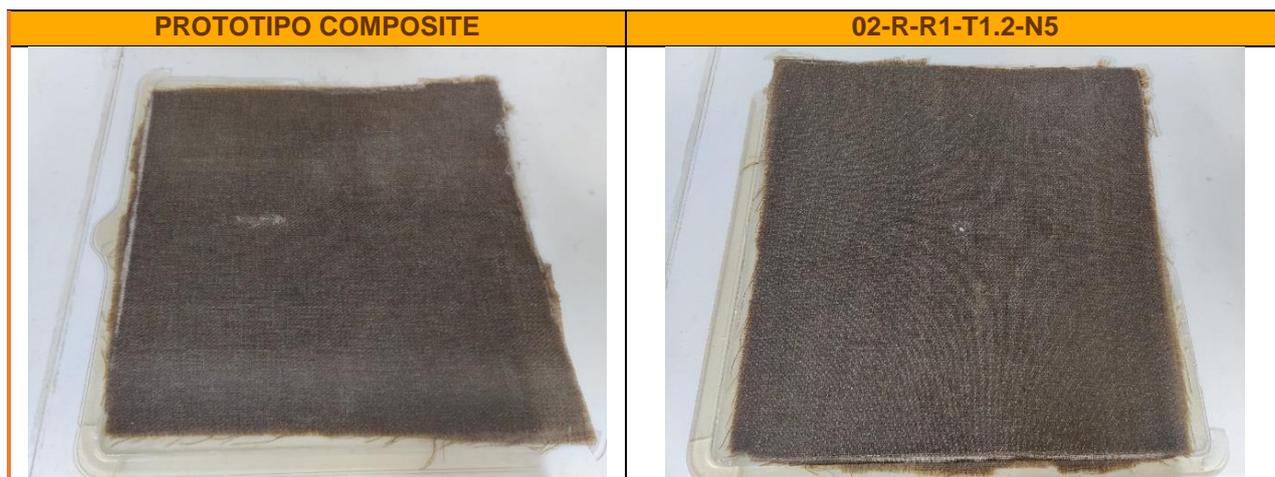
En los primeros composites fabricados con tejidos de lino se pueden apreciar imperfecciones superficiales en el material, así como burbujas de aire. Esto se debe a una mala compatibilidad entre las fibras de lino y la matriz de resina. De los estudios científicos realizados se conoce que las fibras vegetales del lino son hidrófilas, por lo que captan moléculas de agua en su interior (el tejido de lino absorbe humedad), mientras que la matriz de resina tiene un comportamiento hidrófobo.

La naturaleza hidrófila del lino y la hidrofobicidad de las resinas utilizadas en la fabricación de los composites, genera que haya una mala compatibilidad entre ambos y puedan aparecer estas imperfecciones superficiales, además empeora la adhesión interlaminar entre la matriz, núcleo y los tejidos de refuerzo.

A continuación, se adjuntan diversas imágenes de composites de lino que no han sido tratados térmica o químicamente para la mejora de la adhesión interlaminar:



PROTOTIPO COMPOSITE	01-R-R1-T1.2-N5
	
	
	



Tras observar la presencia de algunas imperfecciones superficiales y burbujas de aire, en algunos de los prototipos de lino, se investigaron y desarrollaron distintos métodos de tratamiento de las fibras naturales para la mejora de la adhesión fibra-matriz. Para esta finalidad, se ha realizado un estudio bibliográfico y revisión de artículos científicos recientes acerca de tratamientos para tejidos naturales (como el lino) para la mejora de la adhesión interlaminar fibra-matriz. Debido a que se van a utilizar materiales sostenibles, se van a desarrollar tratamientos que mantengan esta dinámica y, por tanto, que también sean sostenibles.

En la revisión de los artículos científicos relacionados con este tema, se identificaron diversos tipos de tratamientos para las fibras naturales. El primer método identificado consiste en el tratamiento térmico, como se ha mencionado anteriormente, los tejidos de lino (fibras vegetales) absorben humedad, por lo que el tratamiento térmico permite secar estos tejidos en una etapa previa a su utilización para la fabricación del composite. El ciclo térmico más común que se ha utilizado con los tejidos de lino ha sido de 4h a 120 °C para eliminar toda la humedad residual del tejido.

Por otro lado, se estuvieron sopesando otros métodos de tratamiento de las fibras naturales como el plasma, agentes de acoplamiento, etc.; pero éstos se descartaron debido a que podían influir negativamente sobre las fibras naturales del lino y reducir notablemente las propiedades mecánicas del composite final.

El tratamiento químico que se utiliza mayoritariamente en la industria actualmente es la mercerización, que consiste en introducir las fibras naturales en un baño de sosa cáustica (NaOH) con una concentración determinada (6 – 10 %) y a una temperatura fijada (20 – 100 °C). En este tratamiento, los iones de Na⁺ sustituyen los grupos hidroxilo (-OH) de las fibras vegetales del lino, estos grupos hidroxilo son los que presentan afinidad por el agua (naturaleza hidrófila) y son los que captan las moléculas de agua. Por lo que, al sustituir estos grupos con los iones de Na⁺ se reduce la capacidad de absorción de humedad de los tejidos naturales.

Este tratamiento se va a reemplazar por otros tratamientos con productos químicos más sostenibles y que generen un menor impacto dañino sobre el medioambiente. Para esto se han probado diversos productos químicos más ECOfriendly que la sosa cáustica, pero que se basan en el mismo efecto, la sustitución de los grupos hidroxilo (-OH) por los iones de las sales empleadas en el tratamiento químico (Na⁺ o K⁺). Los productos químicos que se han empleado se utilizan en la industria como aditivos alimentarios, en el sector agrícola como fertilizantes..., estos productos son los siguientes:

- 1) *Carbonato sódico (Na₂CO₃).*
- 2) *Carbonato potásico (K₂CO₃).*
- 3) *Sulfato potásico (K₂SO₄).*
- 4) *Citrato tripotásico (K₃C₆H₅O₇).*



Todos estos tratamientos ECO-friendly han seguido el mismo procedimiento, el tejido de lino se ha dejado a remojo en un baño acuoso con una concentración conocida de cada uno de estos productos durante 120 h (5 días). Tras este período de tiempo, se extraen los tejidos del baño y se aclaran abundantemente con agua; posteriormente se dejan secar a Tamb. durante 24 h. Finalmente, se introducen en el horno durante 4h a 120 °C para eliminar la humedad residual.

Como último tratamiento, se ha utilizado el hidróxido sódico (NaOH). El tratamiento de los tejidos con sosa cáustica es un procedimiento empleado tradicionalmente para la mejora de ciertas propiedades en los tejidos (proceso conocido como mercerización). Sin embargo, este reactivo resulta dañino para el medioambiente y puede ser peligroso para la salud de los operarios. Estos motivos, entre otros, conllevan al interés en sustituir este producto químico por otros agentes alcalinos más sostenibles.

En el tratamiento alcalino con sosa, se introduce el tejido de lino en un baño acuoso con una concentración del 6% de NaOH durante 3h. Tras este período de tiempo, se lava el tejido con abundante agua y se deja secar al aire durante 24 h. Finalmente, se evapora la posible humedad absorbida en el tejido en el horno de laboratorio durante 4h a 120 °C.

Todos los prototipos de composite están formados por 6 capas de tejido de lino con resina BIOEpoxi SR INFUGREEN 810. Se han fabricado 6 prototipos distintos de composites con 6 capas de lino y resina BIOEpoxi SR INFUGREEN 810: el primero de ellos sin ningún tratamiento, 4 prototipos utilizando los aditivos sostenibles y por último un prototipo utilizando la sosa cáustica. A estos 6 prototipos se le han realizado ensayos de caracterización mecánica y se ha comprobado la viabilidad y efectividad en la mejora de las propiedades mecánicas de los composites y, por tanto, la mejora de la adhesión interlaminar fibra-matriz tras el tratamiento con reactivos sostenibles/sosa cáustica.

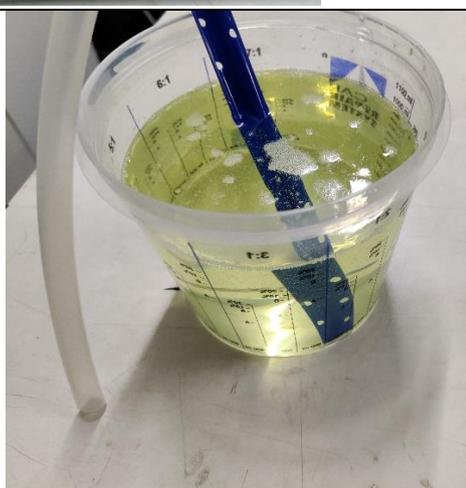
Referencia Prototipo	Tratamiento tejido natural de lino
03-I-R4-T2.6-N0	Sólo tratamiento térmico.
04-I-R4-T2.6-P31-N0	Carbonato sódico (Na_2CO_3).
05-I-R4-T2.6-P29-N0	Carbonato potásico (K_2CO_3).
06-I-R4-T2.6-P30-N0	Sulfato potásico (K_2SO_4).
07-I-R4-T2.6-P27-N0	Citrato tri-potásico ($\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$).
08-I-R4-T2.6-P28-N0	Sosa cáustica (NaOH).

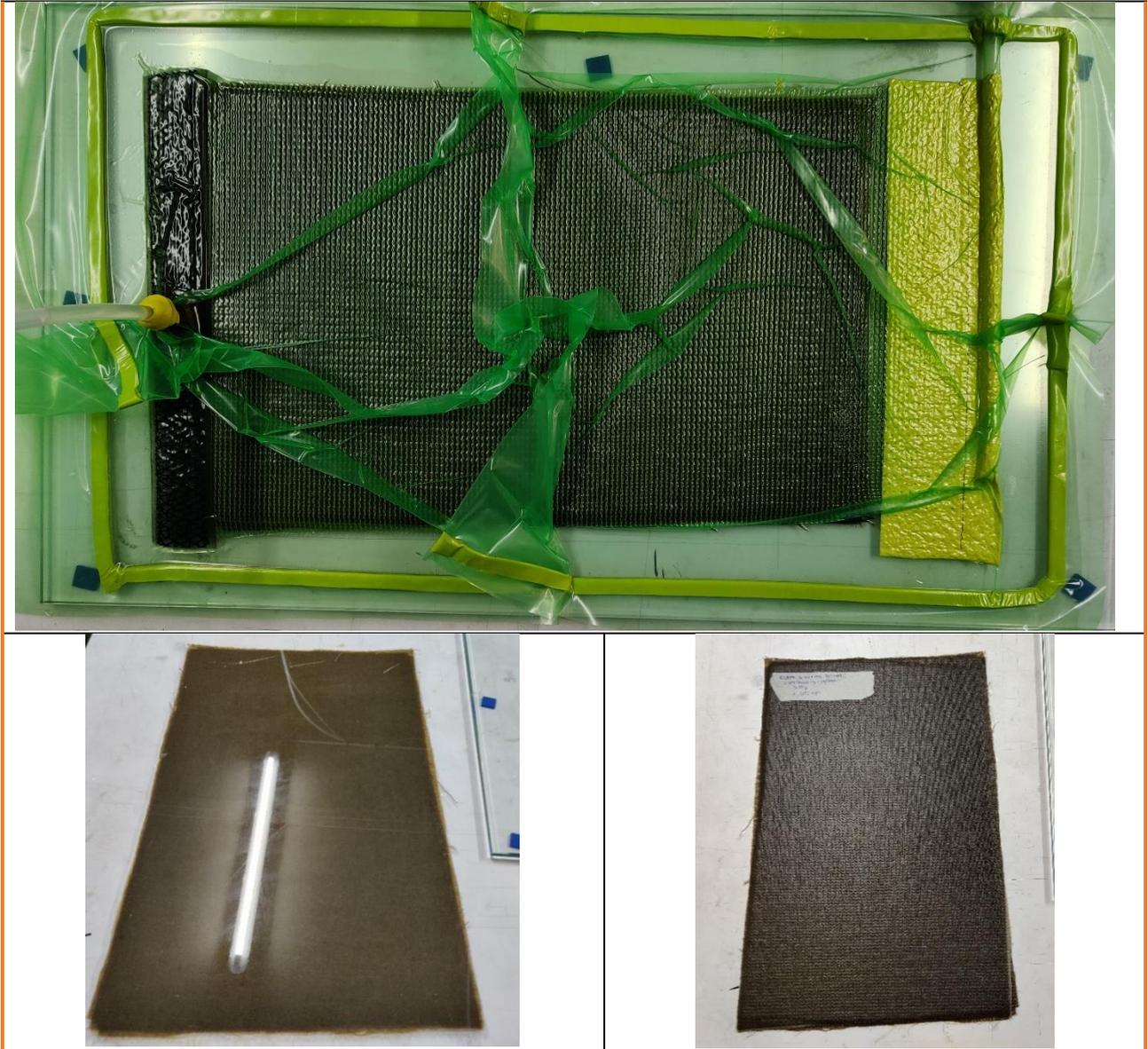
A continuación, se adjuntan imágenes de los composites fabricados a partir de tejidos de lino tratados con los productos químicos previamente mencionados (todos ellos fabricados mediante infusión asistida bajo vacío):



PROTOTIPO COMPOSITE

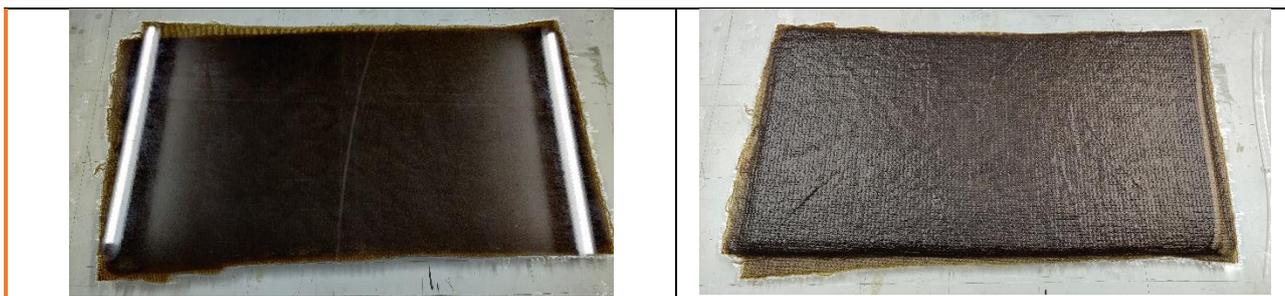
03-I-R4-T2.6-N0





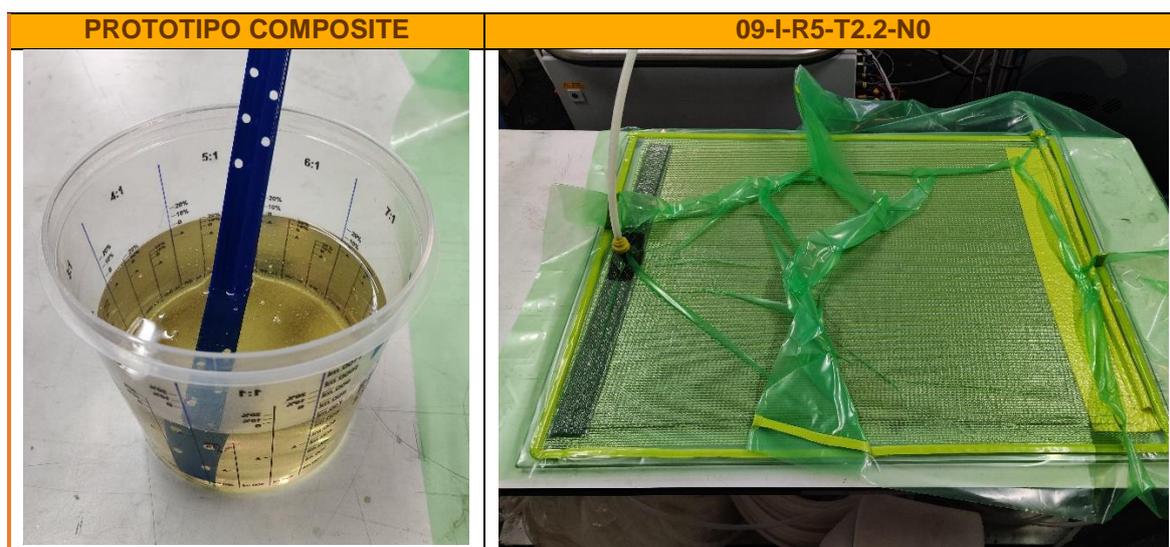


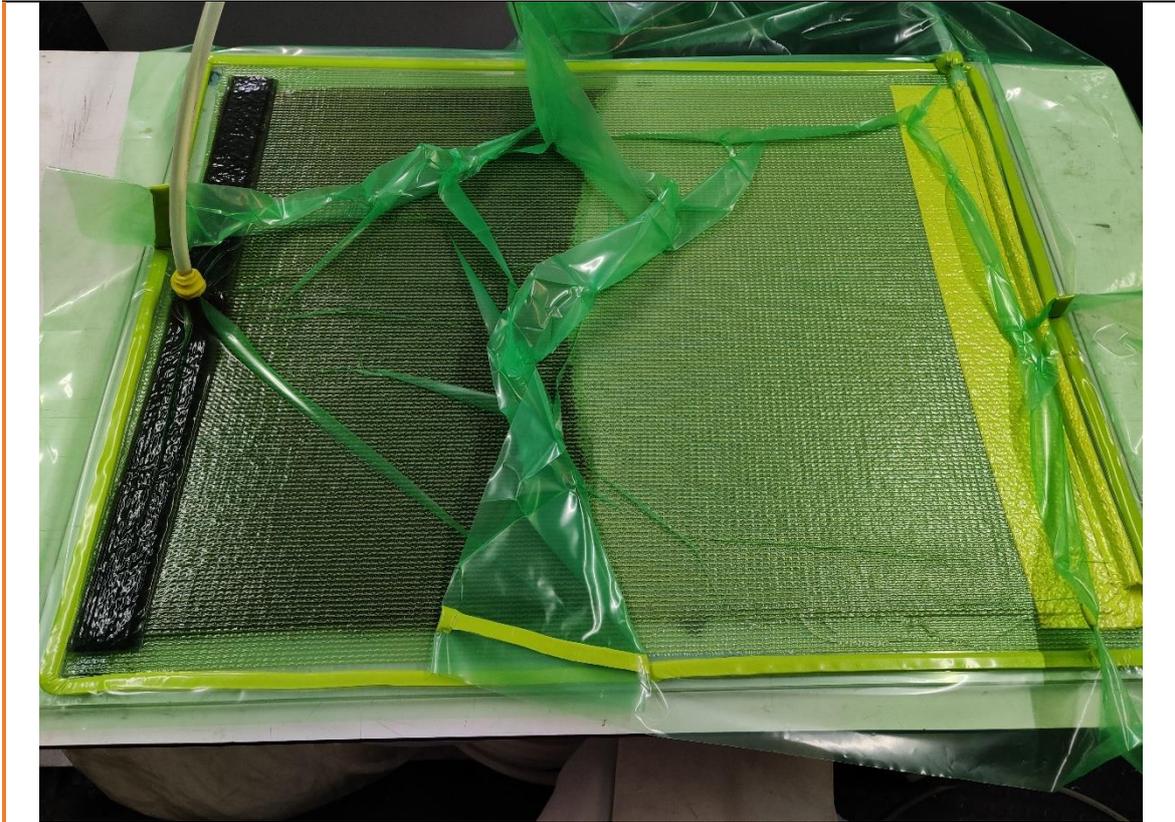




En todos los prototipos de composites a los que se ha realizado tratamiento con los productos químicos ECO se ha seguido el mismo procedimiento ejemplificado en las imágenes de la tabla anterior. Estos composites han sido caracterizados mecánicamente (tracción, flexión e impacto Charpy). A partir de los resultados obtenidos en estos ensayos, se determinará la efectividad de estos tratamientos químicos con reactivos sostenibles

El tratamiento de los tejidos de lino para eliminar la humedad residual de los tejidos de lino se vuelve especialmente necesario al emplear la resina termoplástica ELIUM 188 XO-, la incompatibilidad de la matriz de resina con humedad de los tejidos de lino genera burbujas de aire en la superficie del composite. A continuación, se introducen unas imágenes del primer composite fabricado con estos materiales en las que se observa la presencia de estas imperfecciones en su superficie:







Hemos encontrado el mismo problema de mala compatibilidad fibra natural con la matriz de resina termoplástica ELIUM 188 XO- en otro composite fabricado en el cual, el tejido de lino tampoco fue tratado previamente para eliminar la humedad residual:





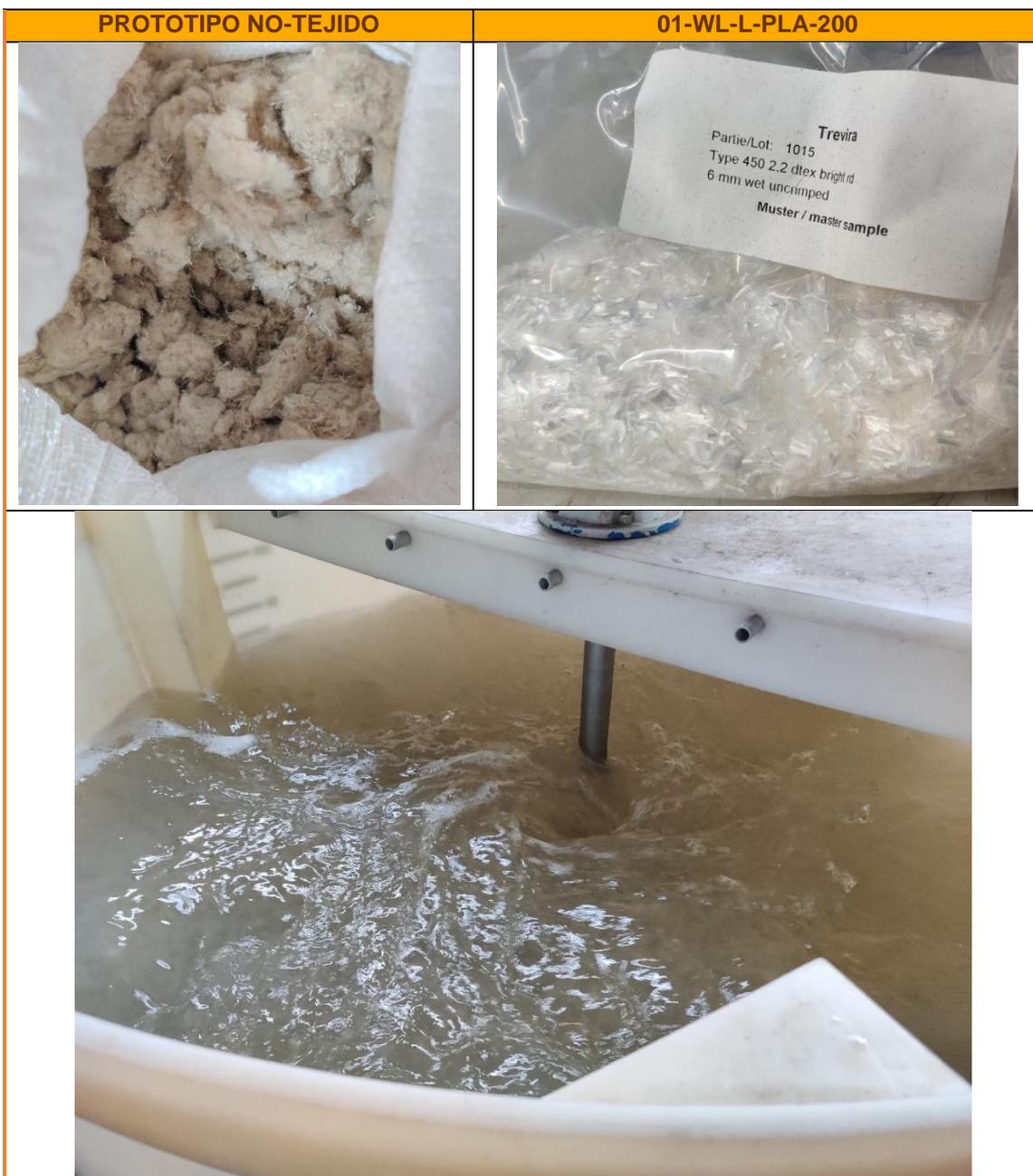
Desarrollo de núcleos honeycomb a partir de fibras naturales y/o recicladas y polímeros de altas prestaciones.

Otro de los objetivos que ha podido cumplir en la ejecución técnica del proyecto TECNOLIGHT consiste en el desarrollo y obtención de núcleos honeycomb a partir de fibras naturales o recicladas y polímeros de altas prestaciones.

Con este fin se han fabricado diversos no tejidos a partir de fibras textiles sostenibles (poliéster reciclado) y fibras naturales de lino. El primer no tejido se ha fabricado a partir de retales de tejido de lino (mermas del proceso de fabricación de composites de lino), y para su obtención se ha utilizado la tecnología wet-laid.

El proceso wet-laid emplea fibras cortas de refuerzo y fibras termoplásticas en proporciones variables. En este caso, para el primer prototipo de honeycomb de lino se ha partido de un no-tejido con una composición del 30% de fibras de lino reciclado (triturado con una criba de 10 mm) a partir de retales del proceso de producción de composites y, un 70% de PLA/co-PLA en formato fibra cortada a 6 mm de longitud (también se han realizado no tejidos con la mismas proporciones, pero utilizando fibras termoplásticas de PP). Con estas fibras se fabricaron dos no-tejidos con distinto gramaje, uno de 200 g/m² y otro de 250 g/m², con los rollos de no tejido de Lino / PP también se obtuvieron los mismos gramajes.

Estas fibras se introducen en un depósito de agua con una capacidad de 1200 L y, variando la masa de las fibras empleada, el caudal de las bombas y la velocidad de la línea de wet-laid, se obtienen los gramajes de no-tejido deseados. A continuación, se adjuntan unas imágenes del proceso de obtención de los no-tejidos:

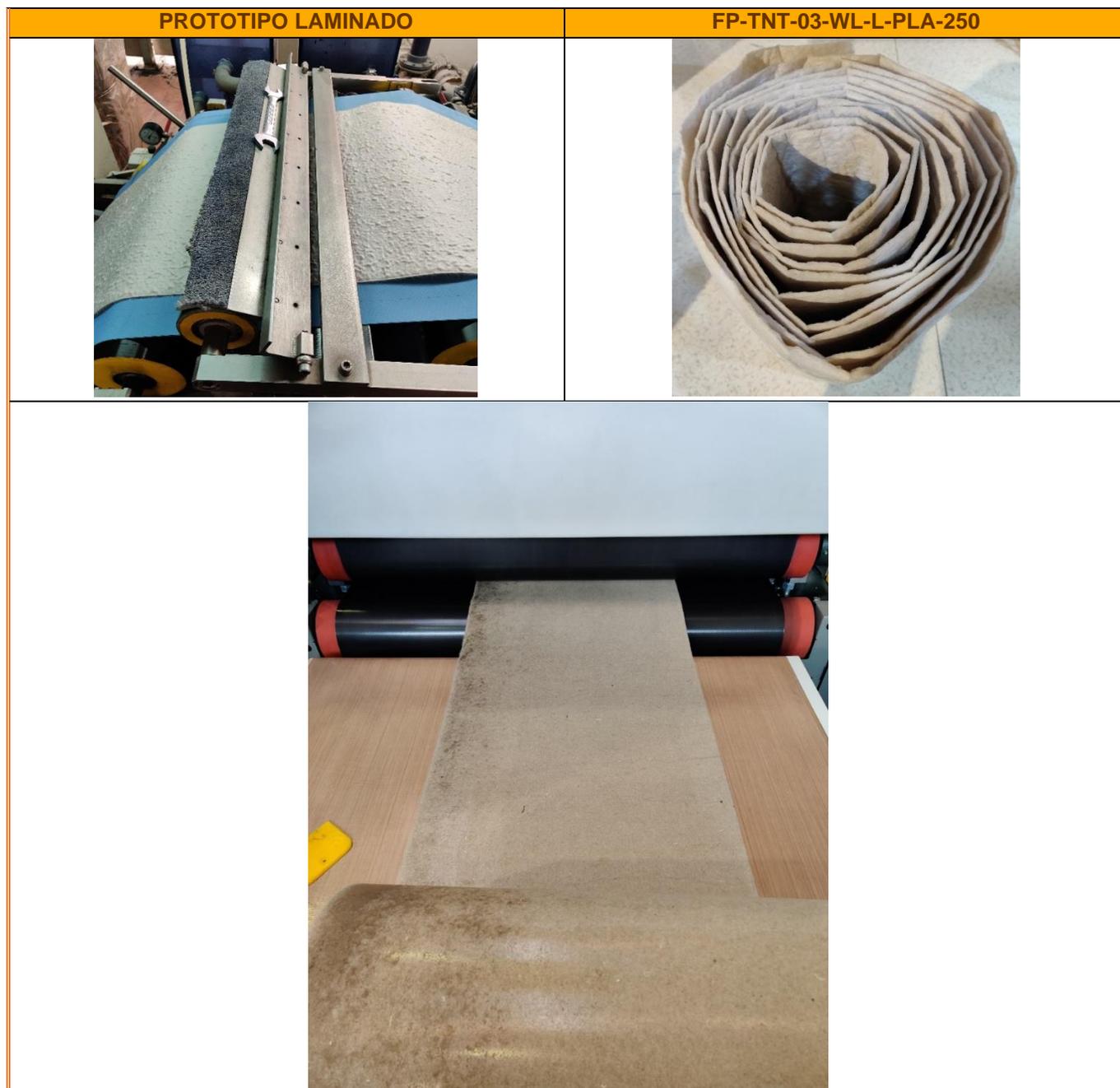


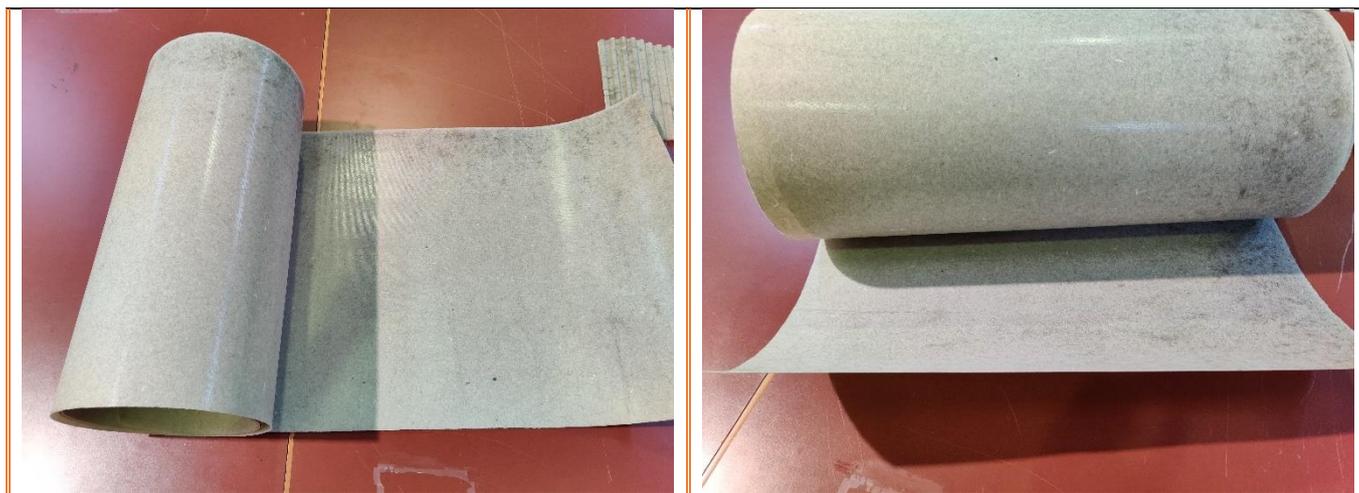




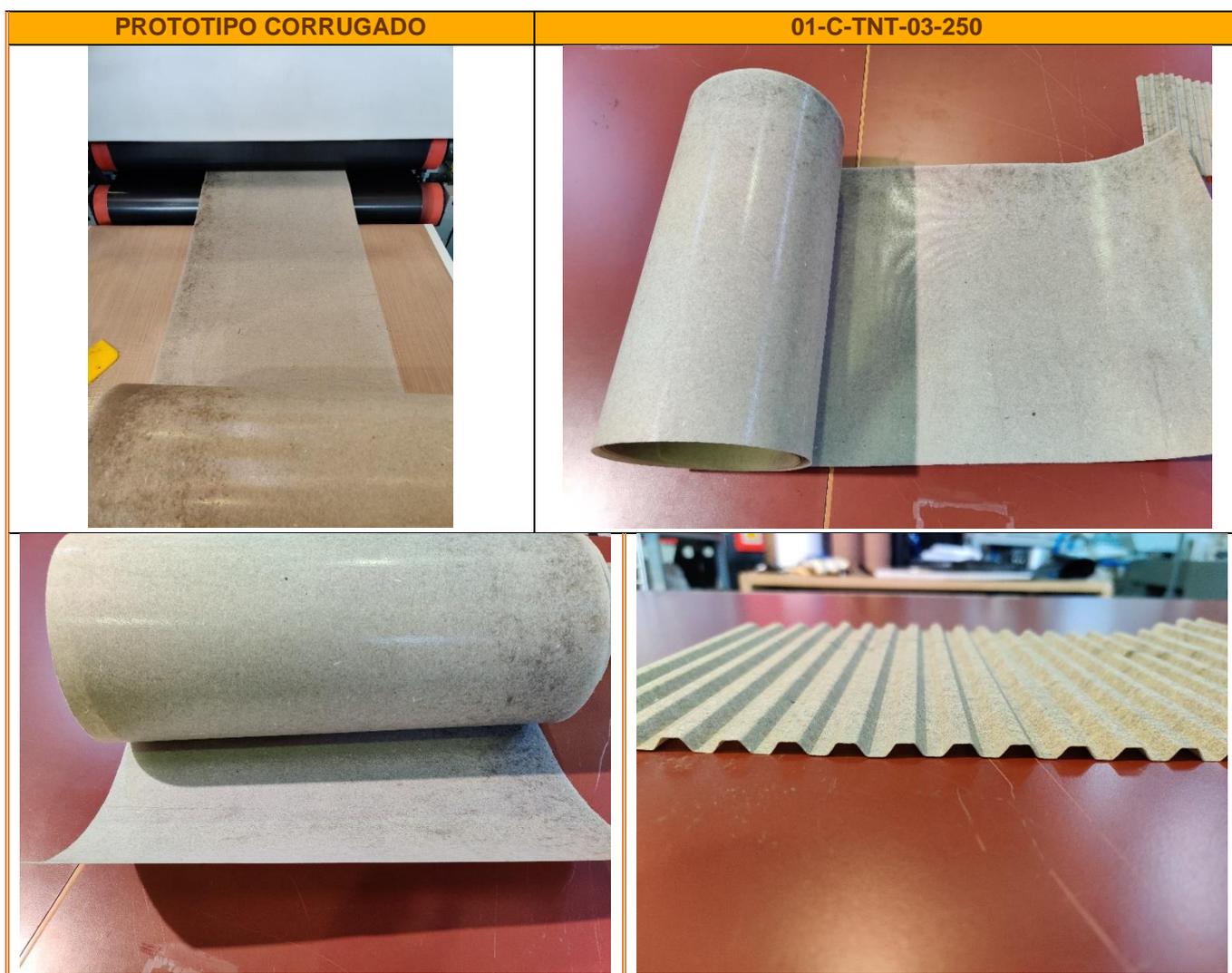
También se han fabricado otros no-tejidos de fibras de poliéster recicladas a partir de residuos textiles. Estos no-tejidos de poliéster reciclado también han sido destinados para la producción de honeycombs.

El siguiente paso para la obtención de los honeycombs consiste en el laminado de los no-tejidos. Para esto, se introducen los no-tejidos en la laminadora a una presión y temperatura determinados, con la finalidad de conseguir que fundan las fibras termoplásticas del no-tejido. El resultado obtenido es el siguiente:





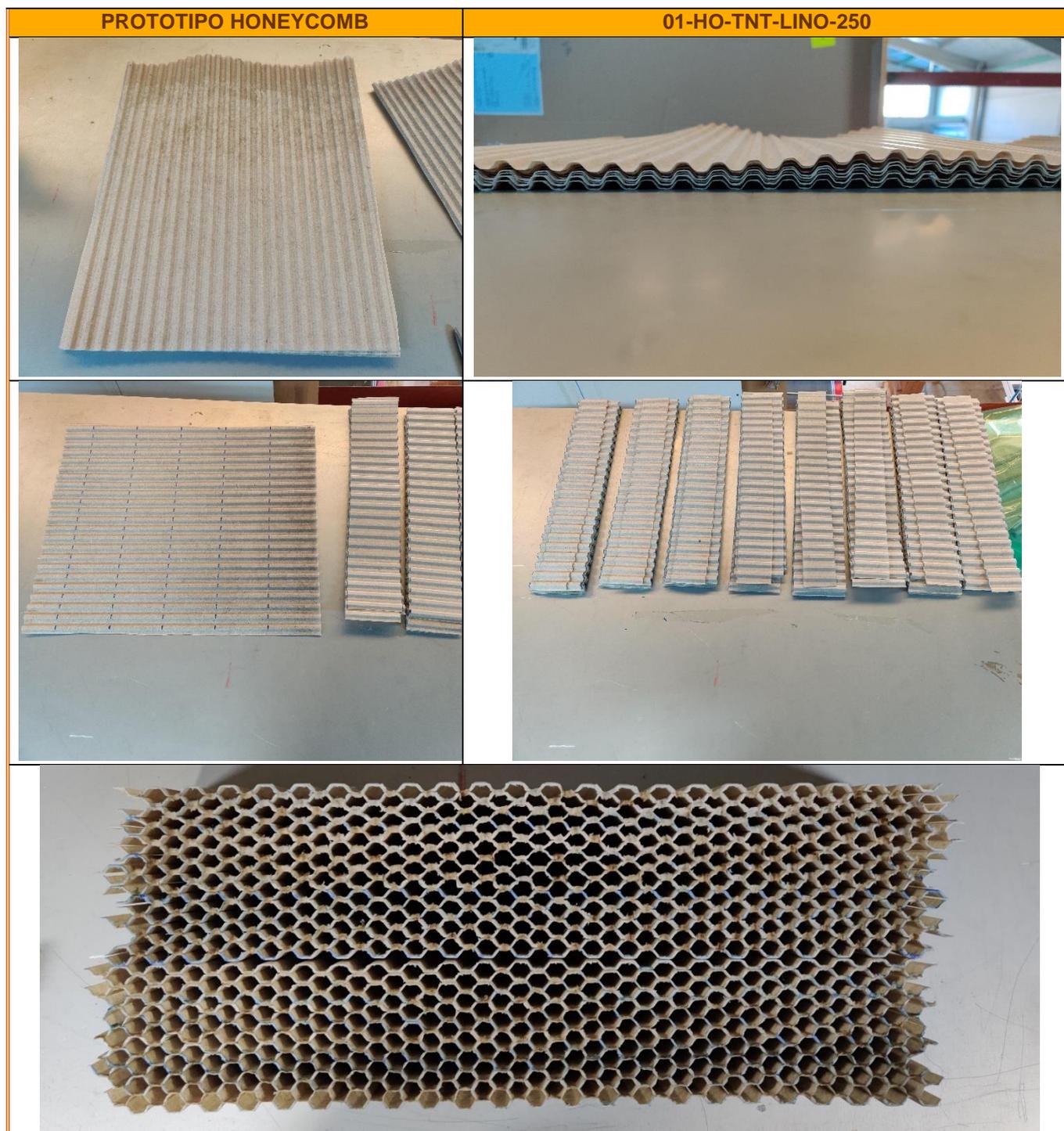
La próxima etapa en la producción del honeycomb consiste en el corrugado de las láminas. Para esto, el material obtenido de la laminadora vuelve ser calentado a una temperatura elevada para que fundan las fibras termoplásticas de PLA. Posteriormente se introducen las láminas fundidas en el equipo de corrugado, donde un rodillo refrigerado con geometría de medios hexágonos enfría el material y le aporta la forma requerida para la formación de las estructuras del honeycomb.

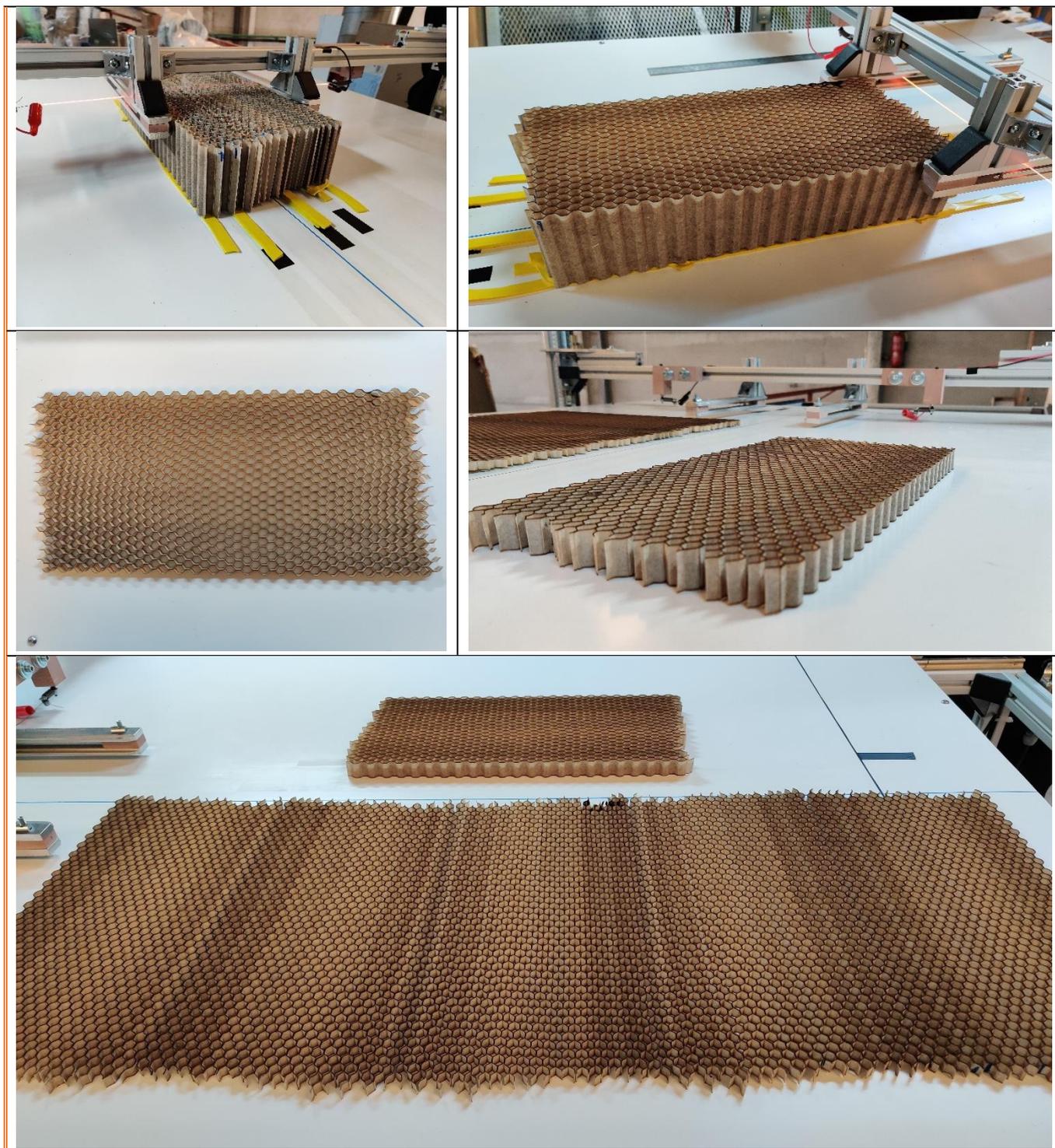






El último paso en la formación de los honeycombs consiste en la unión de los medios hexágonos para formar la estructura hexagonal característica de estos materiales. Para ello, como el contenido de fibras termoplásticas del no-tejido es elevado (70%) se ha utilizado un cuchillo térmico para unir las distintas láminas cortadas con las dimensiones deseadas. Posteriormente, se emplea un hilo caliente para llevar a cabo el corte de los prototipos y, a su vez, producir la unión de las celdas del material gracias a la fusión de las fibras termoplásticas durante el corte. En este caso, se ha tenido que controlar adecuadamente la temperatura para no degradar el material o, incluso para que no ardiese. A continuación, se anexan unas fotos del proceso de pegado de las capas de láminas corrugadas:





Este mismo procedimiento se ha realizado en los materiales de fibra de PET reciclada, es decir se ha realizado el desarrollo de los tejidos de fibra de rPET mediante la tecnología de wet-laid, posterior proceso de corrugado y montaje del bloque de honeycomb, seguidamente se realizó el corte a los espesores requeridos con el hilo caliente. Por último, se realizaron diferentes paneles sándwich con láminas del mismo material.

El procedimiento de formación de cada uno de los pasos enumerados anteriormente ha realizado de la misma manera que se ha seguido con el material de lino y PLA descrito anteriormente. No se muestran imágenes al respecto debido a la posibilidad de protección mediante patente de los desarrollos realizados.

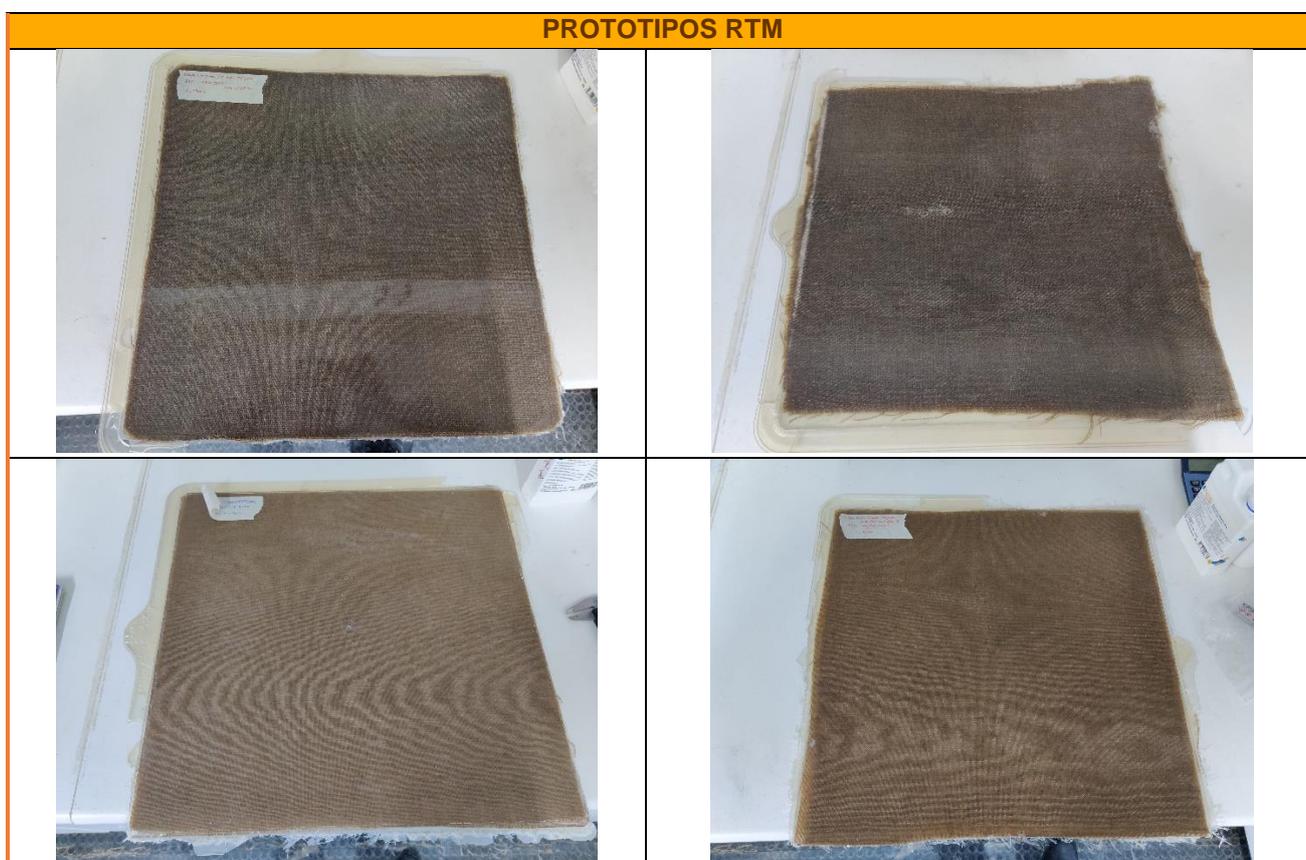


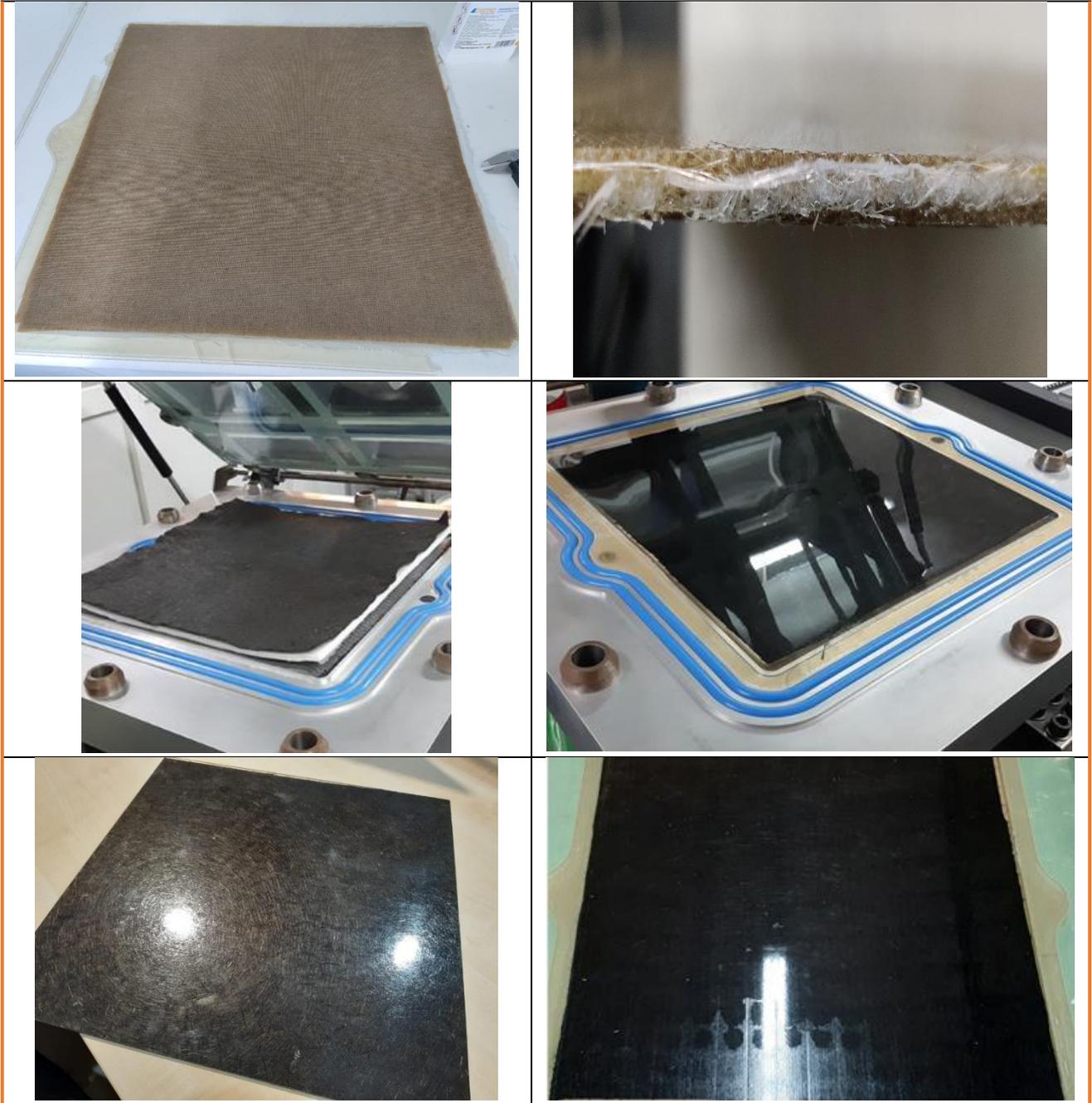
Desarrollo de composites de bajo peso para la aplicación en sectores de alto valor añadido.

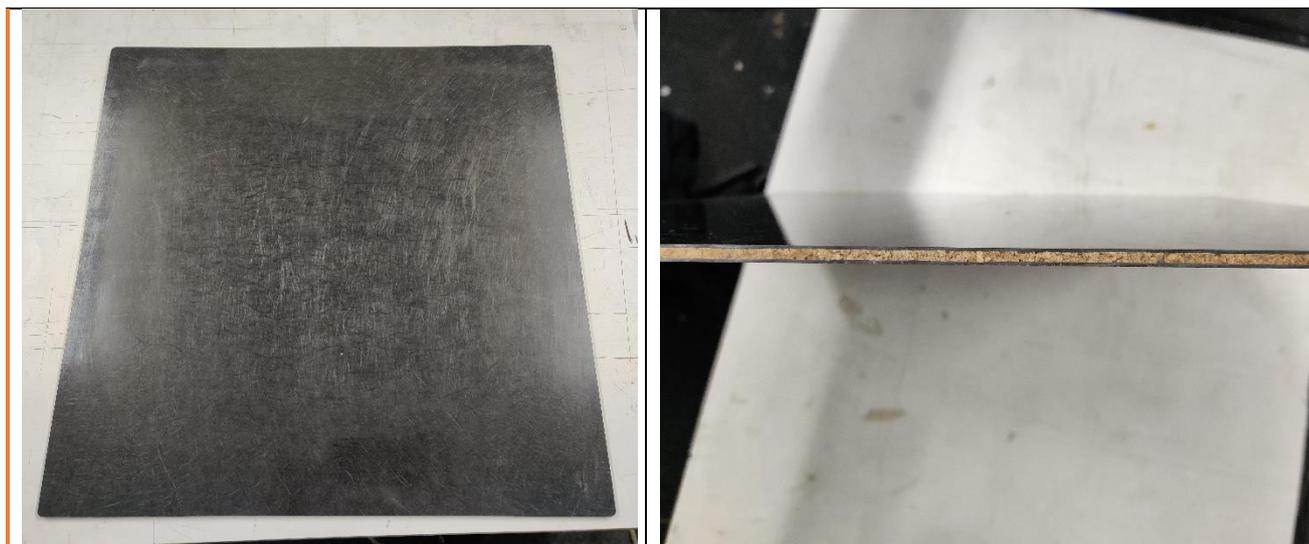
En la ejecución de este proyecto se han seleccionado aquellos materiales que mejores propiedades presentaban como resistencias mecánicas, sostenibilidad, precio, disponibilidad comercial..., para las distintas aplicaciones en que se quieren utilizar. Por este motivo se seleccionaron aquellas fibras naturales, fibras técnicas o fibras textiles sostenibles (como las recicladas a partir de residuos textiles) para su aplicación en composites fabricados siguiendo distintas tecnologías de fabricación.

Además, se estudiaron diversas resinas bio-basadas disponibles en el mercado para su empleo en procesos de inyección de resina como RTM o infusión asistida bajo vacío.

Se han fabricado diversos prototipos utilizando distintas tecnologías disponibles en las instalaciones de AITEX, como los procesos de fabricación de composites por RTM o infusión asistida bajo vacío, termoconformado de mezclas poliméricas empleando la termocompresora (prensa), laminación (laminadora), cámara de curado UV, etc. Seguidamente, se introducen algunas imágenes descriptivas de los distintos procesos utilizados para la obtención de prototipos con las distintas tecnologías disponibles:





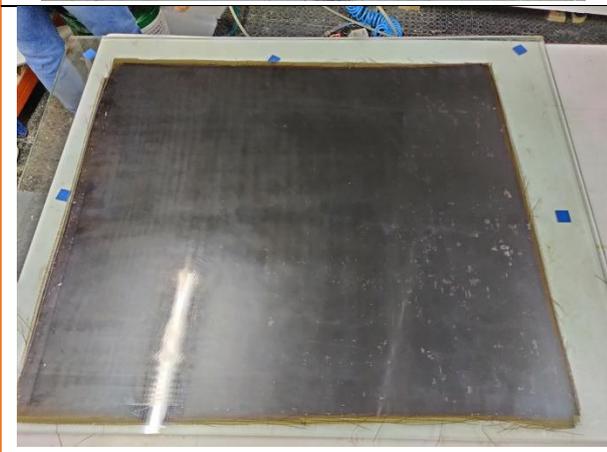


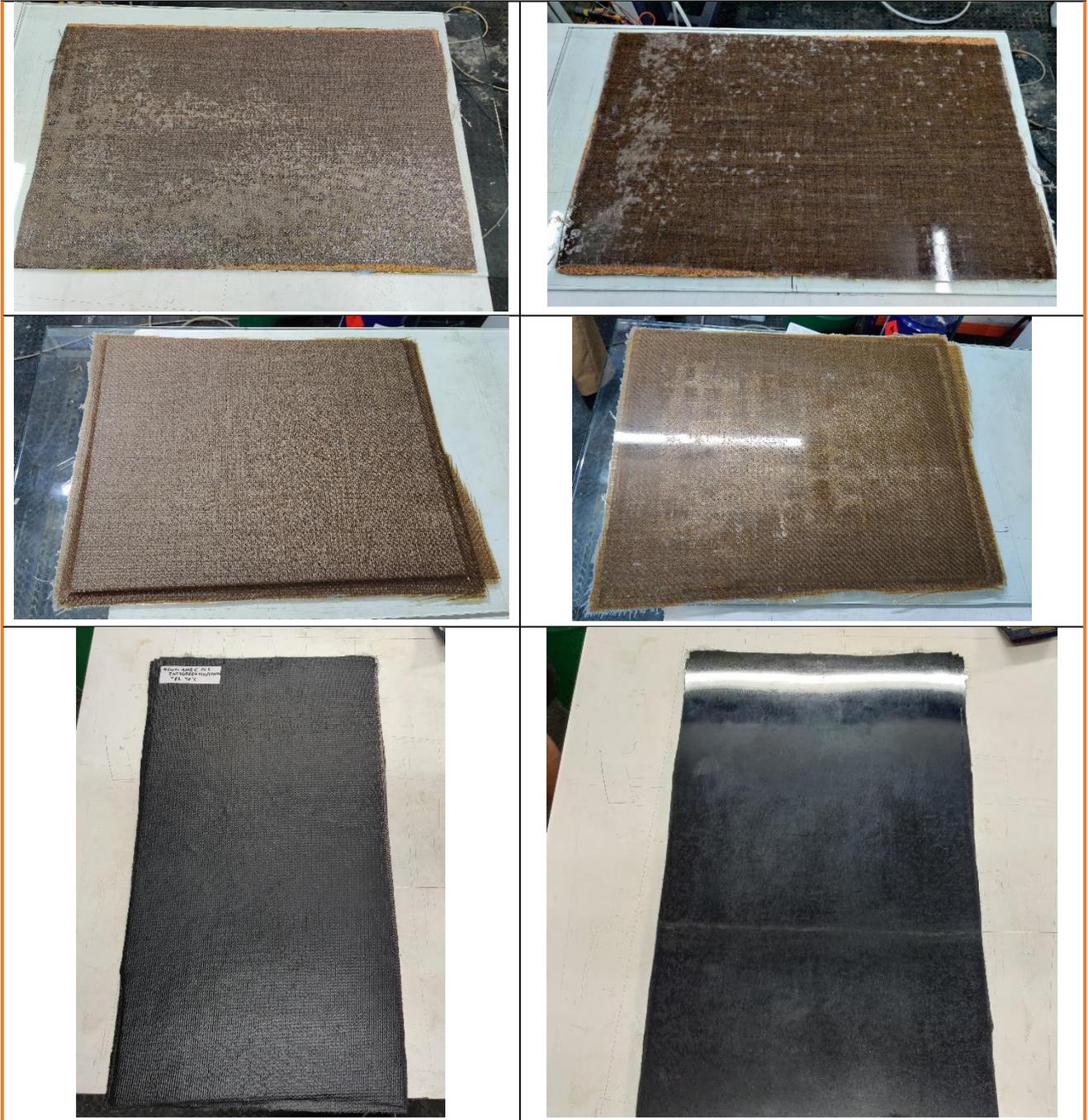
En los prototipos de composite fabricados en el equipo de RTM se han empleado principalmente tejidos de fibras naturales como el lino o el basalto o tejidos procedentes de fibras sostenibles, como la fibra de carbono procedente del reciclado de piezas del sector aeronáutico suministradas por Gen2Carbon (no-tejidos de fibras cortas de carbono obtenidos a partir de la pirólisis de composites del sector aeronáutico).

La resina utilizada en el equipo de RTM ha sido principalmente de base poliéster (RESICHIM 209) con un 2,5% de catalizador PMEC (peróxido de metil-etil-cetona).



PROTOTIPOS INFUSIÓN





PROTOTIPOS TERMOCOMPRESORA



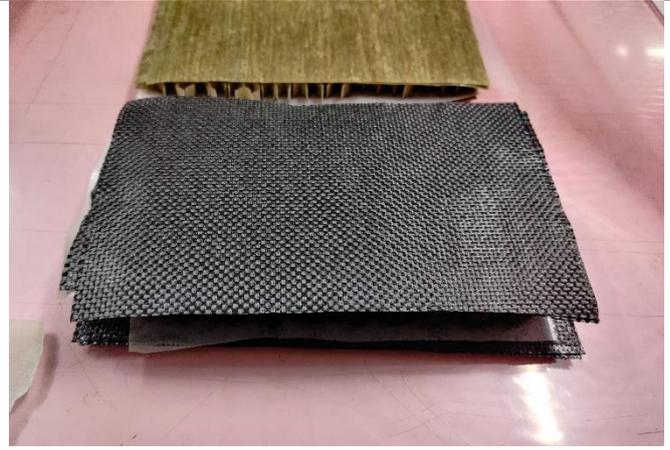
En las imágenes anteriores se encuentran aquellos prototipos fabricados en la termocompresora aplicando presión y temperatura para fundir los polímeros termoplásticos de la composición del material y, así conseguir el termoconformado del composite.

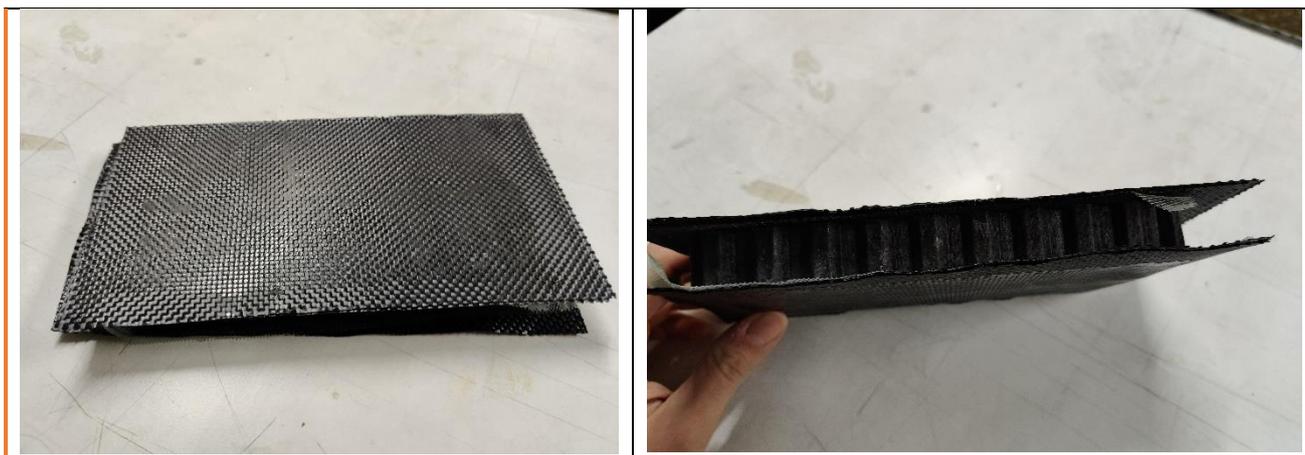
Las primeras imágenes se corresponden al prototipo termoconformado en la prensa que se ha fabricado a partir del triturado de un composite de lino y resina termoplástica ELIUM 188 XO-. Este prototipo no tuvo una buena difusión de la resina durante el proceso de infusión asistida bajo vacío, por este motivo se ha triturado con la criba de 7 mm para utilizarlo como materia prima de prototipos de composite en la termocompresora y, así estudiar la viabilidad de reutilización de esta resina termoplástica. Para este caso, se han utilizado temperaturas reales del molde de cavidad plana (medidas con el termopar) de 140 °C y una presión de 100 bar durante 20 min, y han sido refrigerados hasta 30 °C antes de ser desmoldeados. Este proceso no ha sido optimizado todavía, se probará a utilizar el triturado de un composite con mejor impregnación de resina y por tanto, mayor contenido de resina ELIUM y una temperatura mayor en el proceso de termoconformado.

Las 2 imágenes posteriores se corresponden con un composite termoconformado que se ha producido a partir de un núcleo de honeycomb con una composición del 30% fibras de lino trituradas y 70% PLA bicomponente. Las capas externas o liners son del mismo material de no-tejido utilizado para la formación del honeycomb de lino, es decir, 30% de lino triturado y 70% de PLA bico pero en este caso con un gramaje inferior (200 g/m²). En este caso, se ha utilizado una temperatura real de 165 °C en ambos platos de la prensa y una presión de 0 bar, para evitar la deformación de la estructura honeycomb del núcleo, ya que tanto el honeycomb como los liners presentan la misma composición y funden a la misma temperatura. Se ha mantenido esta temperatura durante 8 min y posteriormente se ha enfriado el composite utilizando la refrigeración hasta alcanzar los 30°C.



PROTOTIPOS PREPREGS "AUTOCLAVE"





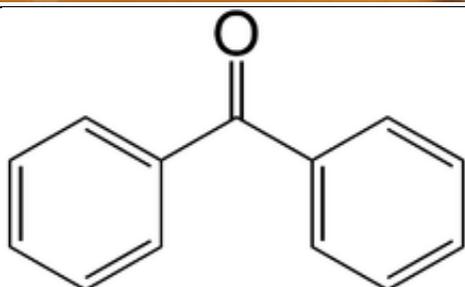
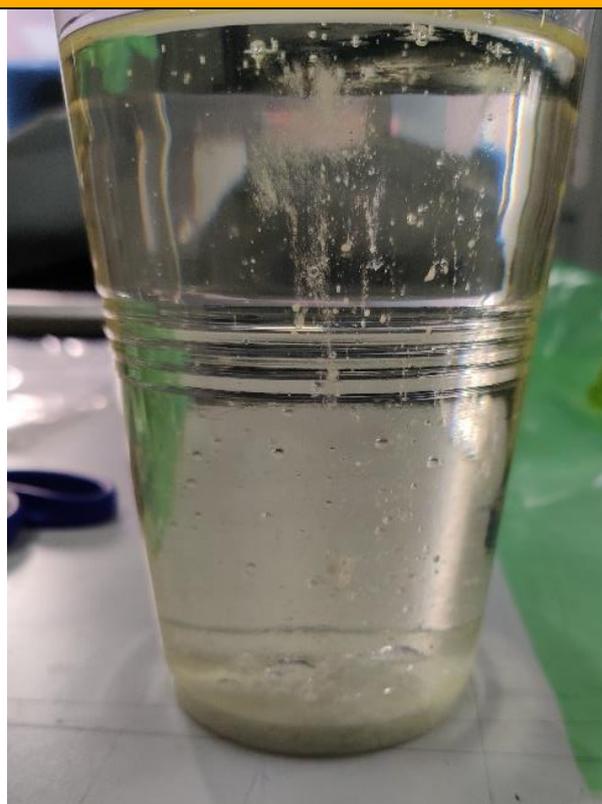
Para la fabricación de prototipos con preimpregnados, se ha seguido un proceso similar al utilizado industrialmente en autoclaves. Los prototipos fabricados están compuestos por:

1. Núcleo honeycomb de lino (30% lino triturado a partir de restos post-industriales y 70% de fibras de PLA/co-PLA) + 2 capas por cada cara del núcleo de prepreg de lino unidireccional con orientación 0° y 90°. Entre el núcleo y las capas de preimpregnado se utiliza un film adhesivo epoxi para mejorar la adhesión entre el núcleo y los tejidos de refuerzo.
2. Núcleo honeycomb de rCF (50% carbono reciclado a partir de un no-tejido de Gen2Carbon y 50% de PP termoplástico) + 2 capas por cada cara del núcleo de prepreg de carbono tafetán con resina epoxi. Entre el núcleo y las capas de preimpregnado se utiliza un film adhesivo epoxi para mejorar la adhesión entre el núcleo y los tejidos de refuerzo.

Para el curado de los prepregs y del film epoxi adhesivo se ha utilizado una temperatura de 120 °C, recomendada por la ficha técnica de los fabricantes de estos materiales y se ha dejado curar durante 1h. Además, se aplicó vacío durante el curado para replicar el proceso en autoclave utilizado industrialmente y, así mejorar la adhesión entre los elementos del composite.



PROTOS TIPOS CURADO UV



Benzofenona



Para los prototipos de composite por curado UV se han utilizado diversas resinas comerciales fotopolimerizables para estudiar el proceso de curado por radiación UV. Tras conseguir optimizar el proceso de curado UV utilizando el equipo disponible en nuestras instalaciones, es decir, una lámpara de vapor de media presión con una potencia de 1.000 W, se han utilizado otras resinas formuladas en AITEX.



Las resinas formuladas en AITEX se basan en la resina termoplástica ELIUM 188 XO-, cuya composición principal son copolímeros de metil metacrilato. El metil metacrilato se ha estudiado en la bibliografía que puede ser curado mediante una fotoiniciación radicalaria empleando diversos tipos de aditivos químicos. Los fotoiniciadores que se han empleado para este fin han sido el peróxido de dibenzoilo (BPO) y la benzofenona.

De estos 2 fotoiniciadores, se han obtenido mejores resultados con la benzofenona, ya que este es el fotoiniciador por excelencia que se utiliza principalmente en la industria y en la formulación de las resinas fotopolimerizables comerciales.

Tanto el BPO como la benzofenona se han aditivado en proporciones del 2% y del 5% en peso con respecto a la resina ELIUM. El BPO mostró mejores resultados con un contenido del 5% en peso y sólo curaba cuando se aplicaban capas finas de resina, la muestra no curaba cuando se tenían espesores mayores de resina aditivada. Para el caso de la benzofenona, tanto con la proporción del 2% como del 5% permitía que la resina curase en formato recubrimiento (espesores muy bajos). Cuando se aumenta el espesor de la muestra, se observa como cura la capa superior de la muestra, sin embargo, la parte más profunda del recipiente todavía permanece líquida tras el tiempo de exposición a la luz UV. Por lo que este fotoiniciador, con los tiempos de residencia bajo irradiación utilizados tampoco es capaz de producir el curado de las muestras con espesores mayores. Esto se puede apreciar en las últimas 2 imágenes de la tabla de prototipos de curado UV.

La resina termoplástica ELIUM no había sido utilizada previamente para curado UV, por lo que este proceso de investigación de fotopolimerización abre un abanico de posibilidades de aplicación para esta resina. Este proceso de curado UV todavía no ha sido optimizado, por lo que, se tendrían que probar otros fotoiniciadores y/o aditivos que faciliten el curado UV, mayores tiempos de irradiación de luz UV, variación de la distancia de la fuente de iluminación, etc. No obstante, la benzofenona ya constituye un buen fotoiniciador para la resina ELIUM, especialmente si va a ser utilizada como recubrimiento con espesores del orden de las micras o pocos milímetros.



Síntesis de Resultados y Conclusiones.

De la ejecución del proyecto de investigación TECNOLIGHT se obtienen numerosas conclusiones satisfactorias y se ha logrado alcanzar una serie de objetivos clave para el sector de los materiales compuestos:

- Obtención de composites de bajo peso y altas propiedades de resistencia mecánica mediante el empleo de resinas epoxi bio-basadas, tejidos naturales (como el lino) y núcleos sostenibles de corcho natural, rPET, etc. Estos nuevos materiales compuestos sostenibles pueden ser utilizados en numerosas aplicaciones cotidianas debido a su bajo peso y elevada resistencia. A partir de estos prototipos se han mecanizado probetas para el muestrario de este proyecto que serán utilizadas para acciones de difusión a empresas nacionales que puedan estar interesadas en la aplicación de estos composites en sectores de alto valor añadido.
- Tratamiento de tejidos naturales (lino) con productos químicos ECO-friendly que permiten sustituir procesos tradicionales como la mercerización con sosa cáustica por otros menos peligrosos para los operarios y menos dañinos para el medioambiente. Estos tratamientos más sostenibles han permitido mejorar la adhesión fibra-matriz de los composites, lo cual afecta directamente a la mejora de las propiedades de resistencia mecánica de los mismos.
- Por otra parte, se ha conseguido fabricar un material novedoso que no se había sido desarrollado previamente, los núcleos honeycomb de lino y PLA. A partir de retales del proceso productivo de composites (residuo post-industrial) se han formado no-tejidos con una composición del 30% lino triturado y 70% PLA/co-PLA. A partir de estos no-tejidos y, después de varias etapas de laminado, corrugado y pegado, se ha conseguido obtener los honeycombs con estructura hexagonal de celda de 6,4 mm.
- Los honeycombs obtenidos en el proyecto se han empleado como núcleo en la fabricación de materiales compuestos, utilizando como fibras de refuerzo tanto prepregs (autoclave) como no-tejidos laminados o liners (termocompresora).
- Además, se han obtenido estructuras honeycomb a partir de residuos textiles reciclados (poliéster triturado). Estos honeycombs se han empleado como núcleo para la fabricación de composites con distintos tejidos de refuerzo sostenibles (laminadora).
- También se han utilizado no-tejidos de fibras de carbono recicladas suministrados por Gen2Carbon para la obtención de honeycombs. Estos núcleos honeycomb de carbono se han empleado para la fabricación de materiales compuestos por los mismos procesos que en el caso del lino (autoclave y termocompresión).
- Por último, se ha conseguido curar muestras de resina fotopolimerizable, mediante radiación UV tanto para muestras de resinas comerciales como para resinas formuladas con distintos aditivos en las instalaciones de AITEX. En la colaboración con CIDAUT, se han formulado 5 composiciones distintas de resina fotopolimerizable y se han definido las mejores características de la resina para el curado UV, según los resultados obtenidos tras la caracterización de las resinas curadas. La resina termoplástica ELIUM ha sido curada por primera vez mediante irradiación de luz UV con una lámpara de vapor de mercurio de media presión, utilizando distintos tipos de fotoiniciadores. Esto abre un abanico de posibilidades de aplicación de esta resina termoplástica, especialmente como recubrimiento.



6. Impacto empresarial

Se ha realizado una búsqueda de empresas relacionadas con el sector de composites que podrían estar interesadas en los resultados obtenidos en el proyecto TECNOLIGHT. A continuación, se adjunta una tabla con información de estas empresas:

Empresa	Áreas de Interés
 HEXCEL Composites S.A.	Fabricación de materiales compuestos avanzados para la aeroespacial, automotriz y defensa.
 MTorres	Ingeniería y fabricación de soluciones tecnológicas avanzadas para la industria aeroespacial y de defensa, incluyendo materiales compuestos.
 Grupo ANTOLÍN	Soluciones de interiores para automóviles, incluyendo componentes de materiales compuestos.
 AIMPLAS (Instituto Tecnológico del Plástico)	Desarrollo de materiales compuestos sostenibles, investigación y desarrollo en polímeros.
 CT Ingenieros	Diseño y fabricación de componentes y estructuras en materiales compuestos para aplicaciones aeroespaciales y de transporte.
 Sicomin	Fabricante de resinas epoxi y sistemas para la fabricación de materiales compuestos avanzados.
 CIDETEC	Desarrollo de nuevos materiales y tecnologías en el campo de polímeros y materiales avanzados.
 Zelein	Zelein cuenta con años de experiencia en el sector de los composites, su objetivo es combinar fibra de vidrio o fibra de carbono con resinas de alta resistencia que puedan soportar tanto la temperatura como la exposición ambiental. A lo largo de los años han trabajado en diferentes sectores como el marítimo, eólico, automoción, mueble, eléctrico, entre otros, lo que les ha aportado una amplia experiencia en diferentes morfologías de piezas.



Tanto los procesos como los materiales empleados en la fabricación de los prototipos que se han obtenido en la ejecución técnica del proyecto TECNOLIGHT constituyen información relevante que puede ser muy útil para las distintas empresas de fabricación de composites a nivel nacional. Por este motivo, se ha creado un muestrario con los distintos prototipos que se han fabricado en el proyecto TECNOLIGHT; estos prototipos se mostrarán a las distintas empresas del sector de los materiales compuestos que puedan estar interesadas en las tecnologías y procesos desarrollados.

Otro producto importante desarrollado en el proyecto TECNOLIGHT que podría generar un impacto positivo en el mercado nacional e internacional son las estructuras honeycomb fabricados a partir de tejidos naturales y/o sostenibles, como es el caso del lino, el poliéster reciclado a partir de residuo textil o la fibra de carbono reciclada. Estos materiales todavía no han sido comercializados, son novedosos y están aún en proceso de investigación y desarrollo. A nivel comercial, los honeycombs disponibles están fabricados con materiales como el aluminio, aramida (Nomex), papel, cartón, polímeros termoplásticos (principalmente PP).

No existe disponibilidad en el mercado de honeycombs fabricados a partir de residuos textiles (poliéster reciclado), a partir de fibras naturales (lino), fibras de carbono recicladas a partir de composites del sector aeronáutico, etc. Por tanto, este supone un campo a explotar muy interesante y que podría resultar muy útil para empresas del sector de los materiales compuestos, fabricantes de núcleos, sector de construcción, sector aeronáutico, sector del automóvil, etc.



7. Colaboradores externos destacados

Los dos servicios externos que más peso han tenido en la ejecución del proyecto TECNOLIGHT han sido la Universidad Politécnica de València (UPV) i CIDAUT. A continuación, se describe la implicación que han tenido estos colaboradores externos en este proyecto.

CIDAUT

En la colaboración con CIDAUT, éstos se han encargado de presentar una serie de actividades de I+D orientadas a la obtención de las formulaciones optimizadas de resinas biobasadas fotocurables. Para ello, se ha contemplado el estudio de una matriz epóxica comercial a la que se han adicionado aditivos en distintas proporciones (iniciador térmico y fotoiniciador) a escala de laboratorio.

Entre las actividades realizadas en este proyecto de colaboración, en CIDAUT se han encargado de:

- Seleccionar las mejores resinas fotopolimerizables disponibles a nivel comercial.
- Estudiar las dinámicas de curado térmico de la resina.
- Estudio de los mejores sistemas de dispersión de sales e iniciadores en la resina.
- Evaluación de parámetros de mezcla en las resinas aditivadas.
- Preparación de 5 formulaciones distintas de resinas curables por UV.
- Optimización de parámetros y condiciones del proceso de curado por UV.
- Caracterización de las resinas fotopolimerizadas (DSC, SEM-EDX, TERMOGRAFÍA).

CONCLUSIONES:

CIDAUT seleccionó un sistema de resina epoxidica y aditivos (fotoiniciador e iniciador térmico) para realizar el proceso de fotopolimerización. Se probaron dos fotoiniciadores a distintas concentraciones de fotoiniciador:iniciador térmico:

- Hexafluoroantimonato de p-octiloxifenil) feniliodonio (PAG) (SAL 1).
- Hexafluoroantimonato de triarilsulfonio al 50 % en peso en carbonato de propileno (SAL 2).

Se concluyó que el fotoiniciador más adecuado es la SAL1, a la concentración 1.5:1.5 (fotoiniciador:iniciador térmico) puesto que se obtiene una resina con un completo curado, alcanzando el % de curado de la resina curada con endurecedor en horno, bajo las condiciones probadas en las instalaciones de CIDAUT, empleando su lámpara UV.



UPV

AITEX solicitó la colaboración del ITM (UPV) en el paquete de trabajo PT2.- EJECUCIÓN TÉCNICA, más concretamente en las tareas A 2.2. EXPERIMENTAL / ANÁLISIS Y REINGENIERÍA y A 2.3. CARACTERIZACIÓN.

Dentro del paquete de trabajo 2 del proyecto TECNOLIGHT se solicitó al ITM (Instituto de Tecnología de Materiales de la UPV) los siguientes servicios:

- Compounding, inyección y caracterización de termoplásticos (TR y TPU) con fibra de vidrio micronizada.
- Mecanizado de probetas y caracterización mecánica de 6 prototipos de composites de lino naturales con resina termoestable epoxi bio-basada. En este sentido, AITEX solicita concretamente las siguientes tareas:

PT2: EJECUCIÓN TÉCNICA

Dentro del paquete de trabajo 2 del proyecto TECNOLIGHT se solicitó al ITM los siguientes trabajos de compounding, inyección y caracterización:

Elastómeros termoplásticos (TPU y TR) con residuo micronizado de pala de aerogenerador:

- Compounding o extrusión y homogeneización de polímeros termoplásticos (TR y TPU) con residuo de fibra de vidrio micronizada.
- Moldeo por inyección de probetas de TPU con aditivación de fibra de vidrio micronizada en concentración de 0, 10 y 25% en peso.
- Moldeo por inyección de probetas de TR con aditivación de fibra de vidrio micronizada en concentración de 0, 2'5, 5, 10 y 25% en peso.
- Ensayo de tracción (Norma ASTM D3039).
- Ensayo de flexión (ASTM D790).
- Análisis Termogravimétrico (TGA).
- Síntesis y análisis de resultados. Emisión de informe.

Materiales compuestos (tejido natural de lino y resina termoestable BIO-Epoxi):

- Mecanizado de probetas para ensayos: 6 prototipos.
- Ensayos de flexión a Tª ambiente: 6 prototipos.
- Ensayos de impacto Charpy a Tª ambiente: 6 prototipos.
- Ensayos de tracción a Tª ambiente: 6 prototipos.
- Análisis de resultados y emisión de informe.

