

Bienvenid@s

WEBINAR





#WebinarsAEMAC

WEBINAR



LOURDES BLANCO
AIMEN

*Optimización de uniones directas disimilares
metal-composite termoplástico con aplicación en
automoción y aeronáutica*

25 de Junio de 2020, 16 horas. (Madrid, GMT +2)



OPTIMIZACIÓN DE UNIONES DIRECTAS DISIMILARES METAL – COMPOSITE TERMOPLÁSTICO CON APLICACIONES EN AUTOMOCIÓN Y AERONAÚTICA



- 1. PRESENTACIÓN DEPARTAMENTO MATERIALES AVANZADOS (MAVA)**
- 2. PERSPECTIVAS DEL PROYECTO COMMUNION**
- 3. MOTIVACIÓN: ENFOQUE MULTIMATERIAL**
- 4. TRABAJO EXPERIMENTAL**
- 5. RESULTADOS & DISCUSIÓN**
- 6. DEMOSTRADORES**
- 7. CONCLUSIONES**

1. MAVA (AIMEN)

»Somos un **Centro de Inovación y Tecnología especializado en el campo de los materiales y las tecnologías de fabricación avanzada.** Nuestra especialidad son las tecnologías de unión y soldadura, tecnologías láser aplicadas al procesamiento de materiales, la robótica y automatización.



Nuestra **VISIÓN** es convertirnos en un socio tecnológico estratégico para todos y cada uno de nuestros asociados y clientes, contribuyendo a mejorar sus capacidades tecnológicas.



1967

Se funda
AIMEN

1995

Se abre el
edificio
Armando
Priegue en
O Porriño

1998

Reconocimiento
Oficial con
Centro de
Innovación
Tecnológica

2002

Creación de la
Planta de
Tecnologías de
Unión

2004

Puesta en
marcha de la
Planta de
Investigación en
Tecnologías
Láser

2014

Se abre el
Centro de
Aplicaciones
Láser

2017

50 años
asociados a la
innovación

1. MAVA (AIMEN)

Infraestructura

Contamos con unas **instalaciones punteras y singulares**, dotadas de **equipamiento de última generación** para ofrecerles una oferta tecnológica con las máximas garantías.

- 2 sedes: Edificio Armando Priegue y Centro de Aplicaciones Láser
- 9.000 m² de infraestructuras científico-tecnológicas
- Equipamiento de última generación

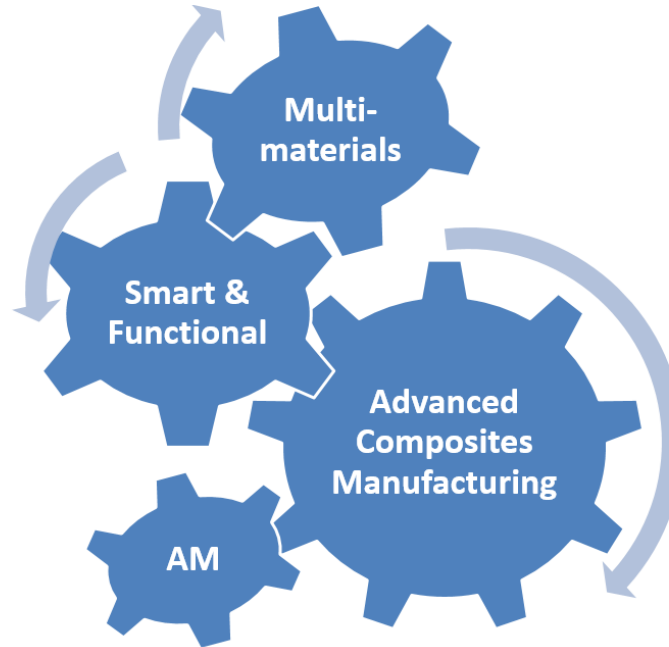


Sede Central
Centro de Aplicaciones Láser



Sede Torneos
Edificio Armando Priegue

1. MAVA (AIMEN)



1 MAVA (AIMEN)

OUT-OF-AUTOCLAVE PROCESSING: VBI, LRI, LRTM, HPRTM, filament winding, VBO curing, hot-press curing (prepregs), wet compression.

AUTOMATED TAPE LAYING: thermosetting, thermoplastic and dry fiber (IR and laser heating)

THERMOPLASTIC COMPOSITES: ATL, injection and over-molding, 3D press forming (up to 400 °C, PA, PEEK, PPS, PEI, etc.) and welding (ultrasounds, induction, resistive, laser)

ADDITIVE MANUFACTURING – FDM: filament development (compounding, short fiber, continuous fiber), 3D printing up to 450°C Materials: ABS, PA, PEI, PEEK, and others, including carbon fiber and metallic, wood, and other charges.

PROCESS MONITORING - resin flow and cure evolution: DC-Dielectric sensors and fiber optics sensors.

STRUCTURAL HEALTH MONITORING: Fiber optic sensors

LASER PROCESSING - dry preforms, prepreg and cured: cutting, surface treatment, drilling



1. MAVA (AIMEN)

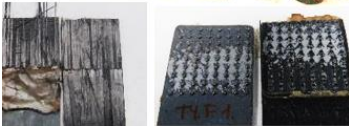
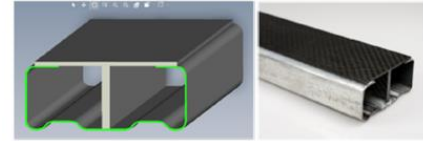
MULTIMATERIALS

Metal (Ti, Al, Steel) – thermosetting & thermoplastic polymer/composites

One-shot Processes: Hot press, ATL, injection, filament winding, etc.

Joining Optimization: Surface treatments (laser, plasma, abrasive, others)
Adhesives

On-line Process Control and Structural Health Monitoring



1. MAVA (AIMEN)

PROYECTOS

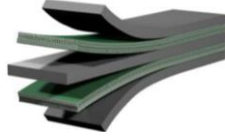
1. MAVA (AIMEN)



1. DEPARTAMENTO MAVA (AIMEN)

LAY2FORM

EFFICIENT MATERIAL HYBRIDIZATION BY UNCONVENTIONAL LAYUP AND FORMING OF METALS A COMPOSITES FOR FABRICATION OF MULTIFUNCTIONAL STRUCTURES (FOF-07-2017)



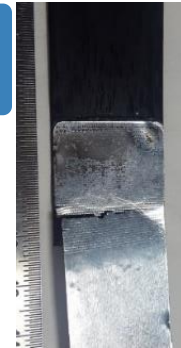
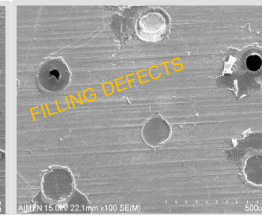
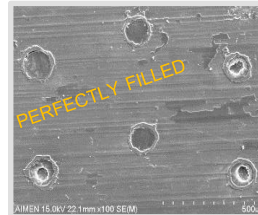
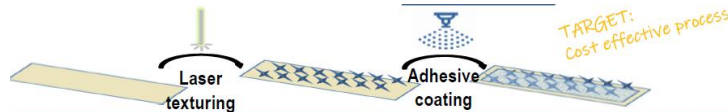
Automated
lay-up



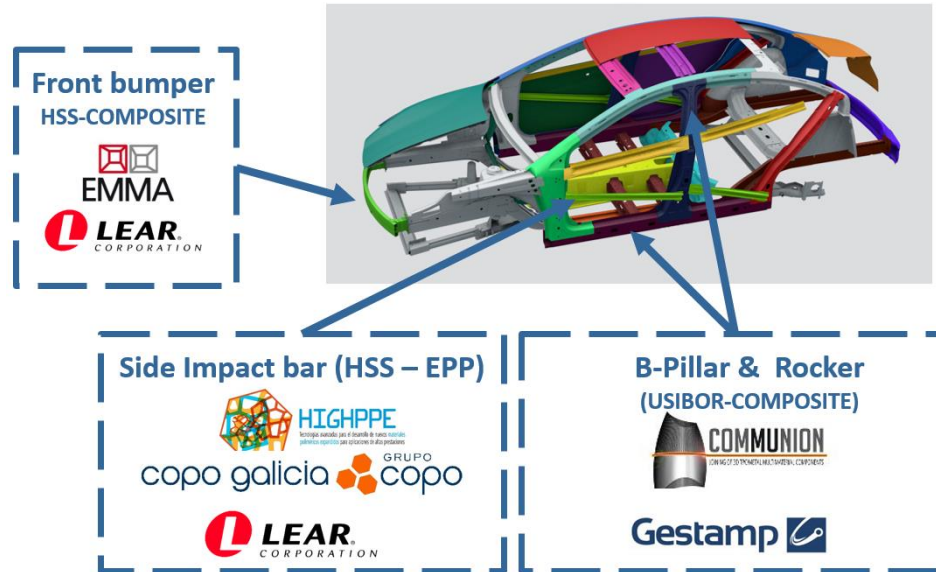
Press
forming



Multimaterial
3D

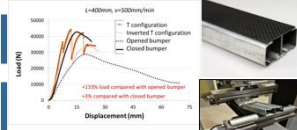


1. MAVA (AIMEN)

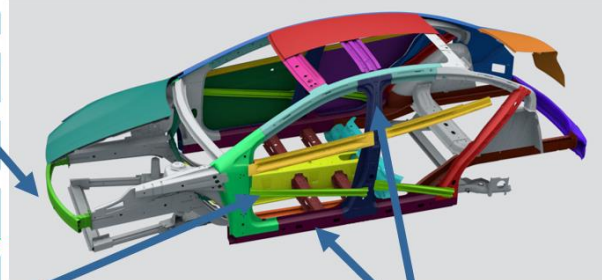


1. MAVA (AIMEN)

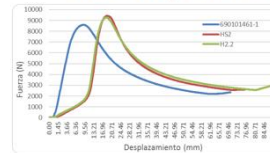
Front bumper



+133% load compared with opened bumper
+3% compared with closed bumper



Side Impact bar



Hybrid: +10% max load, +20% energy

B-Pillar & Rocker



Identification	Maximum Load (kN)	Energy (Jm)
R: Unibor (no reinforcement)	9,75 10,55	411,47 43,30
V1: Unibor + closing	10,75 11,03	474,59 152,55
V2: Unibor + top	12,49 12,45	501,50 16,32

Hybrid: +20% energy



2. Perspectivas del Proyecto ComMUnion

<https://www.youtube.com/watch?v=Gy1J6AFQZ1E>

2. Perspectivas del proyecto ComUnion

DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN NOVEDOSA PARA LA FABRICACIÓN PRODUCTIVA Y DE BAJO COSTE DE COMPONENTES 3D MULTI-MATERIAL BASADOS EN ALEACIONES METÁLICAS Y COMPOSITES TERMOPLÁSTICOS FOF-12-2015

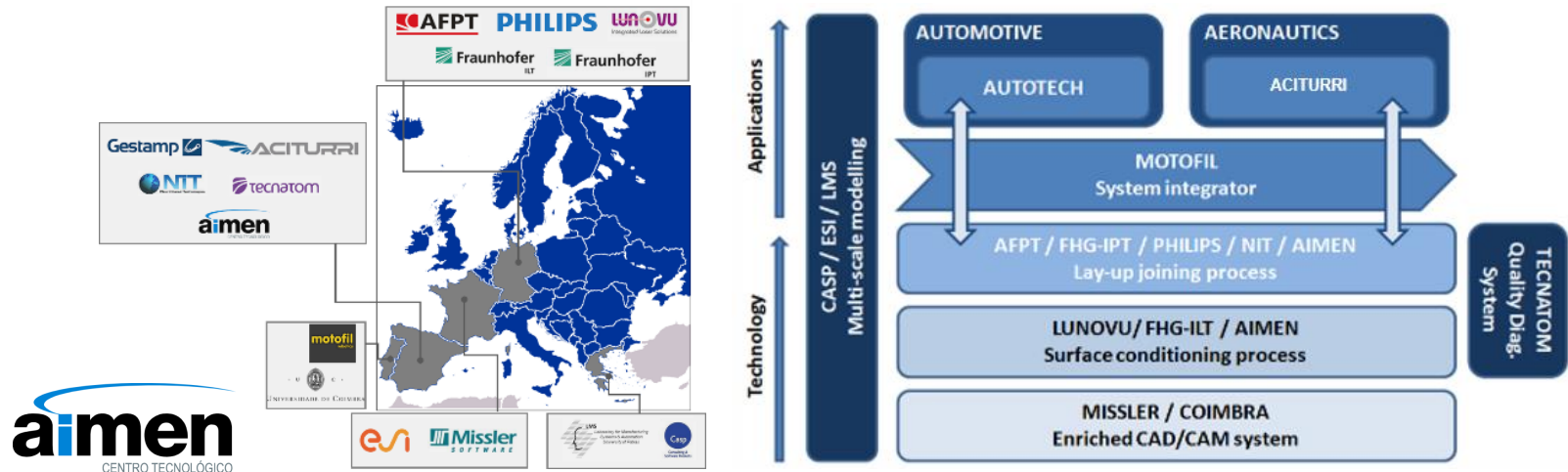
ComMUnion aborda Tecnologías Industriales Avanzadas de procesos de unión y ensamblaje para multi-materiales.

- Principal objetivo Optimizar la **productividad y la eficiencia en coste de la fabricación** de componentes multi-material
- Termoplásticos (CF-PA6.6 y CF-PEEK) + Componente Metálica (Acero y Titanio)
- Comprende el desarrollo de un novedoso **Sistema totalmente Automatizado y Flexible** capaz de realizar eficazmente **uniones disimilares**



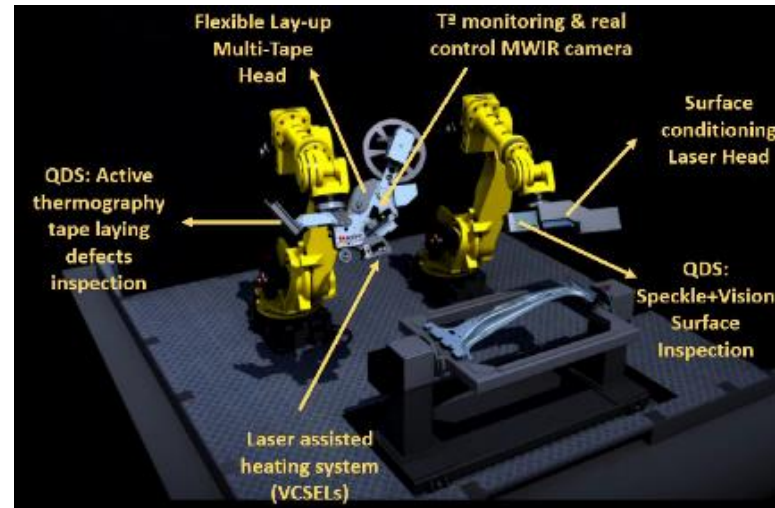
2. Perspectivas del proyecto ComUnion

- Coordinado por AIMEN
- 15 socios de 5 países diferentes de UE
- Experiencia clave y complementaria que cubre toda la cadena de valor



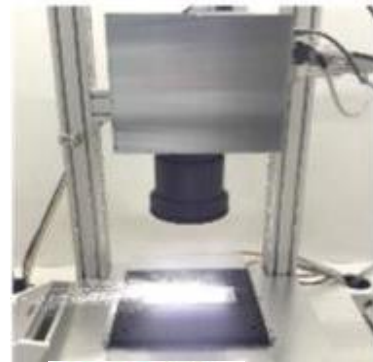
2. Perspectivas del proyecto ComMUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



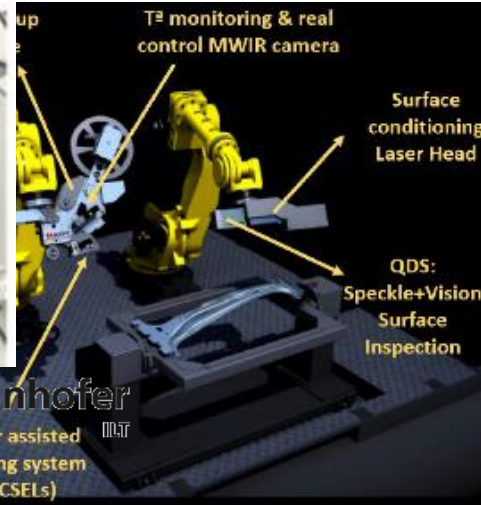
2. Perspectivas del proyecto ComMUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



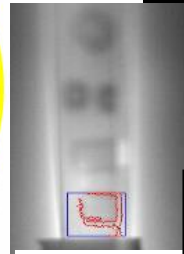
LUNOVU
Integrated Laser Solutions

Fraunhofer
Laser assisted
heating system
(VCSELs)

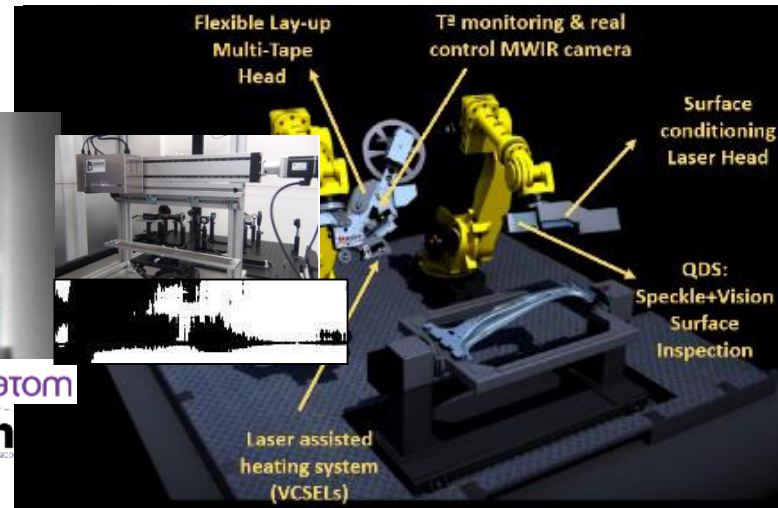


2. Perspectivas del proyecto ComMUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.

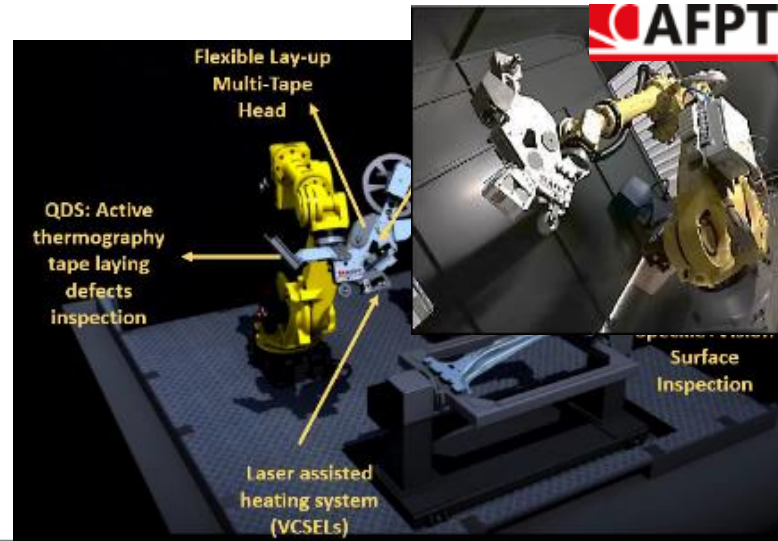


tecnaTom
aimen
CENTRO TECNOLÓGICO



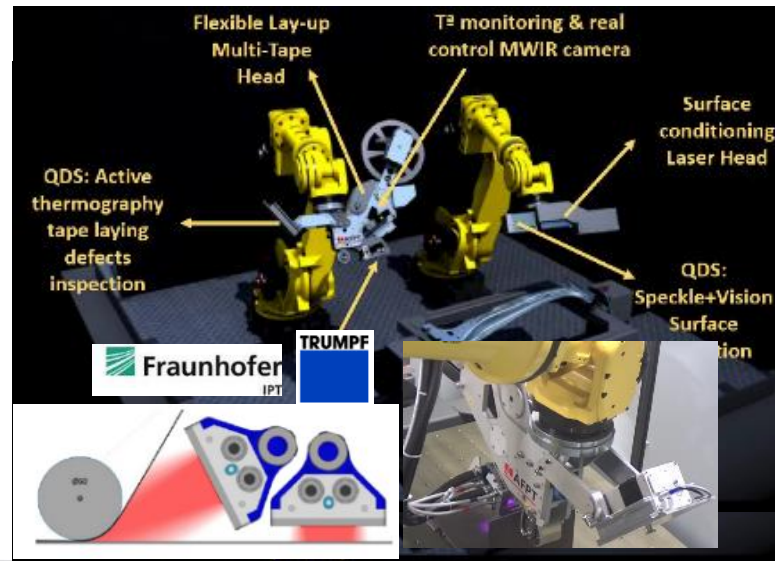
2. Perspectivas del proyecto ComUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



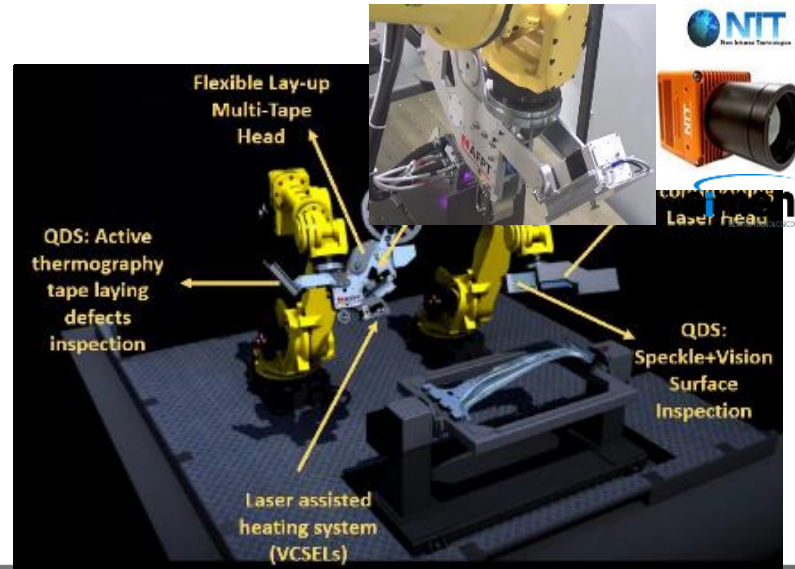
2. Perspectivas del proyecto ComMUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



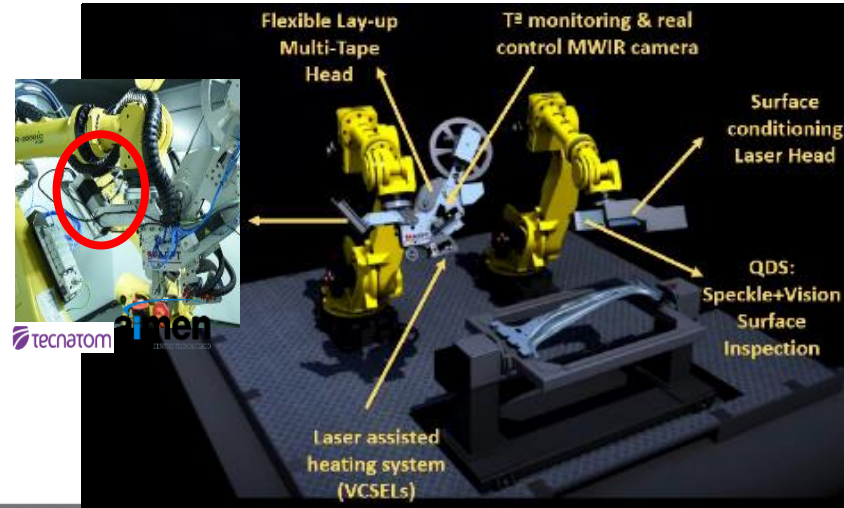
2. Perspectivas del proyecto ComUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



2. Perspectivas del proyecto ComUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



2. Perspectivas del proyecto ComMUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



Sistema cognitivo basado:

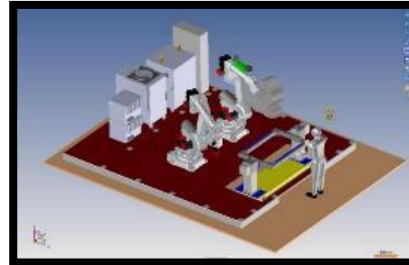
- Simulación multi-escala
- CAD-CAM enriquecido
- Sistema auto-adaptativo
- Sistema de apoyo a la decisión

2. Perspectivas del proyecto ComUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



Sistema cognitivo



- ✓ Reducir los plazos en el diseño de nuevos productos
- ✓ Optimización de la configuración del proceso

2. Perspectivas del proyecto ComUnion

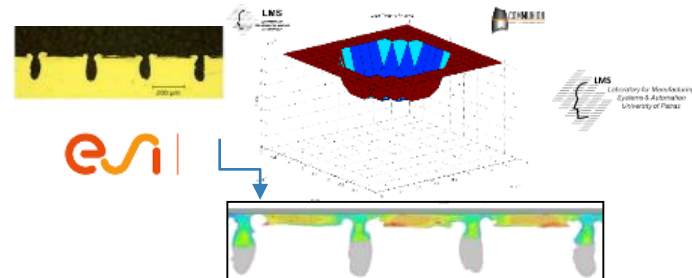
Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



Sistema cognitivo basado:

- Simulación multi-escala

Predecir el comportamiento a nivel macro basado en el rendimiento micro de la interfase



2. Perspectivas del proyecto ComUnion

Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



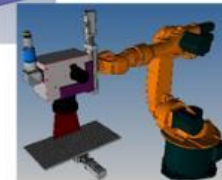
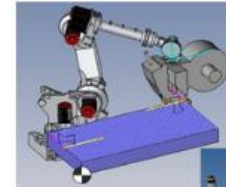
Sistema cognitivo basado:

- CAD-CAM enriquecido

Gestión de los robots y toda la celda



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



2. Perspectivas del proyecto ComUnion

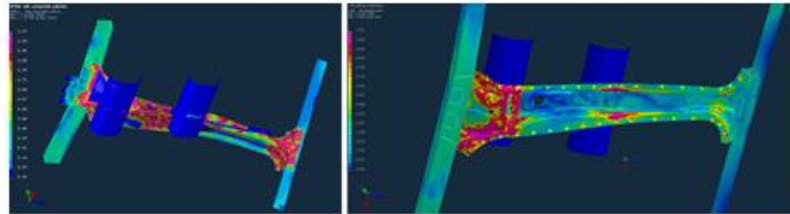
Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



Sistema cognitivo basado:

- **Sistema auto-adaptativo**

Modificación del proceso basado en los parámetros del QDS (Sist. Diagnóstico de la Calidad)



2. Perspectivas del proyecto ComUnion

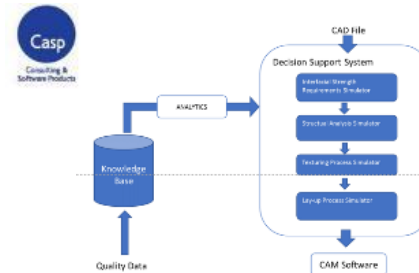
Fabricar componentes 3D multi-material mediante un sistema automatizado de deposición de cintas TPRCs sobre superficies metálicas texturizadas por laser.



Sistema cognitivo basado:

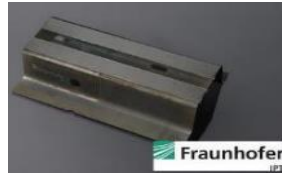
- **Sistema de apoyo a la decisión**

Proporciona un Sistema de gestión de datos para apoyar en la fase de diseño de producto



2. Perspectivas del proyecto ComMUnion

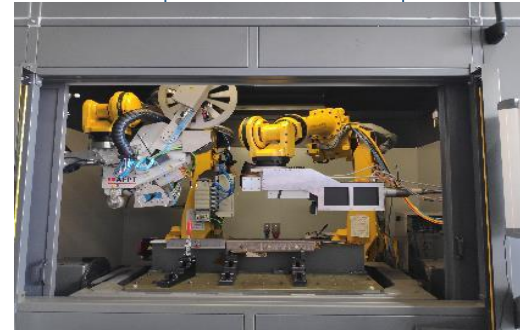
Rockers texturizados
en AIMEN e ILT



Rockers con tapes de TPRCs
fabricados en IPT y AFPT



TRL 7



3. Motivación: Enfoque Multi-Material

3. Motivación: Enfoque Multi-Material

MATERIAL	WEIGHT REDUCTION (%)	COST
Magnesium	60-75	1.5-2.5
CFRP	50-60	2-10
Aluminium	40-60	1.3-2
Titanium	40-55	1.5-10
GFRP	25-35	1-1.5
AHSS	15-25	1-1.5
HSS	10-15	1

✓ Excelente relación Fuerza/Peso
Alta absorción de energía específica

✗ - Elevados costes
- Retos para su introducción

✓ Barato; Gran experiencia en diseño,
fabricación y unión

✗ - Más pesado

MULTI-MATERIALES: combinación inteligente para obtener las propiedades óptimas con el material correcto en la posición correcta

Pero.... Uniones Disimilares Metal-Composite la unión es CRITICA!!

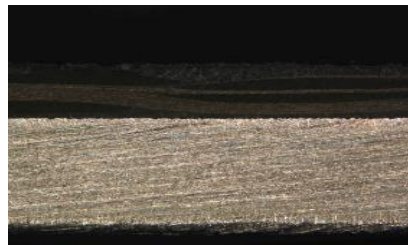
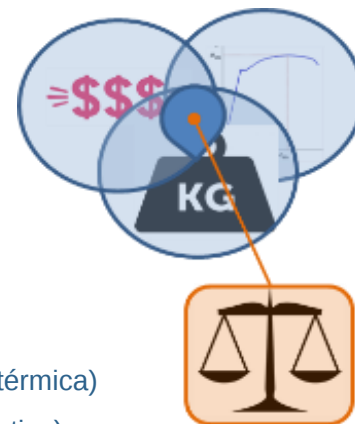
3. Motivación: Enfoque Multi-Material

DISEÑO MULTI-MATERIAL PARA SUPERAR LA BARRERA DE COSTES

*PRINCIPIO BÁSICO: Combinación de materiales de diferente naturaleza en una estructura, de modo que se utilice el **material óptimo para cada propósito** permitiendo una mayor relación rendimiento / coste que los materiales por separado conduciendo a un material **más eficiente**.*



METAL - COMPOSITE
UNIÓN DISIMILAR



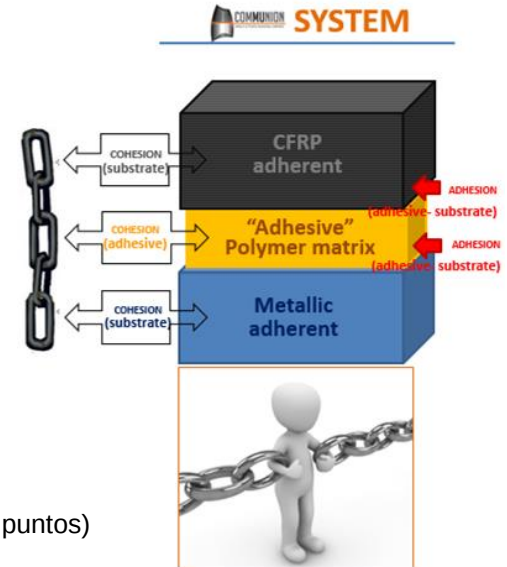
- ➔ Adecuada resistencia de la unión
- ➔ Durabilidad (rendimiento duradero)
- ➔ Evitar acoplamiento galvánico
- ➔ Fatiga térmica (coef. de expansión térmica)
- ➔ Proceso de fabricación (coste efectivo)

4. Trabajo Experimental

4. Trabajo Experimental

TECNOLOGÍA DE ADHESIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

- Selección de materiales
- Fabricación
 - Laminados monolíticos TP
 - Conformado en Prensa (PCM)
 - AFP
 - Uniones disimilares (M + TP)
 - Conformado en Prensa (PCM)
- Caracterización
 - Monolíticos (Laminados TP)
 - Caracterización Microscópica
 - Caracterización Reológica y Térmica
 - Caracterización Mecánica
 - Uniones Disimilares (M + TP)
 - Caracterización Microscópica
 - Caracterización Térmica
 - Caracterización Mecánica (SLJ, DCB, ENF, Ensayo de flexión a 3 puntos)
 - Ensayos de Corrosión y Durabilidad



4. Trabajo Experimental

➤ MATERIALES SELECCIONADOS

Metálicos:

- AHSS: USIBOR 1500P (ARCELOR MITTAL) suministrado por GESTAMP
- TITANIO comercial (Ti6Al4V S/ABS5326C) suministrado por Technalloy

TP:

- CELSTRAN CFR-TP PA66 CF60-02 suministrado por CELANESE
- CF-PEEK suministrados por SUPREM, SUPREM™ 55% AS4/PEEK-150, Film PA66 y PEEK: suministrado por GOODFELLOW

➤ TRATAMIENTO SUPERFICIAL

- **Granallado (GB)** Granalla: metálica angular 500µm
 - Vdad: 10min /m2
 - Presión: 5bar
- **Texturizado laser:**
 - Laser CW TruFiber400 de TRUMPF, Potencia máxima 400W
 - WV 1070nm
 - Escáner galvanométrico
- **Decapado Químico (E)*** AIPS 09-02-005
 - HCl 3% y HNO3 3%
 - 60 seg.



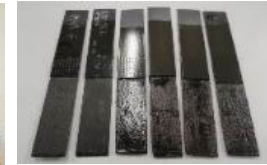
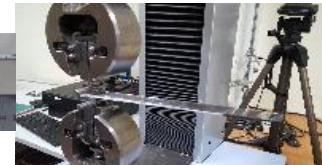
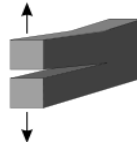
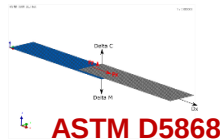
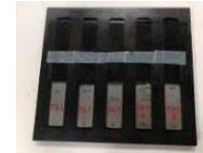
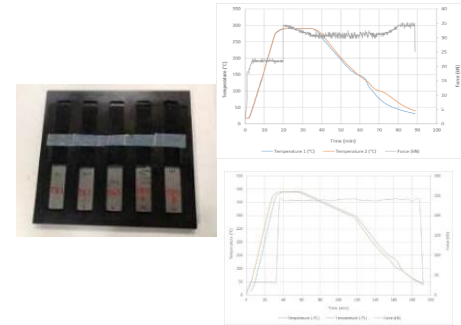
4. Trabajo Experimental

➤ FABRICACIÓN DE LA UNIÓN

- Condiciones del ciclo optimizadas
- Conformado en Prensa (PCM)
- One- shot
- OoA

➤ CARACTERIZACIÓN DE LA UNIÓN

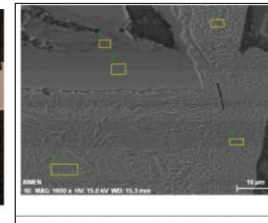
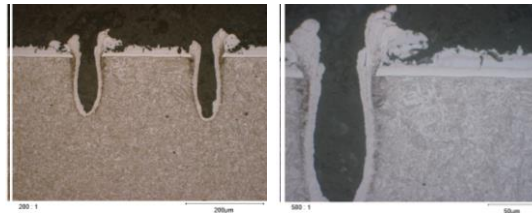
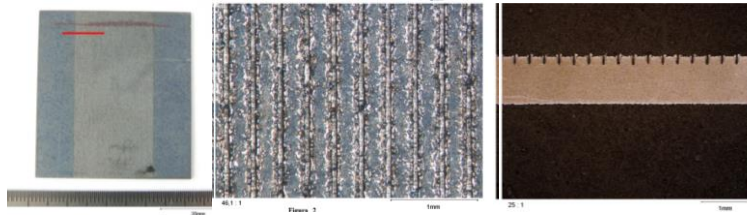
- Ensayos de cortadura por tracción (SLJ) según **ASTM D5868**
- Ensayos de Fractura Modo I (DCB) según **AITM 1-0053**
- Polarización Potenciodinámica (PP)
- Electroquímica (EIS)
- Procesos de Cataforesis y Análisis de Durabilidad



4. Trabajo Experimental

- ZAT y efectos microestructurales del sustrato (MO, SEM y microdurezas)
- Rugosidad y parámetros superficiales

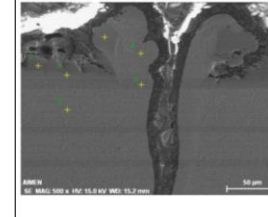
AHSS: USIBOR/AISI



Mass percent (%)

Spectrum	Al	Si	Cr	Mn	Fe
1	38.47	4.79	0.11	0.36	56.26
2	7.73	3.17	0.34	0.12	88.65
3	0.03	0.24	0.17	0.72	98.84
4	0.12	0.27	0.27	0.56	98.77
5	0.00	0.16	0.26	0.60	98.97

-Análisis 1 y 2: recubrimiento Al-Si
-Análisis 3 y 4: zona afectada por el texturizado.
-Análisis 5: material base.



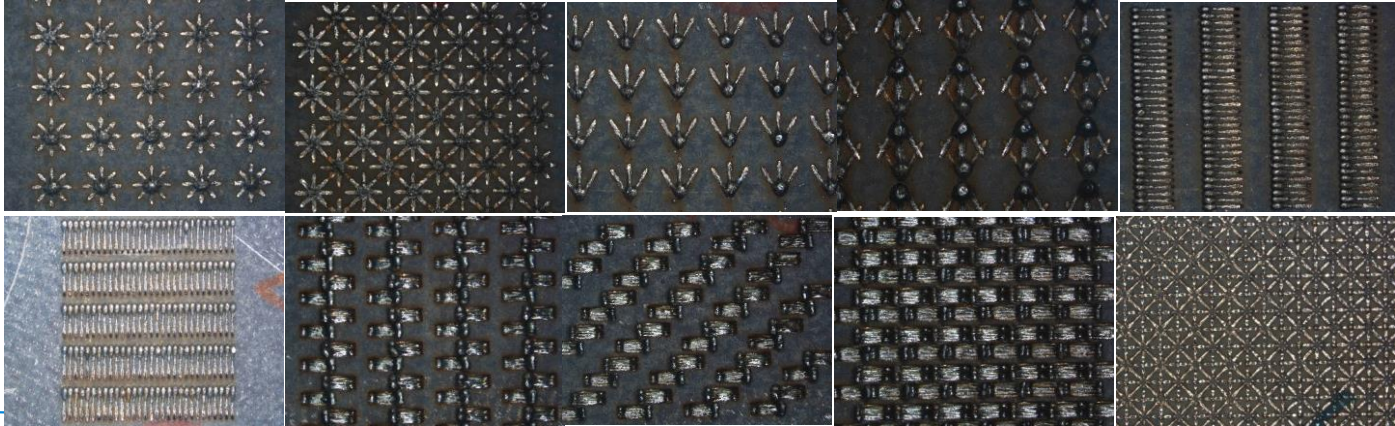
Mass percent (%)

Spectrum	Al	Si	Cr	Mn	Fe
1	14.44	2.08	0.32	0.35	82.82
2	48.39	1.21	0.12	0.25	50.02
3	17.18	5.14	0.19	0.43	77.05
4	0.10	0.26	0.18	0.39	99.08
5	0.00	0.31	0.21	0.49	98.99
6	0.10	0.26	0.25	0.52	98.87

-Análisis 1, 2 y 3: recubrimiento Al-Si
-Análisis 4 y 5: zona afectada por el texturizado.
-Análisis 6: material base.

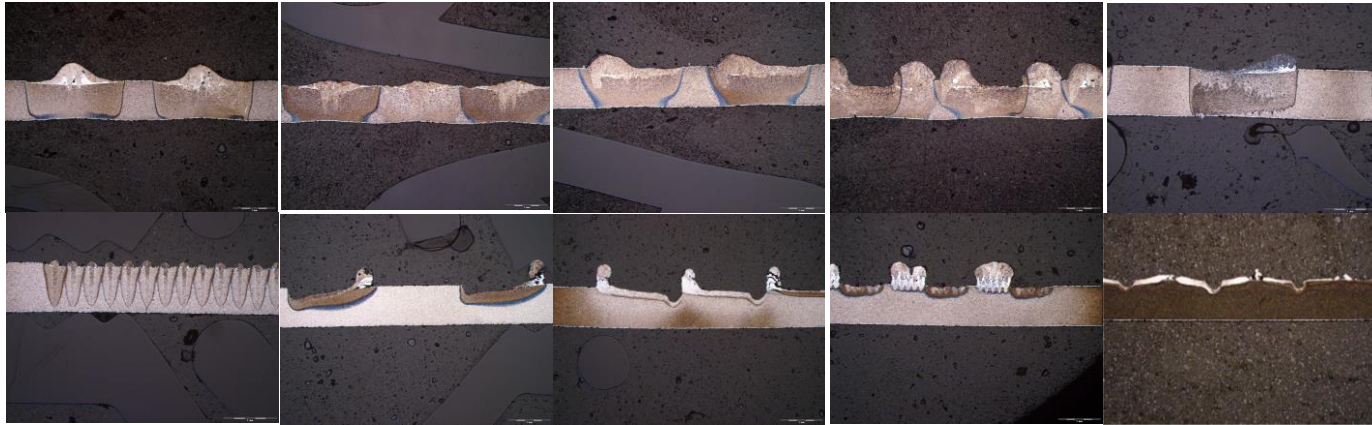
4. Trabajo Experimental

- ZAT y efectos microestructurales del sustrato (MO, SEM y microdurezas)
- Rugosidad y parámetros superficiales



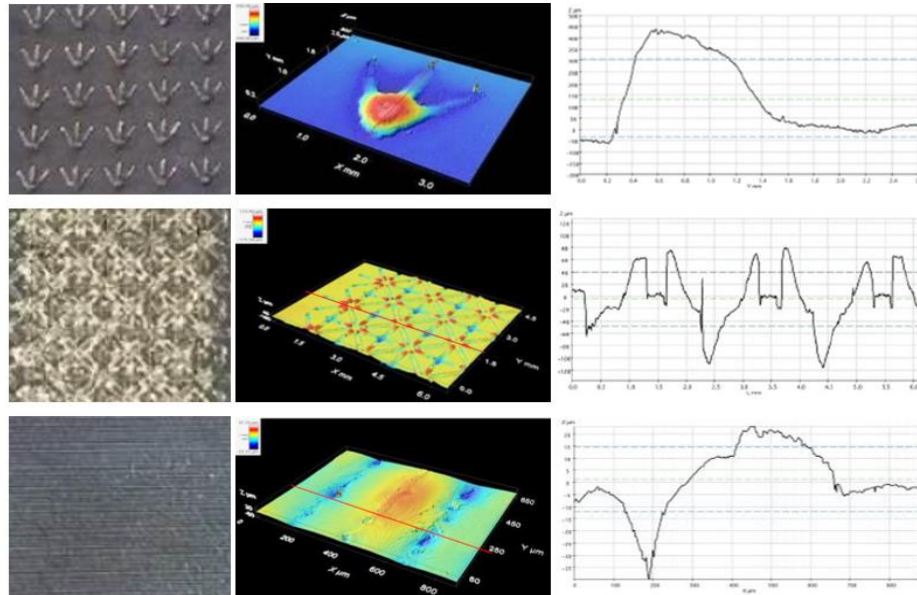
4. Trabajo Experimental

- ZAT y efectos microestructurales del sustrato (MO, SEM y microdurezas)
- Rugosidad y parámetros superficiales



4. Trabajo Experimental

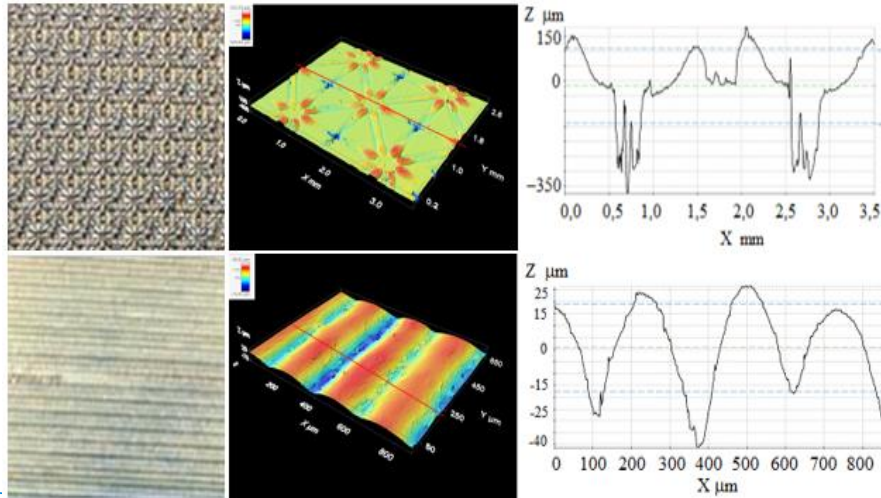
Texturas laser seleccionadas para el USIBOR Al/Si



Tratamiento superficial	Rz (μm)
GB	$18,18 \pm 1,86$
T4	$450 \pm 19,83$
T10	$180 \pm 21,13$
T11	$20 \pm 1,13$

4. Trabajo Experimental

Texturas laser seleccionadas para el Titanio

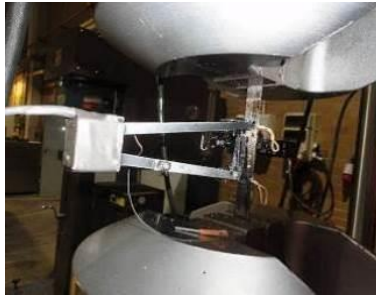
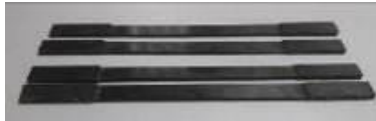


Tratamiento superficial	Rz (μm)
GB	$14,18 \pm 1,16$
E	$1,79 \pm 0,63$
T10	431 ± 26
T11	$28,66 \pm 9$

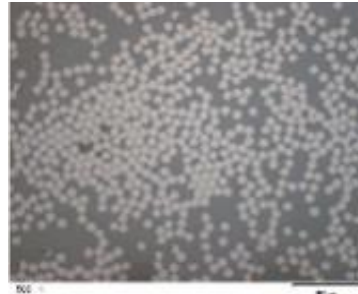
5. Resultados & Discusión

5. Resultados & Discusión

ANÁLISIS MICROSCÓPICO, TÉRMICO Y MECÁNICO



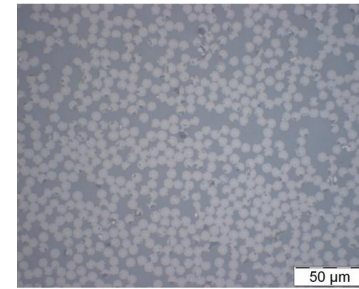
CF- PA66 (Automoción)



Tensile Strength (MPa)

$995,86 \pm 247,01$

CF- PEEK (Aeronáutica)

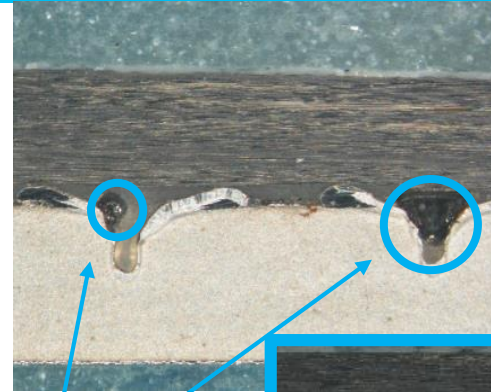


Tensile Strength (MPa)

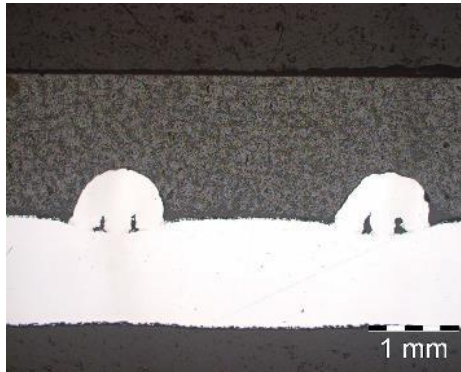
$1795,6 \pm 364,48$

ISO 527-5

5. Resultados & Discusión



Poros

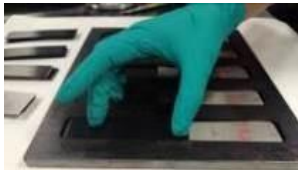


5. Resultados & Discusión

■ Conformado en Prensa (PCM)

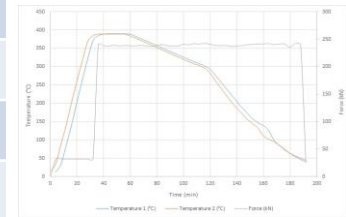
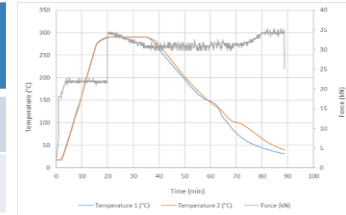


LabPro 1000 hydraulic platen press from Fontijne Presses & Services BV



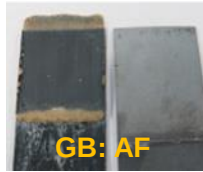
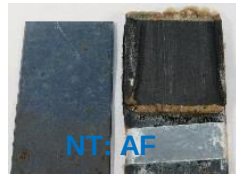
Tooling for SLJ manufacturing according to ASTM D5868

PARAMETERS OF THE PROCESS	CF-PA6.6	CF-PEEK
Temperature, °C	290	390
Pressure	15	15
Time, min	20	20
Heating rate, °C/min	15	15
Cooling rate, °C/min	5	5
Thickness, mm	1.6	2.4



5. Resultados & Discusión

UNIÓN DIRECTA: USIBOR/AISI+ CF-PA66
ANCLAJE MECÁNICO



T4: AF

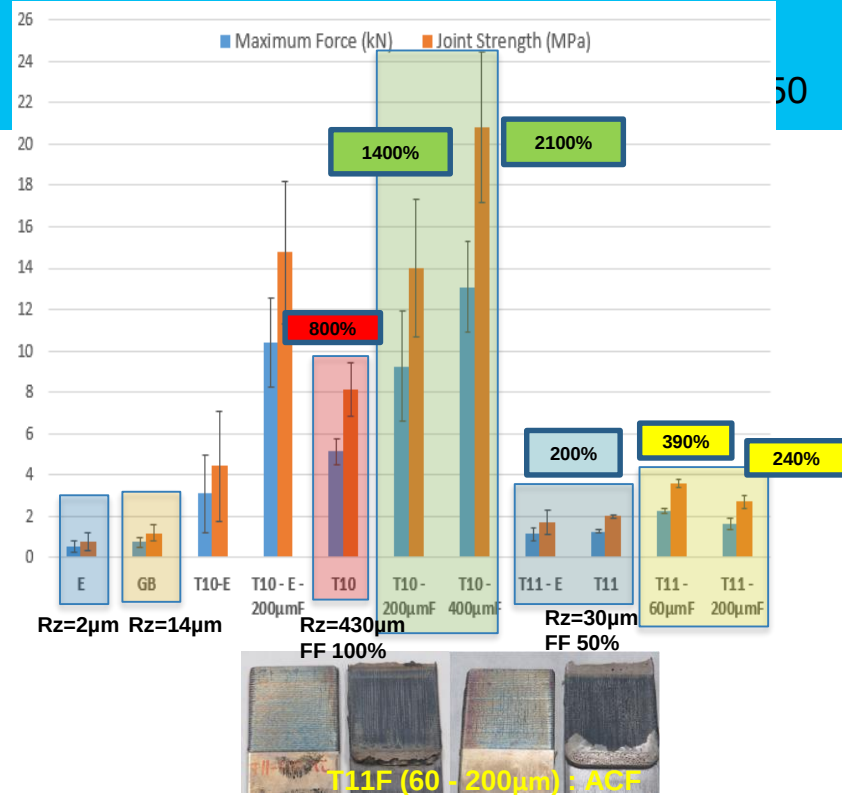
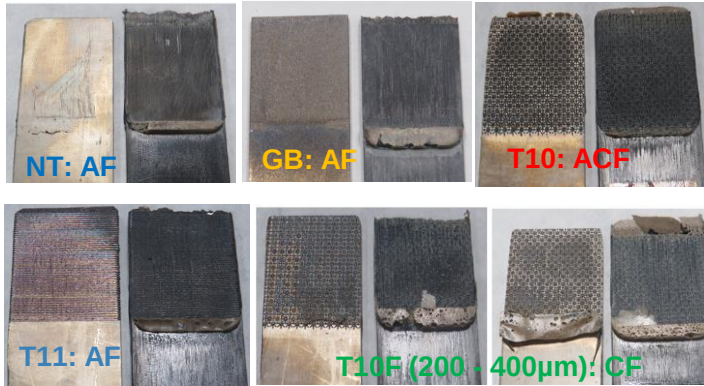


T4F (220µm): SCF

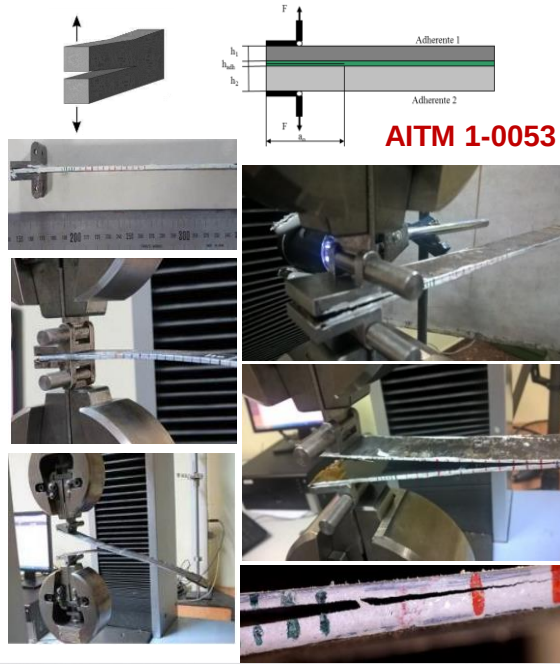


5. Resultados & Discusión

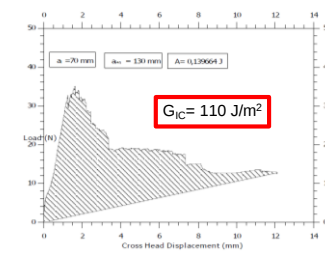
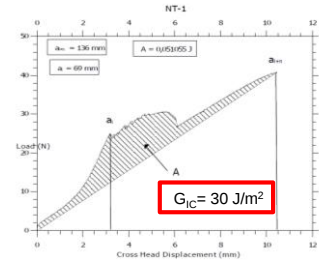
UNIÓN DIRECTA: Ti + CF-PEEK
ANCLAJE MECÁNICO



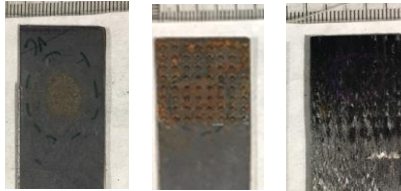
5. Resultados & Discusión



ID.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Long. Grieta I. (mm)	Long. Grieta F. (mm)	Long. Grieta Propagada (mm)	E. Necesaria propagac (J)	E. Tenacidad a Fractura (J/m ²)
Mean GB	25.05	2.51	69	136	110,00	0,05100	30,481
Mean LT	25,15	2,39	60,00	122,50	62,50	0,15842	101,072
Stand. Dev. LT	0,07	0,01	14,14	10,61	3,54	0,02653	11,260



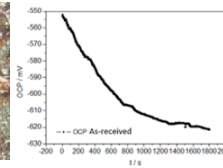
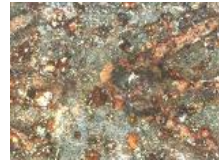
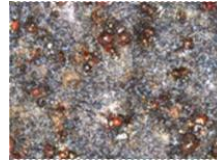
5. Resultados & Discusión



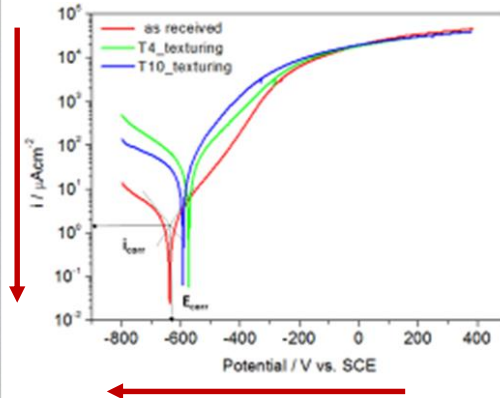
USIBOR

USIBOR T4

CF-PA66



USIBOR muestra una disminución del potencial con el tiempo (no estabilizado)



Material	E_{corr} (mV)	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
Ref.	-633.80	1.38
T4 Texturing	-571.80	56.25
CF- PA66	-262.90	1.44

	CF/ Ref.
E_g (mV)	-537.58
I_g ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	54.65
$E_c - E_a$ (mV)	270.98
I_g/i_{corr}	30.7
V_{corr} (mm/year)	0,633

Polarización Potenciodinámica (PP)

Se produce un par galvánico en la unión disimilar con una velocidad de corrosión acelerada

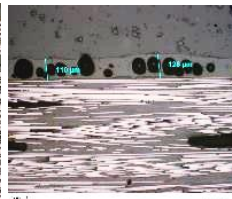
Con una diferencia de 100-120 mV, el fenómeno galvánico debe ser considerado

5. Resultados & Discusión

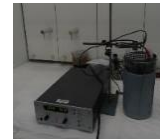
PINTURA CATAFORÉTICA / PINTADO POR ELECTRODEPOSICIÓN CATIÓNICA / E-COATING



- ❖ T^a Baño: 28 – 32 °C
- ❖ t: **evaluado**
- ❖ Ratio Ánodo/Cátodo : 1/4
- ❖ V: **evaluado**
- ❖ I: 2A
- ❖ T^a Curado, T: 180-200 °C
- ❖ T Curado, t: 15-25 min

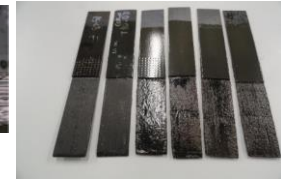
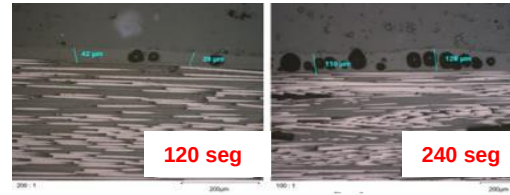
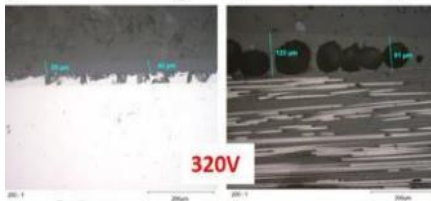
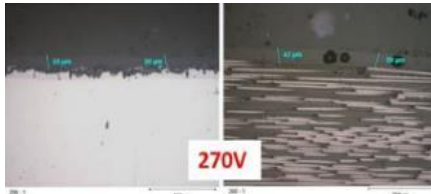
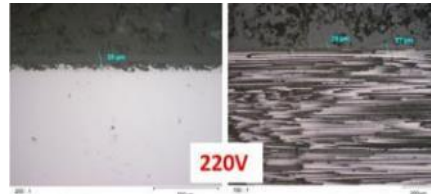


Material	T ^a (°C)	V (V)	t _{inmersión} (seg)	I (A)	t _{curing} , min	T _{curing} , °C	t _{CATA} , μm
USIBOR	32	220	120	2	15	180	25
	32	220	240				29
	31	270	120				30
	31	270	240				32
	31	320	120				43
	31	320	240				40
UNIÓN	31	220	120	2	15	180	21
	31	220	240				20
	31	270	120				22
	31	270	240				26
	31	320	120				32
	31	320	240				34

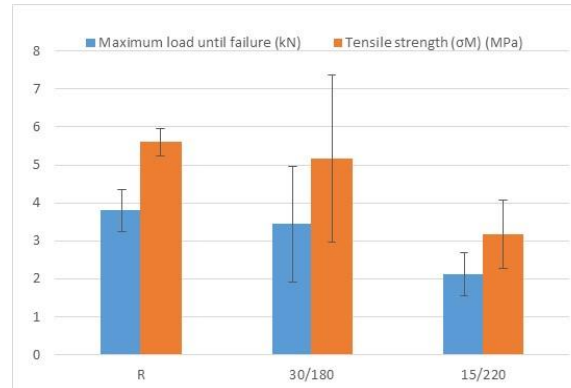


5. Resultados & Discusión

Efecto de las condiciones del baño en la calidad del espesor



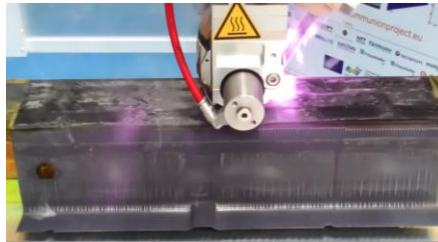
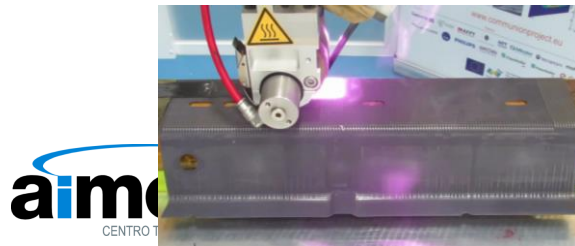
Condiciones fijadas e-coat: 220V, 2A, 120 seg.



Los resultados de E de cortadura por tracción muestran mayor degradación debido a la Tª de curado

6. Demostradores

6. Demostradores



6. Demostradores



Identification	Maximum Load (Fmax) (kN)	Energy Absorbed (Nm)
R	9,55 ±0,55	411,47 ±2,32
V1	10,75 ±1,03	474,53 ±12,55
V2	12,49 ±2,45	501,50 ±6,32

7. Conclusiones

7. Conclusiones

- Las soluciones Multi-material son una buena opción para implementar TP-CFRPs en diferentes sectores. Para ello se deben considerar los múltiples desafíos.
- La preparación superficial juega un papel clave en las uniones adhesivas pero en las uniones directas Metal-TP es más crítico debido a la falta de interacción química.
- El texturizado laser es una tecnología efectiva y de alta productividad para mejorar la resistencia mecánica de la unión multimaterial Metal – TP debido a la necesidad de crear un anclaje mecánico.
- Se obtienen uniones directas disimilares estructurales co-curado, sin necesidad de adhesivo. Añadiendo film mejora el comportamiento mecánico.
- El ensayo de flexión a 3 puntos muestra un comportamiento diferente en función de dónde esté posicionado el refuerzo de TP.

7. Conclusiones

- Entre los tapes de CF y el usibor se produce par galvánico. Es aconsejable un aislamiento eléctrico, film o tape de GF. El tape de GF y la cataforesis parecen ser eficaces para evitar la corrosión.
- Se han establecido con éxito las condiciones de la cataforesis. El curado de la pintura cataforética afecta ligeramente a la resistencia de la unión bajo estas condiciones seleccionadas.
- Es posible fabricar componentes híbridos usando texturizado laser y la tecnología de encintado automatizado OoA.
- Los componentes híbridos muestran un incremento de la energía de absorción sometido a flexión.
- Utilizando TPCs se ha demostrado la viabilidad de unir/desunir en uniones multi-material a través de un software de simulación integrado con el DSS para incorporar una estrategia de economía circular en toda la línea de fabricación.

**MUCHAS
GRACIAS**

