

Bienvenid@s

WEBINAR



Sigue el Webinar



#WebinarsAEMAC



#WebinarsAEMAC



MARTA BOTANA GALVÍN

Técnico de Desarrollos e Innovación
TITANIA Ensayos y Proyectos Industriales

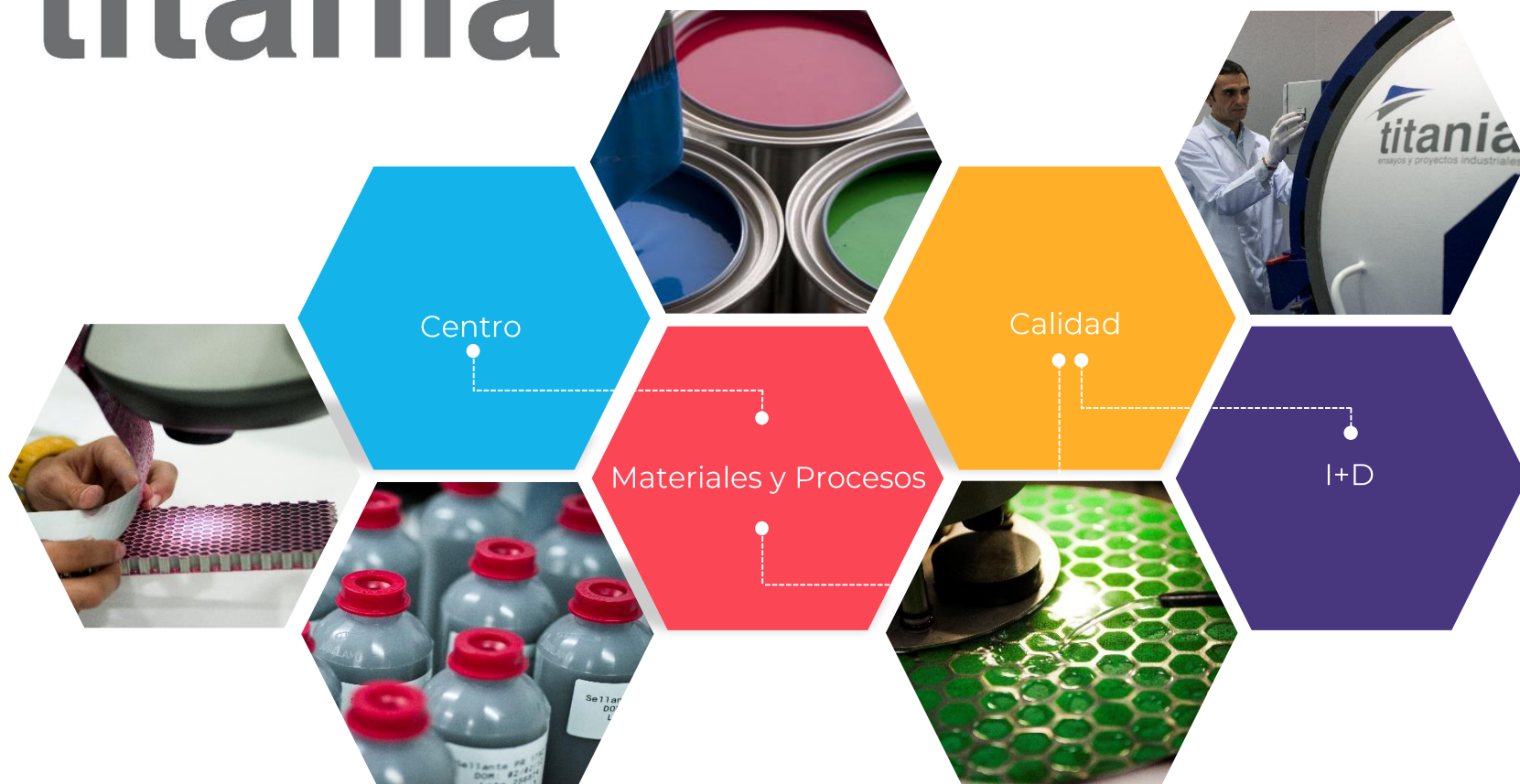
*Técnicas de caracterización superficial avanzada de
materiales compuestos*

11 de Junio de 2019, 16 horas. (Madrid, GMT +2)



Marta Botana Galvin
Titania, Ensayos y Proyectos Industriales

Técnicas de **caracterización superficial**
avanzada de materiales compuestos

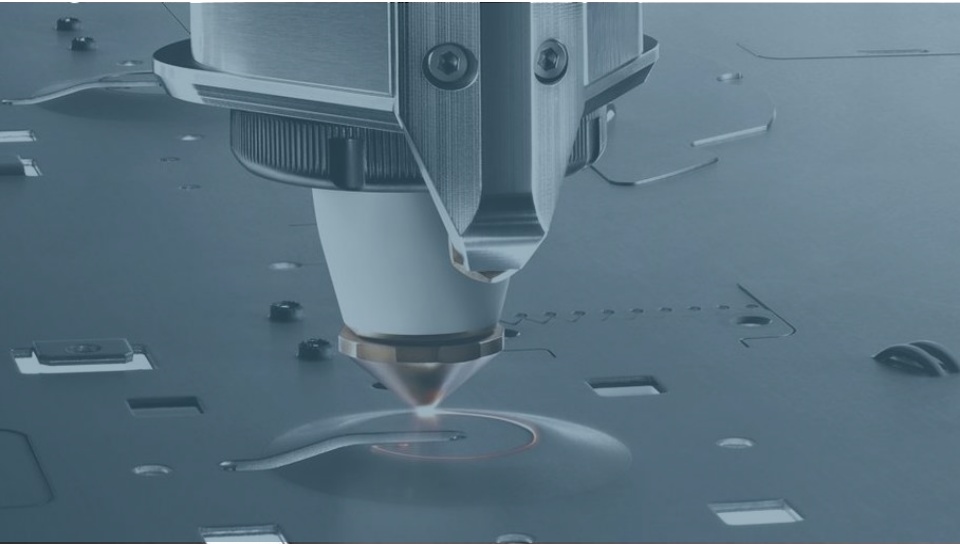


**PROCESADO LÁSER UV COMO
TRATAMIENTO SUPERFICIAL
PREVIO A LA UNIÓN
ENCOLADA ESTRUCTURAL DE
MATERIAL COMPUESTO
AERONÁUTICO**

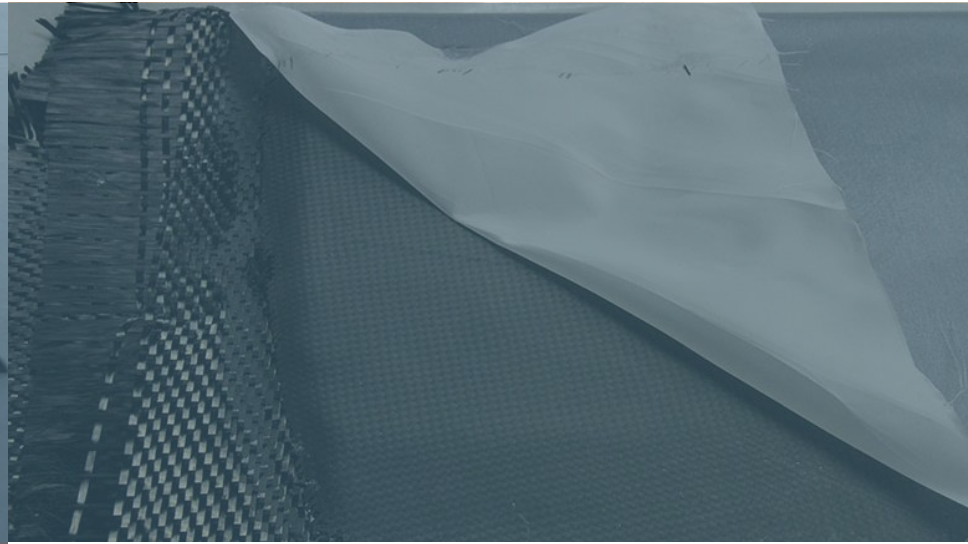
MARTA BOTANA GALVÍN

TESIS DOCTORAL

TRATAMIENTO SUPERFICIAL

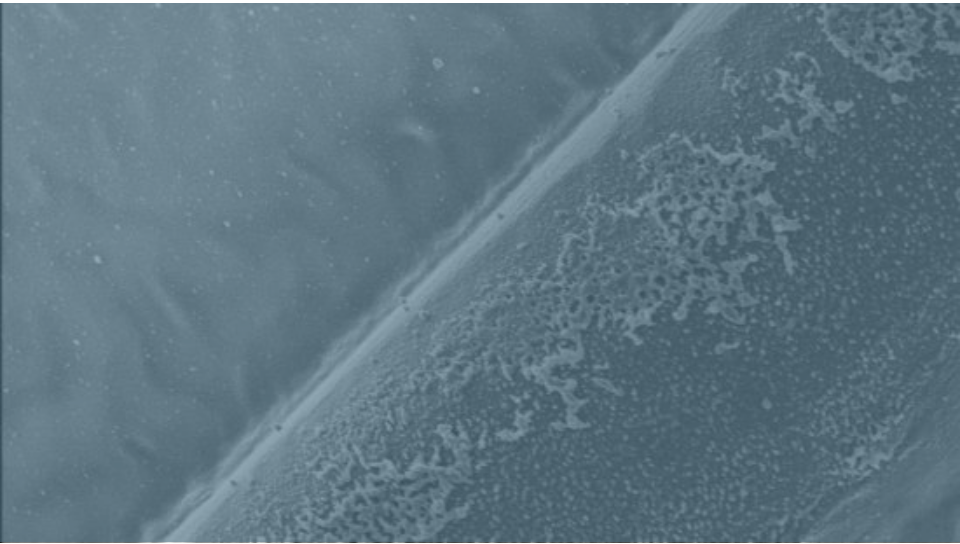


Procesado Láser

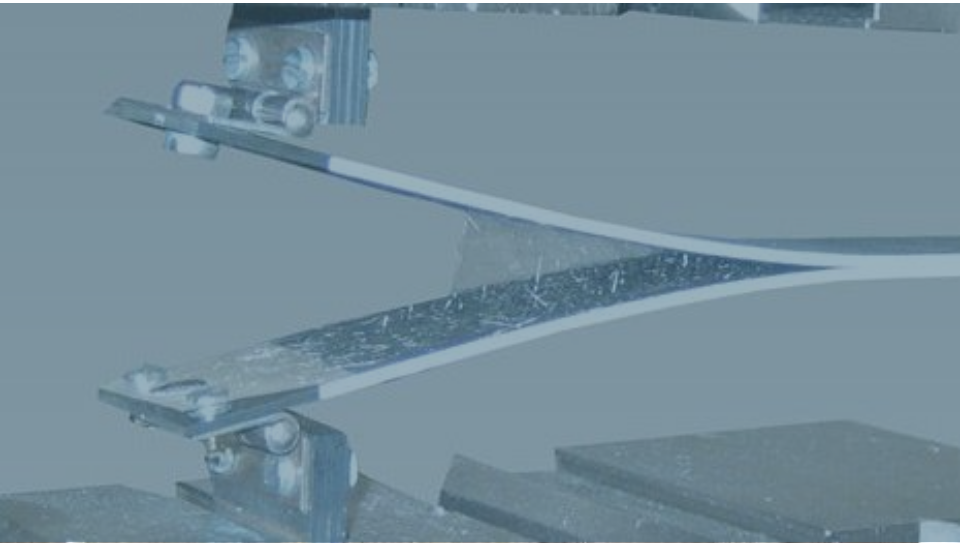


Tejido Pelable

TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN



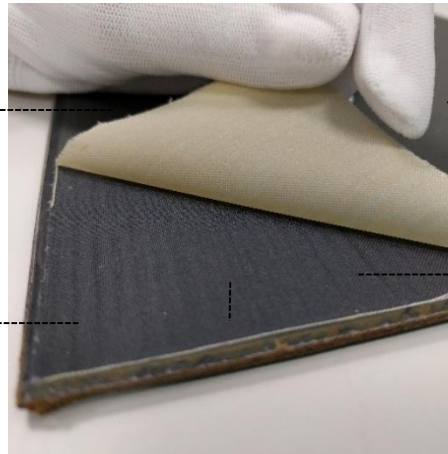
Técnicas de caracterización avanzadas



Ensayos mecánicos normalizados

Información
morfológica

Información
composicional



Información
topológica

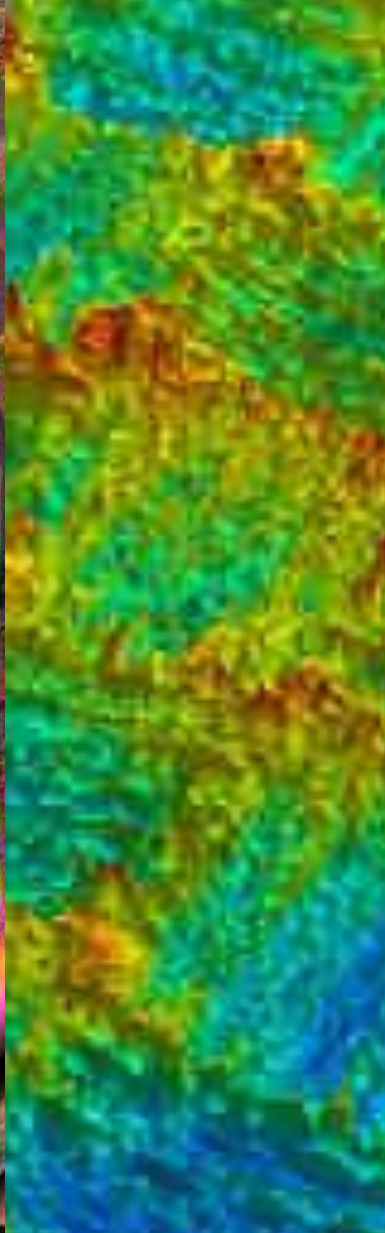
Información
química



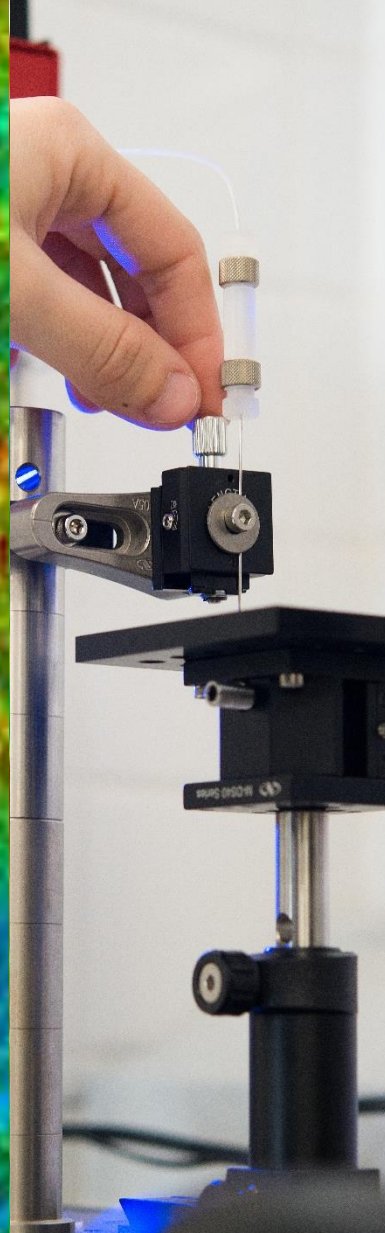
SEM



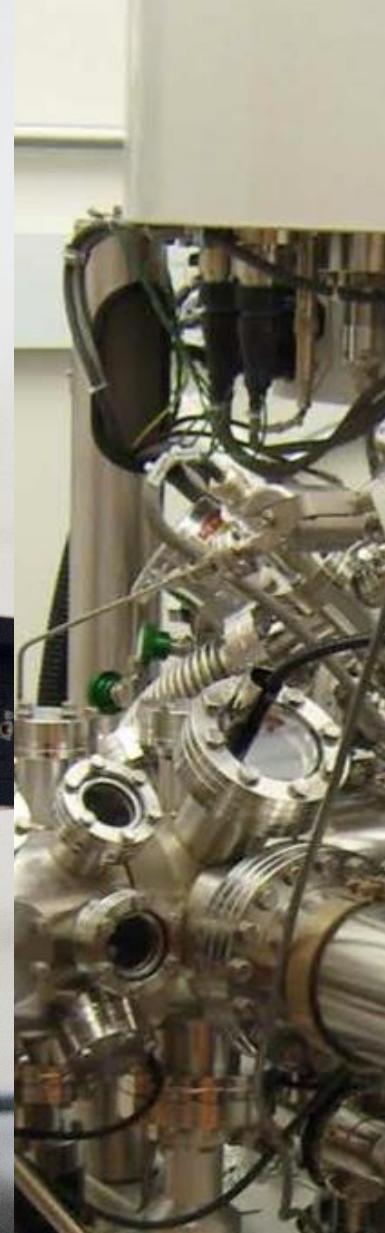
EDS



PERFILOMETRÍA
ÓPTICA 3D



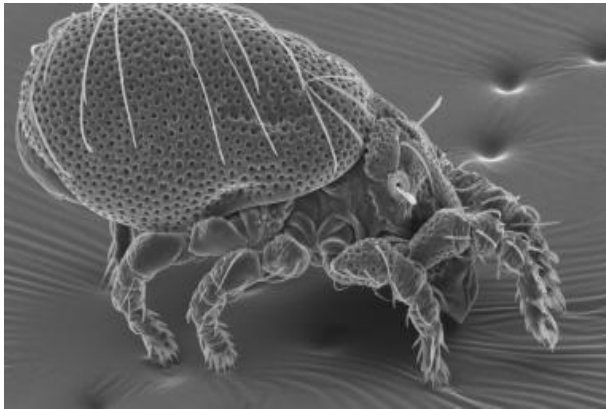
ENERGÍA LIBRE
SUPERFICIAL



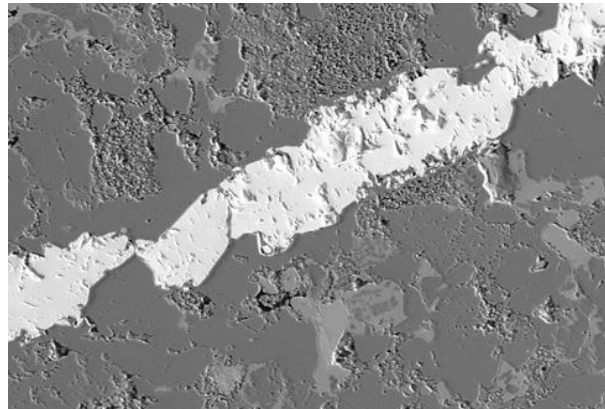
XPS

Microscopía Electrónica de Barrido

TIPOS DE SEÑALES



e^- secundarios



e^- retrodispersos



rayos X

SEM - CFRP



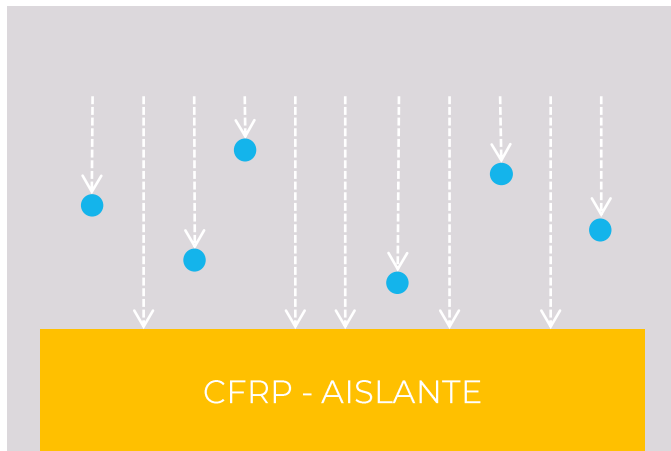
Alto Vacío

SEM - CFRP



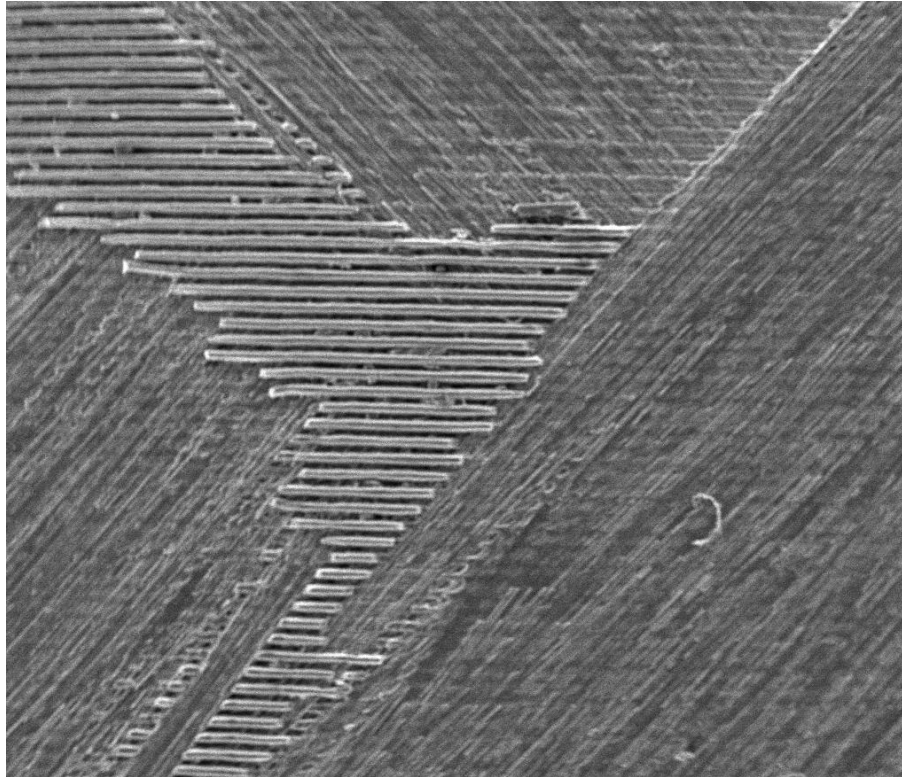
Alto Vacío

SEM - CFRP



Bajo Vacío

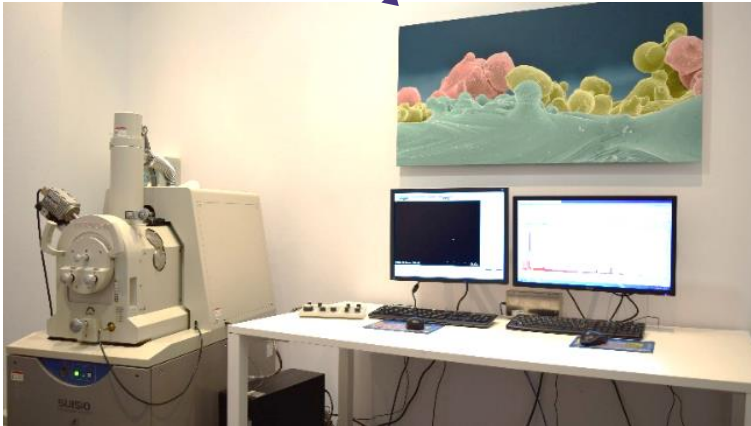
SEM - CFRP



Bajo Vacío

SEM - CFRP

BAJO VACÍO



Hitachi SU-1510

BSE

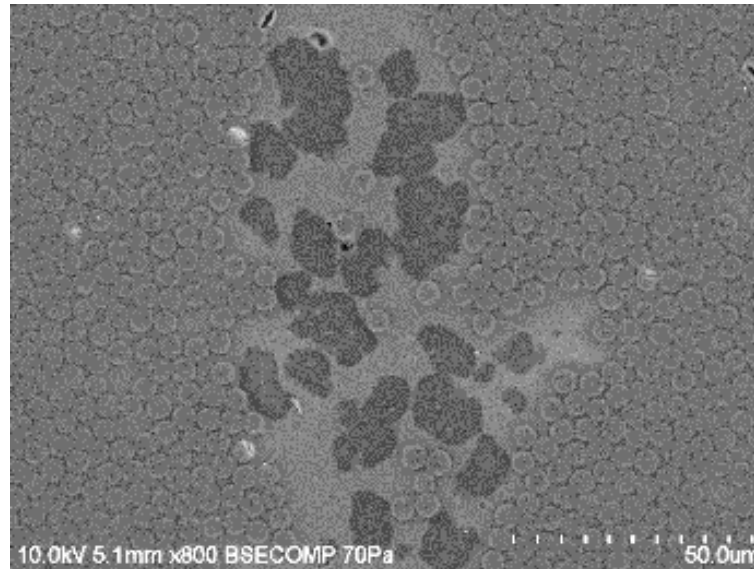


FEI Nova NanoSEM 450

SE, BSE

SEM - EDS

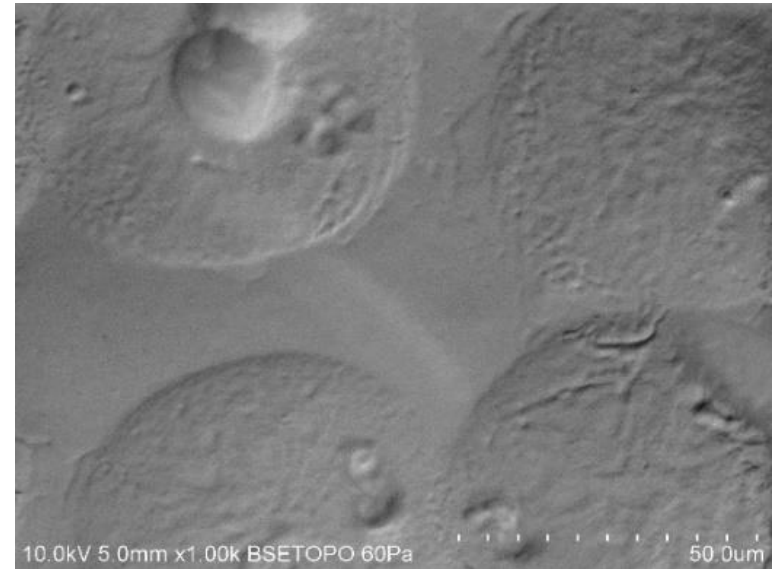
- Caracterización morfológica de una superficie



Sección transversal CFR

SEM - EDS

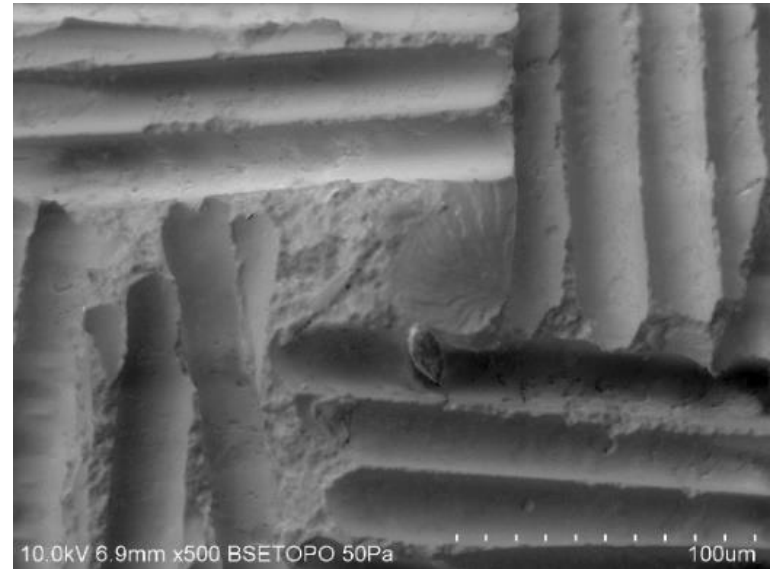
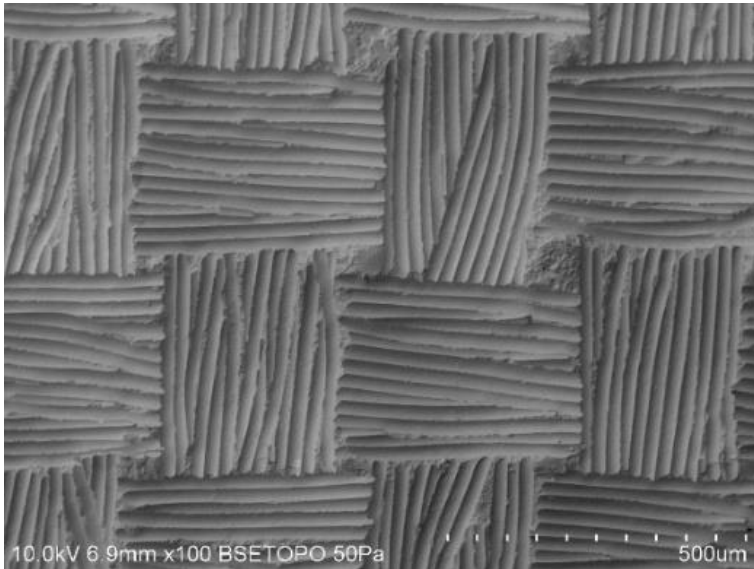
- Caracterización morfológica de una superficie



Superficie procesada con láser

SEM - EDS

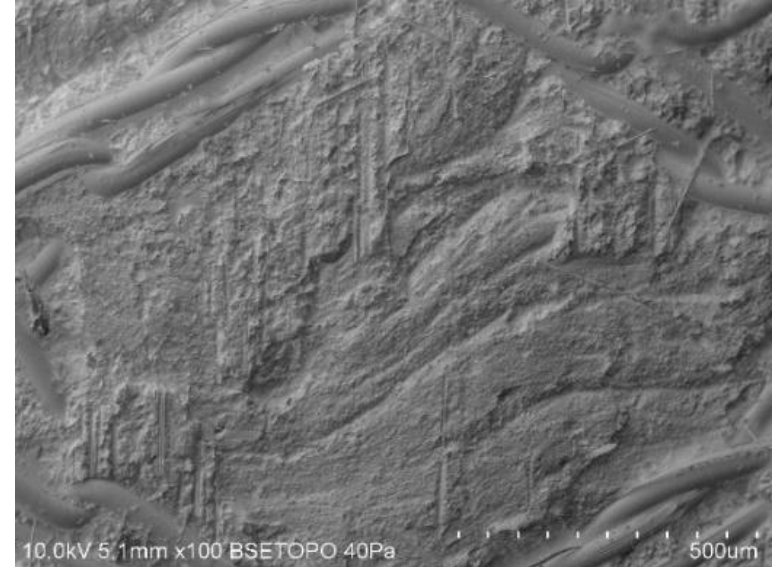
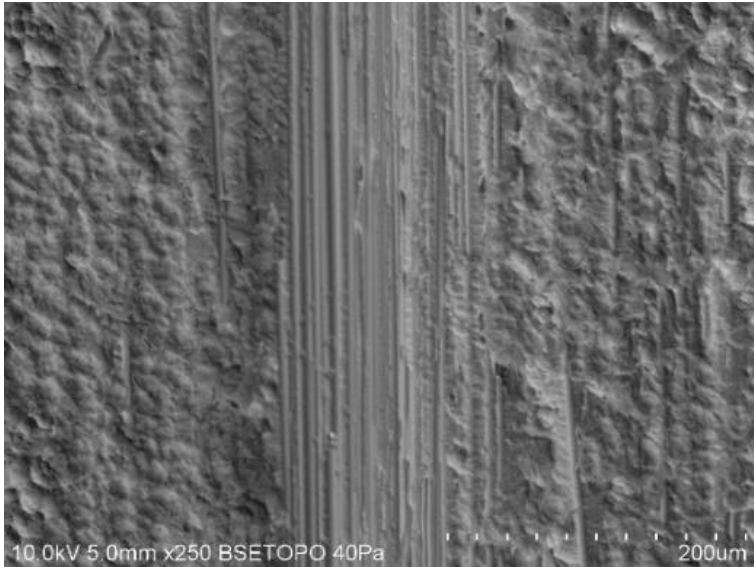
- Caracterización morfológica de una superficie



Superficie procesada tejido pelable

SEM - EDS

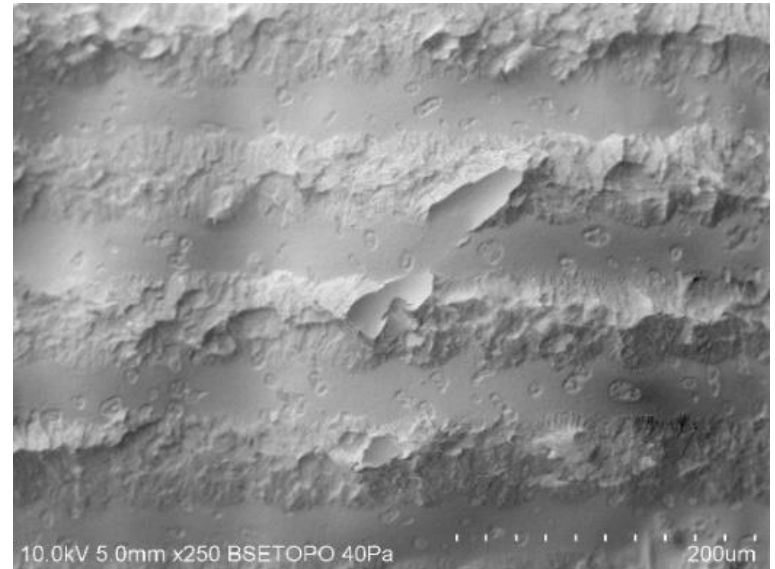
- Caracterización morfológica de una superficie



Identificación de modos de fallo tras GIC

SEM - EDS

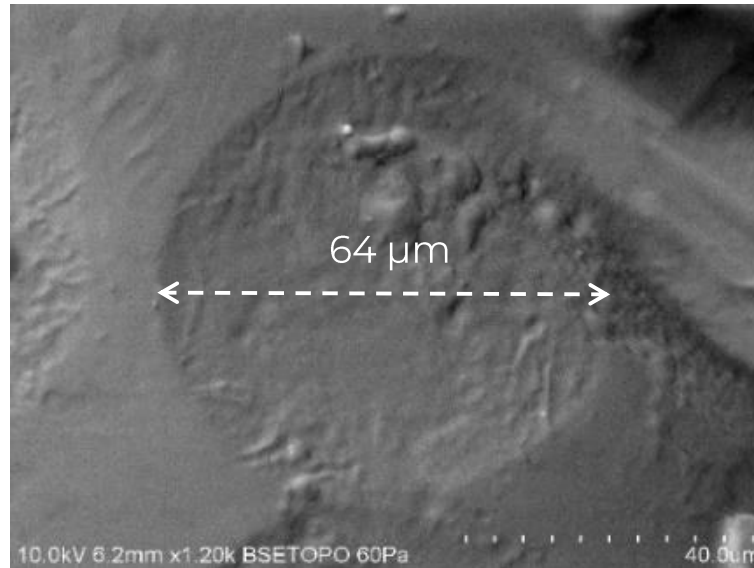
- Caracterización morfológica de una superficie



Identificación de modos de fallo tras GIC

SEM - EDS

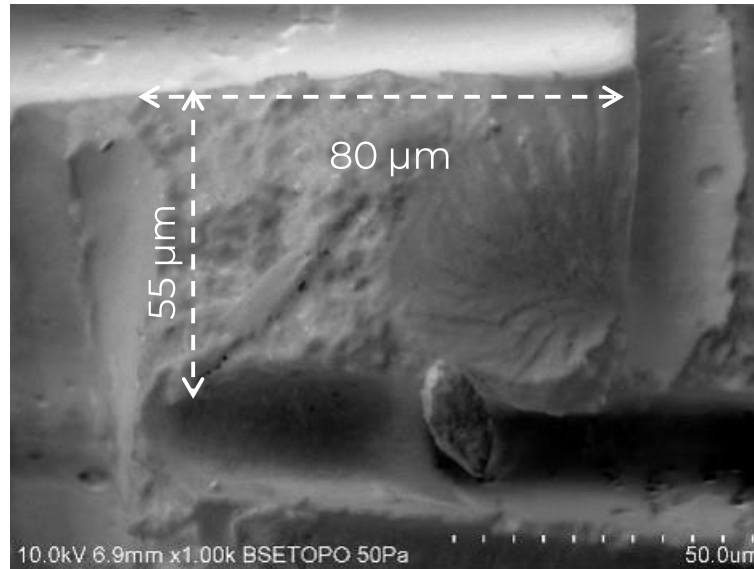
● Mediciones superficiales



Tamaño spot láser

SEM - EDS

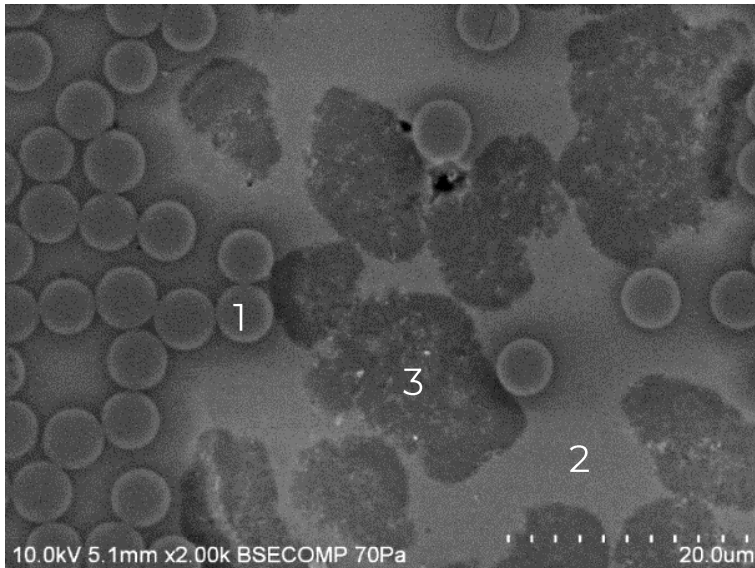
● Mediciones superficiales



Zona no procesada tejido pelable

SEM - EDS

● Análisis químico semi cuantitativo

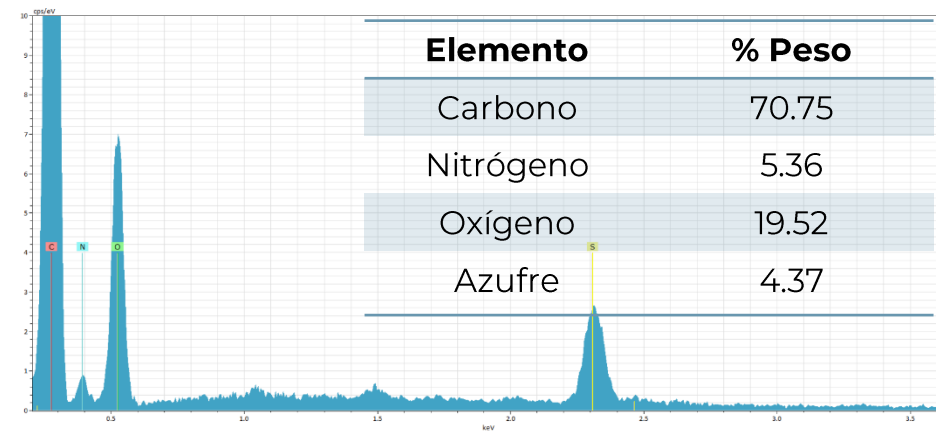
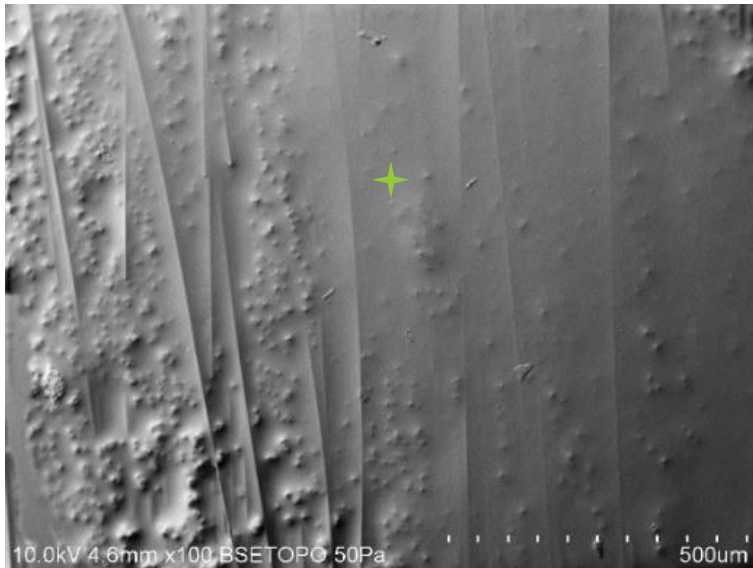


Punto	C	O	N	S	Si
1 (Fibra)	88,44	7,13	4,12	0,31	-
2 (Resina)	81,71	12,61	4,79	0,89	-
3 (Partícula)	82,98	11,02	5,32	0,34	0,34

Caracterización de componentes

SEM - EDS

● Análisis químico semi cuantitativo



Espectro puntual – Análisis semi cuantitativo

SEM - EDS

● Análisis químico semi cuantitativo

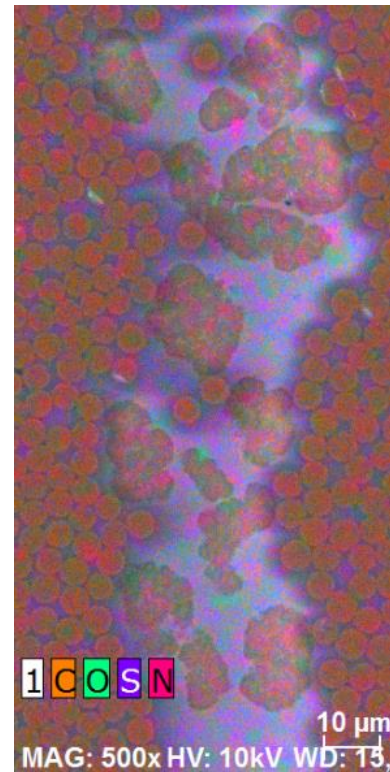
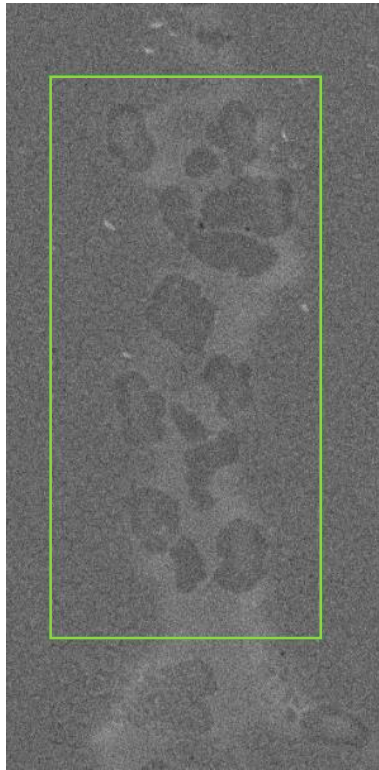


Punto	C	O	N	S
1 (Zona no marcada)	76,82	16,87	4,60	1,70
2 (Spot láser)	77,48	16,42	4,28	1,82

Zona procesada vs zona no procesada

SEM - EDS

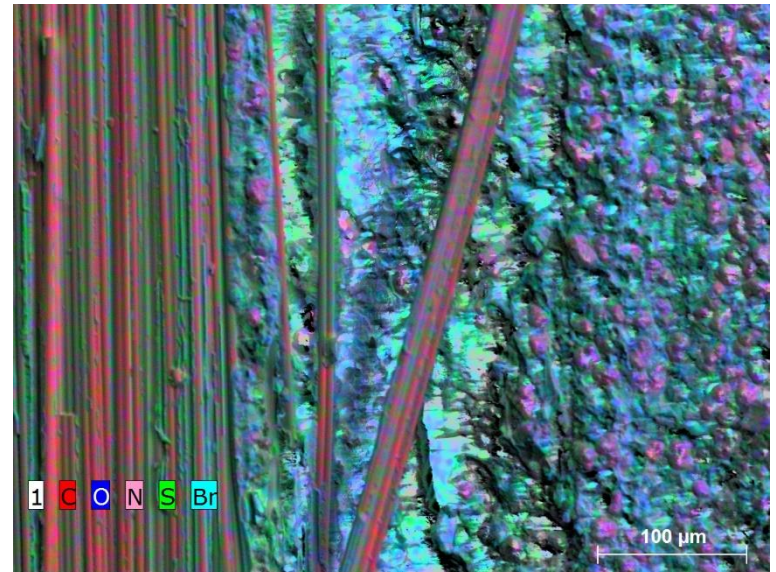
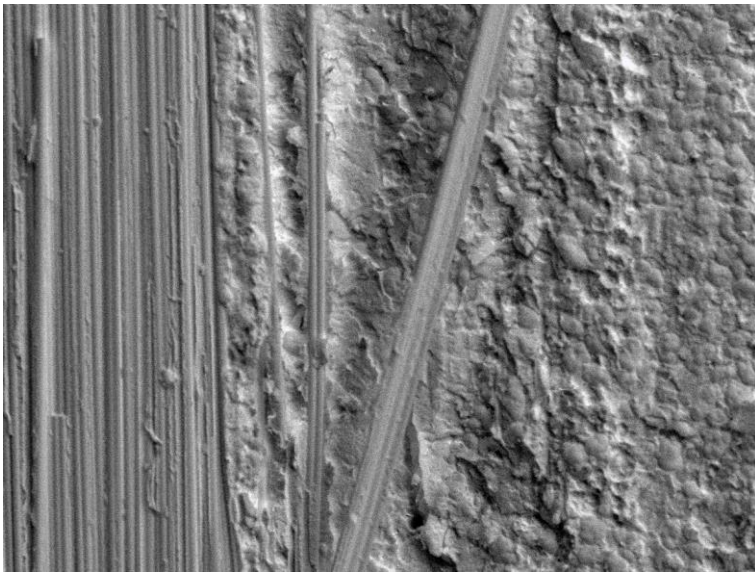
● Mapas EDS composicionales



Caracterización de componentes

SEM - EDS

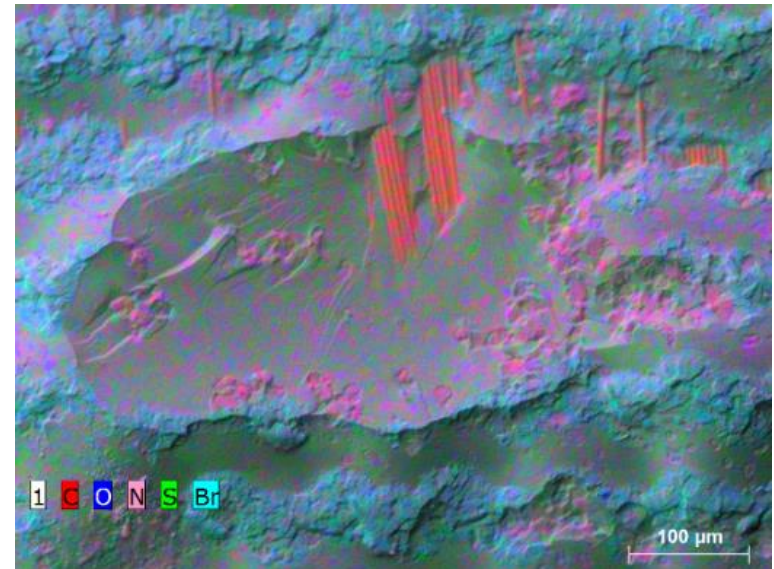
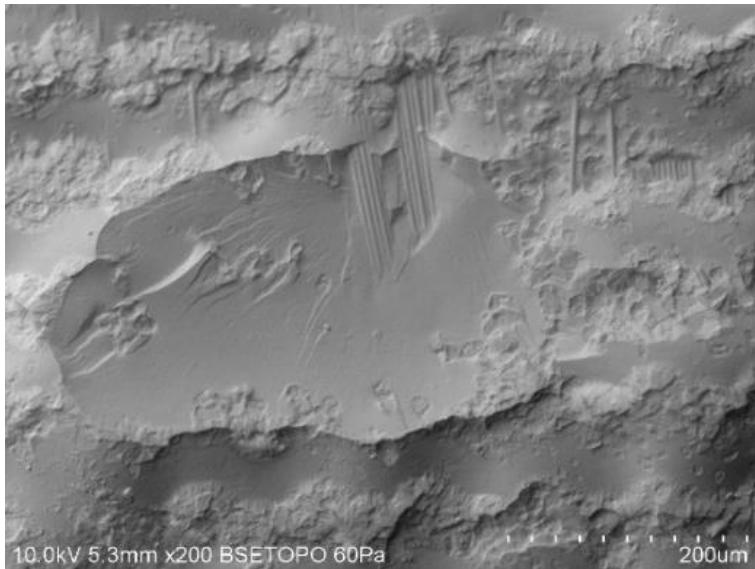
● Mapas EDS composicionales



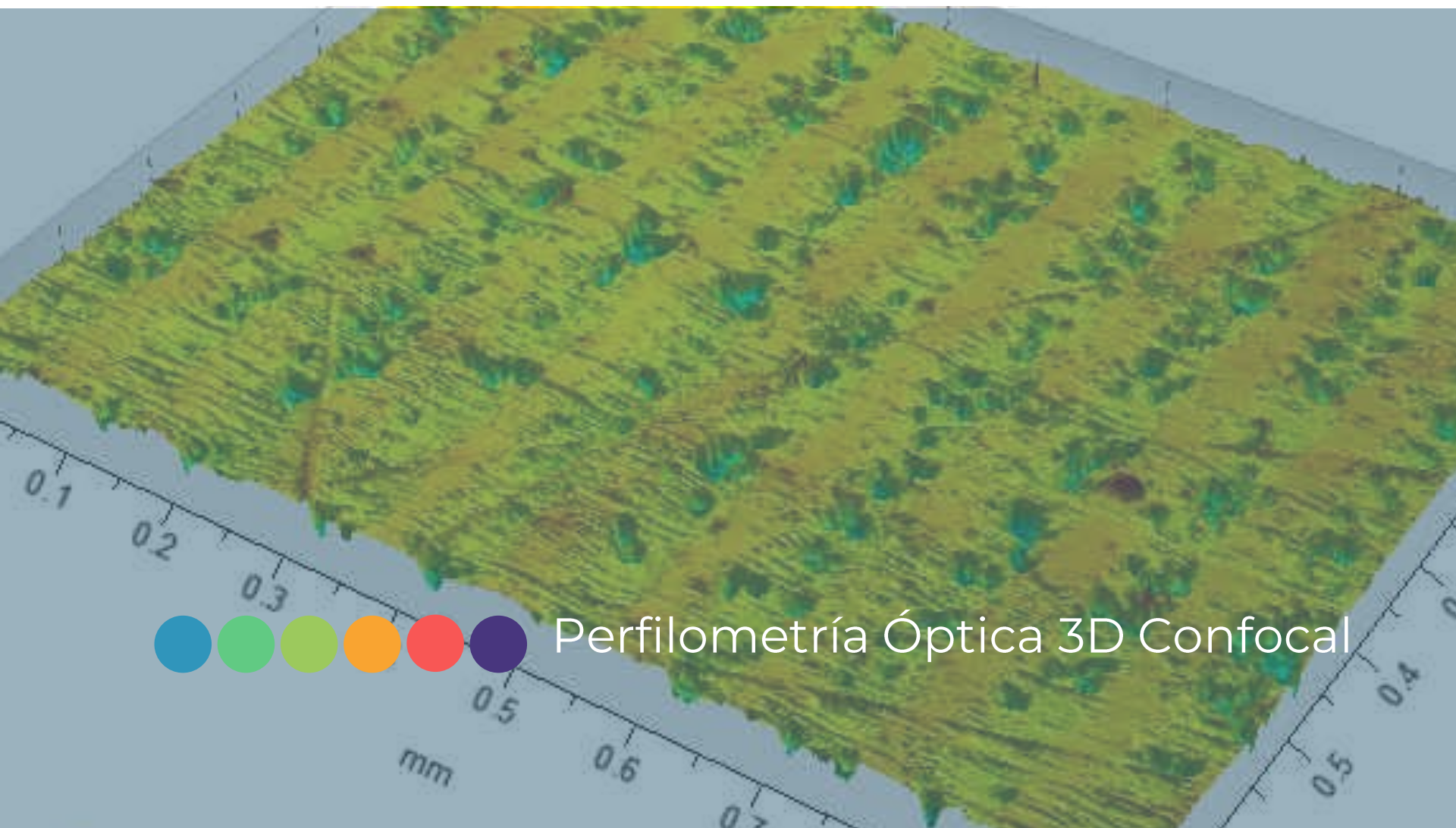
Identificación de modos de fallo tras GIC

SEM - EDS

● Mapas EDS composicionales

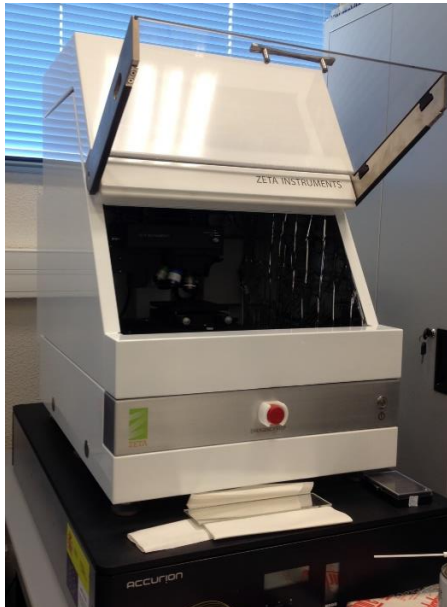


Identificación de modos de fallo tras GIC

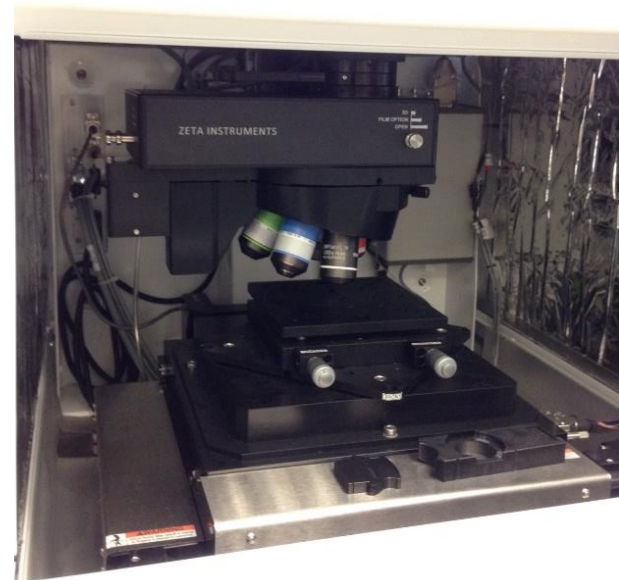


Perfilometría Óptica 3D Confocal

EQUIPO



Mesa robotizada 100x 100 mm



Diferentes objetivos

MODOS DE TRABAJO

- **Multifoco**
- Interferometría de luz blanca
- Interferometría de contraste Nomarski
- Interferometría shearing
- Medición de capa delgada
- Inspección óptica de defectología

RESULTADOS

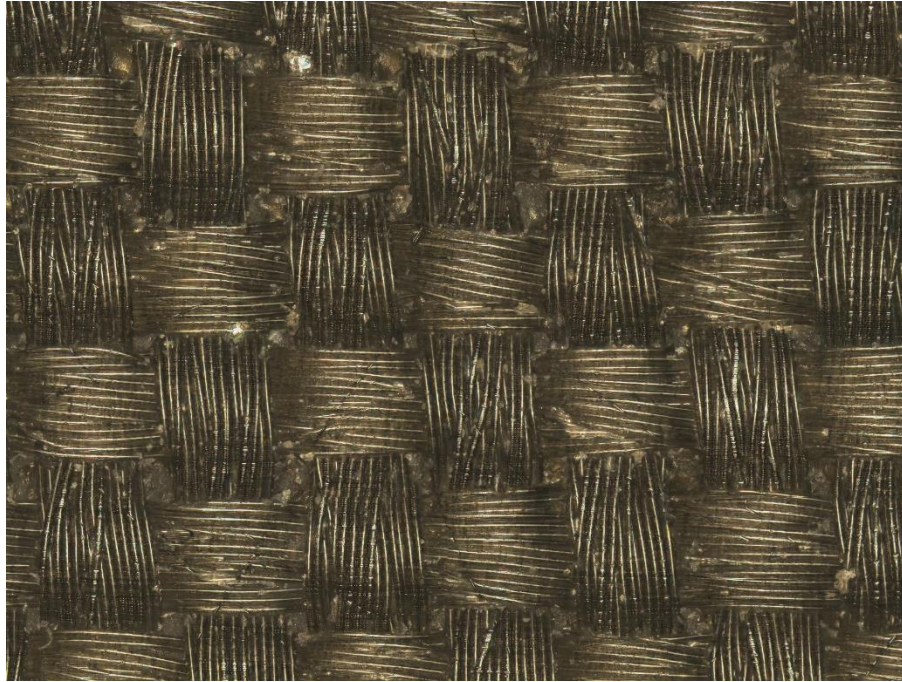
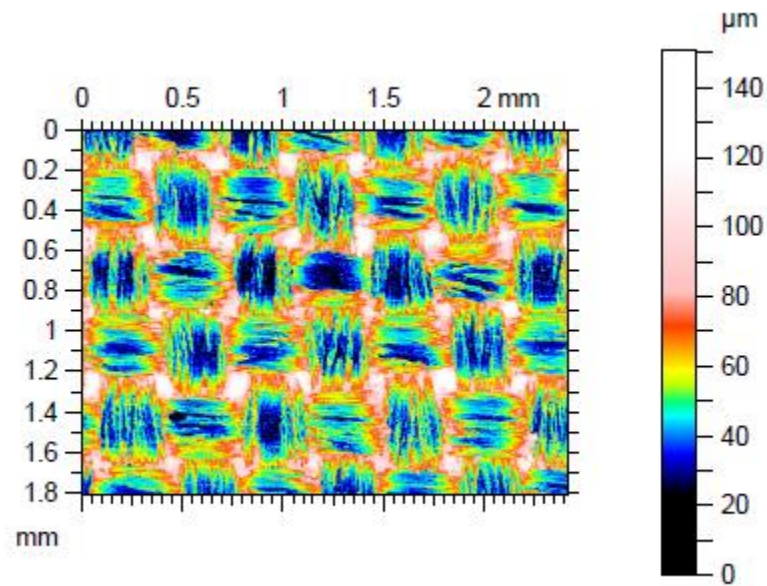


Imagen multifoco, 20X

RESULTADOS

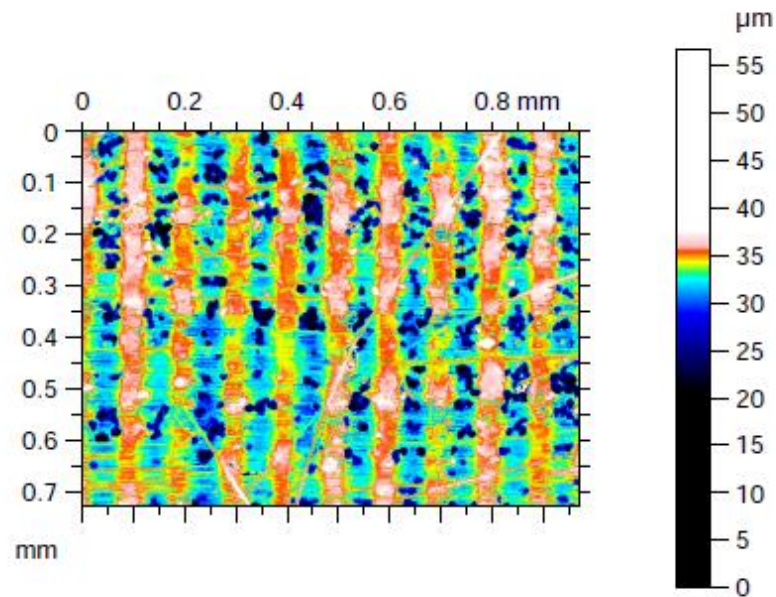
- Mapas de color de altura



Tejido pelable, 20X

RESULTADOS

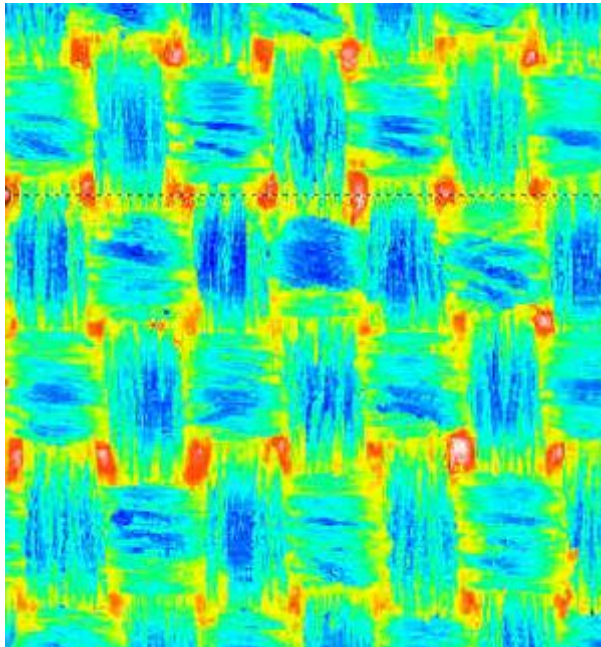
- Mapas de color de altura



Procesado láser, 50X

RESULTADOS

● Parámetros de rugosidad

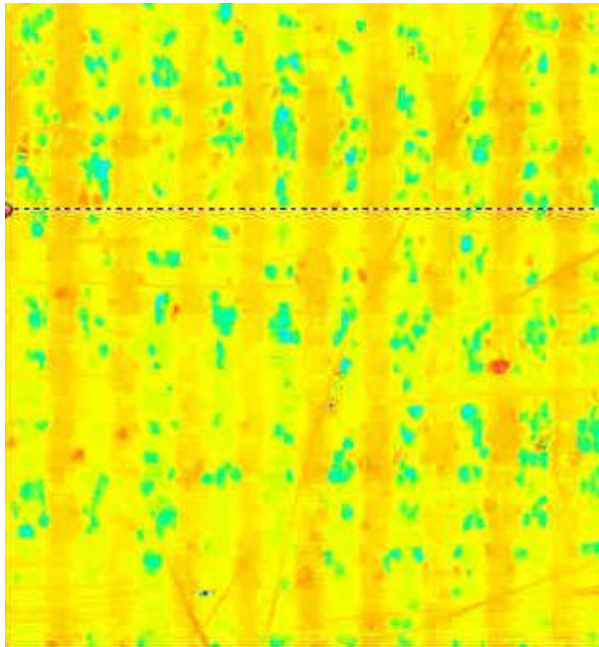


ISO 25178		
Parámetros de altura		
Sq	20.5	μm
Ssk	0.844	
Sku	3.78	
Sp	93.3	μm
Sv	57.6	μm
Sz	151	μm
Sa	16.0	μm

Tejido pelable, 20X

RESULTADOS

● Parámetros de rugosidad

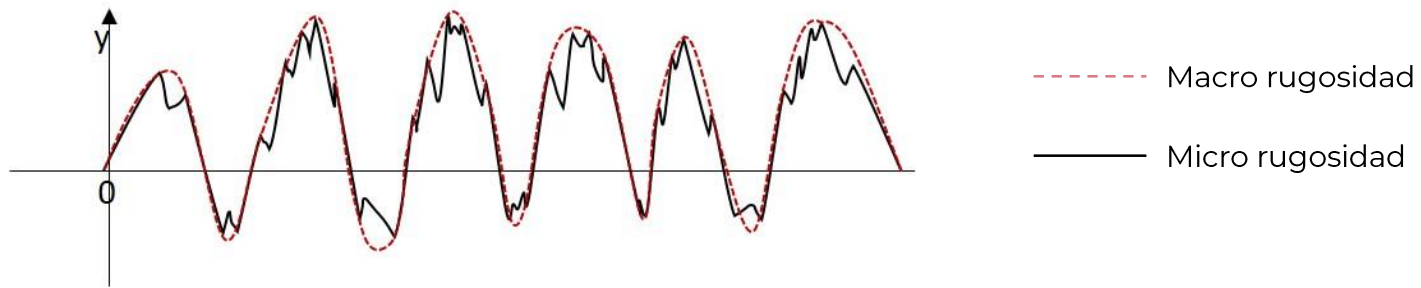


ISO 25178		
Parámetros de altura		
Sq	3.52	μm
Ssk	-1.81	
Sku	6.79	
Sp	23.7	μm
Sv	32.9	μm
Sz	56.7	μm
Sa	2.45	μm

Procesado láser, 50X

RESULTADOS

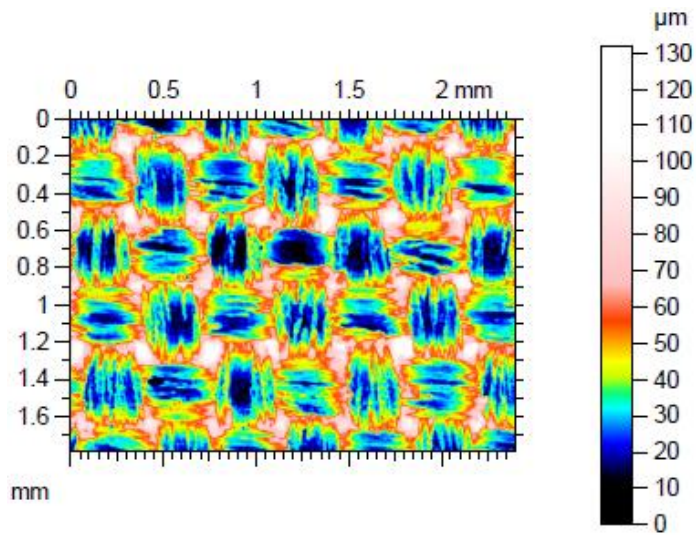
● Parámetros de rugosidad



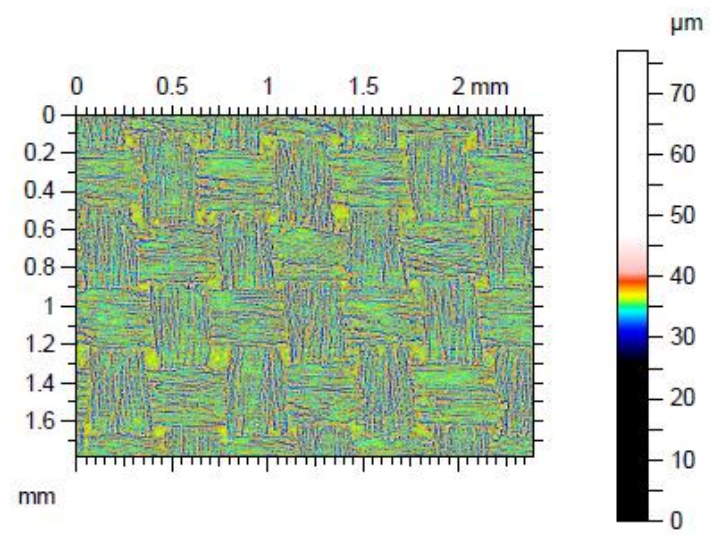
Aplicación de filtros gaussianos

RESULTADOS

● Parámetros de macro rugosidad



Macro rugosidad

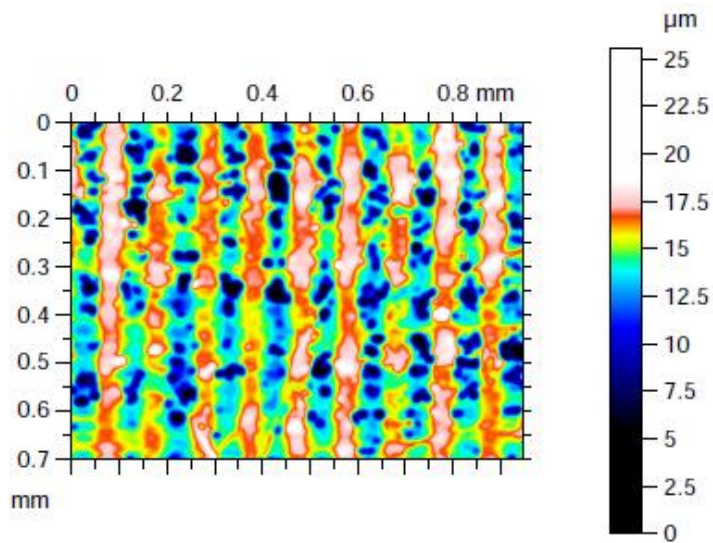


Micro rugosidad

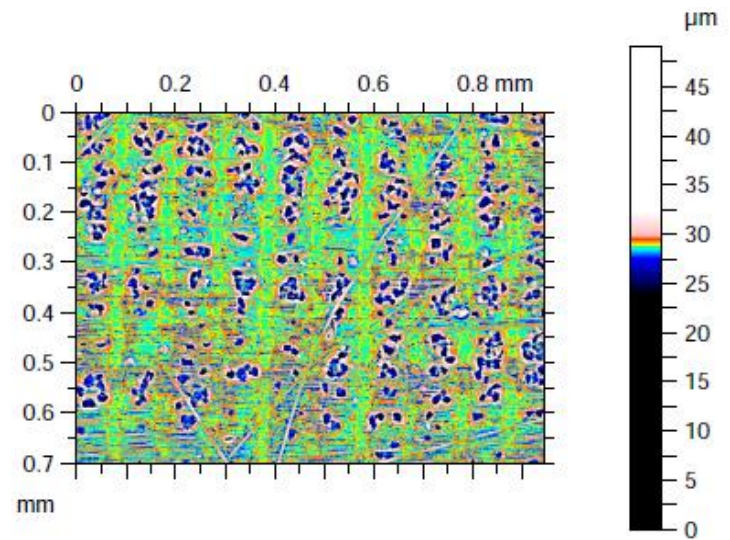
Tejido pelable, 20X

RESULTADOS

● Parámetros de macro rugosidad



Macro rugosidad



Micro rugosidad

Procesado láser, 50X

RESULTADOS

● Parámetros superficiales híbridos

Parámetros	Definición	Información
S_z	Rugosidad media	Diferencia entre picos y valles
S_{dr}	Área entre caras desarrolladas	Superficie disponible para la unión
S_{ds}	Densidad de picos	Número de picos por unidad de área

RESULTADOS

● Parámetros superficiales híbridos

Tratamiento	S_z (μm)	S_{dr} (%)	S_{ds} (mm^{-2})
Sin tratar	44,6	15,3	78018
Tejido pelable	117	372	40342
Láser	56,7	55,6	80574

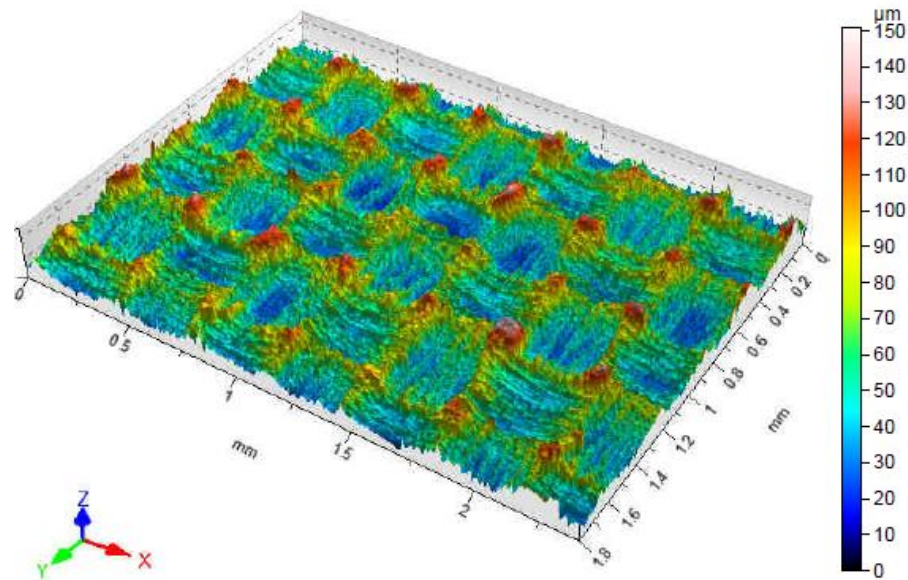
RESULTADOS

● Parámetros superficiales híbridos

Tratamiento	S_z (μm)	S_{dr} (%)	S_{ds} (mm^{-2})
Sin tratar	44,6	15,3	78018
Tejido pelable	117	372	40342
Láser	56,7	55,6	80574

RESULTADOS

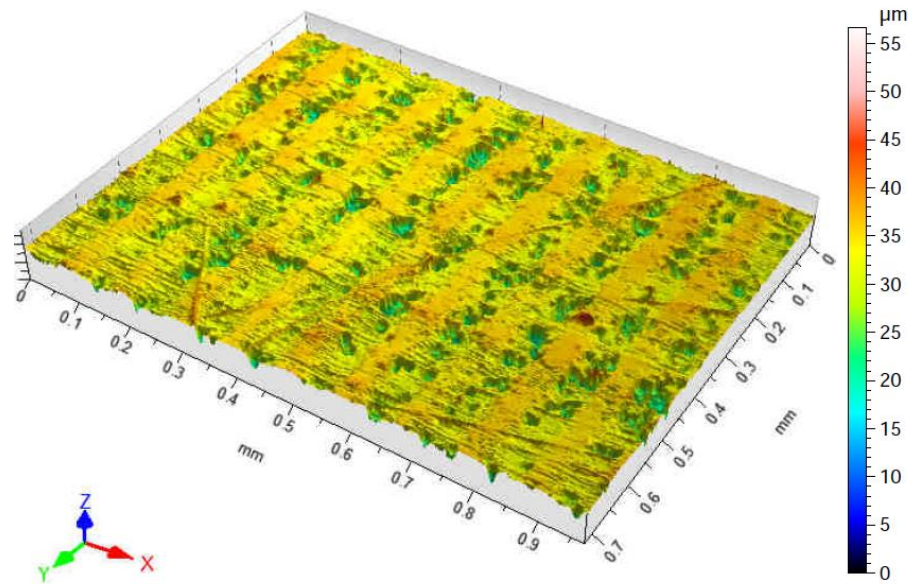
● Mapas superficiales 3D



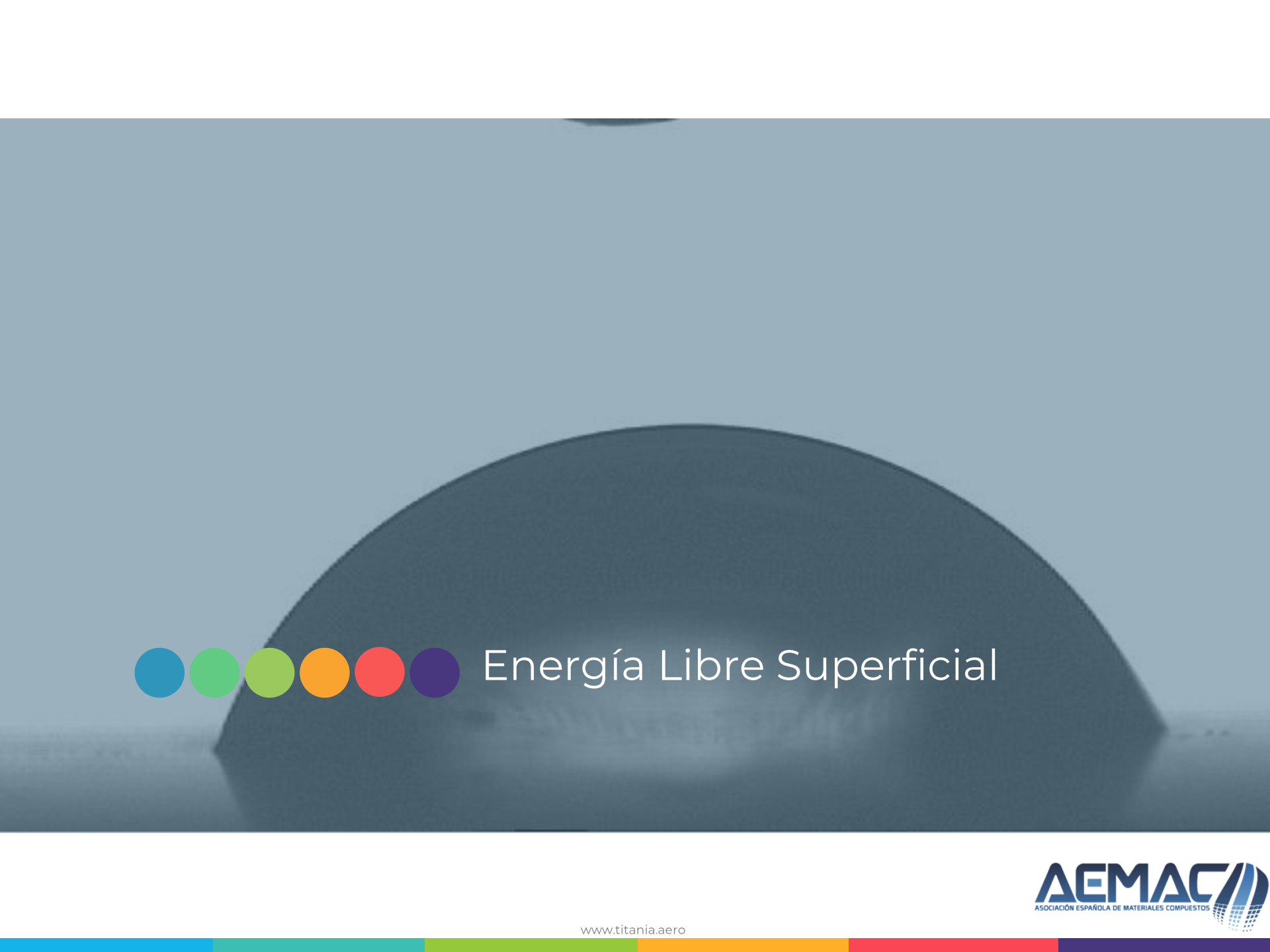
Tejido pelable, 20X

RESULTADOS

● Mapas superficiales 3D

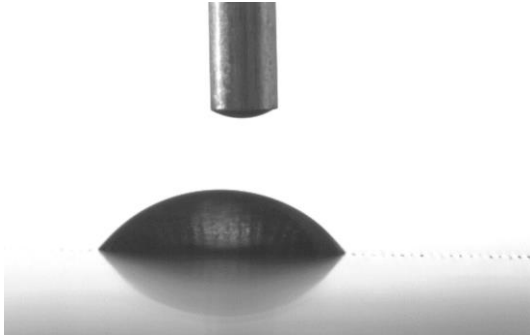


Procesado láser, 50X

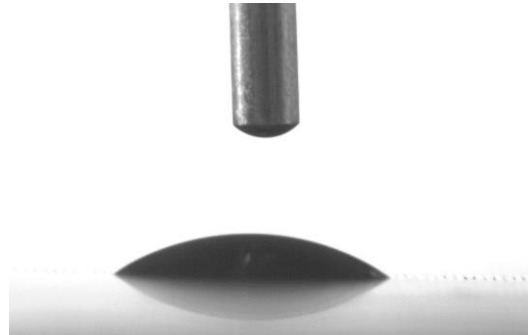


Energía Libre Superficial

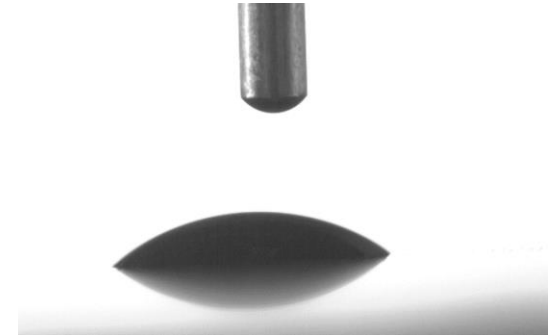
METODOLOGÍA



Agua destilada



Etilenglicol

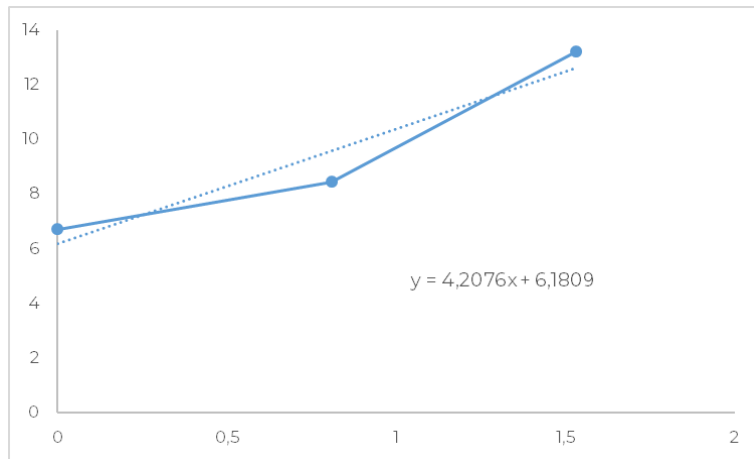


Diyodometano

Líquido	γ_{lv}	γ_{lv}^p	γ_{lv}^d	θ_{medido}	$\theta_{radianes}$	$\cos \theta_{radianes}$	x	y
Agua	72,8	51	21,8	46	0,8028515	0,6946584	1,5295259	13,211596
Etilenglicol	48	19	29	26	0,4537856	0,898794	0,8094272	8,4623329
Diyodometano	50,8	0	50,8	28	0,4886922	0,8829476	0	6,7102715

Método OWRK

METODOLOGÍA



m	b	γ_{sv}^p	γ_{sv}^d	γ_{sv}
4,2076	6,1809	17,703898	38,203525	55,91

Método OWRK

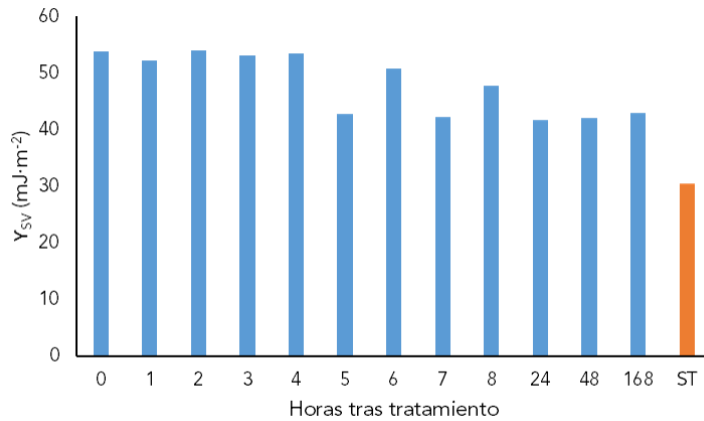
RESULTADOS

Tratamiento	γ_{sv}^p	γ_{sv}^d	γ_{sv}
Sin tratar	0.92	29.51	44,13
Tejido pelable	0.40	53.37	53,77
Láser	17.70	38.20	55,91

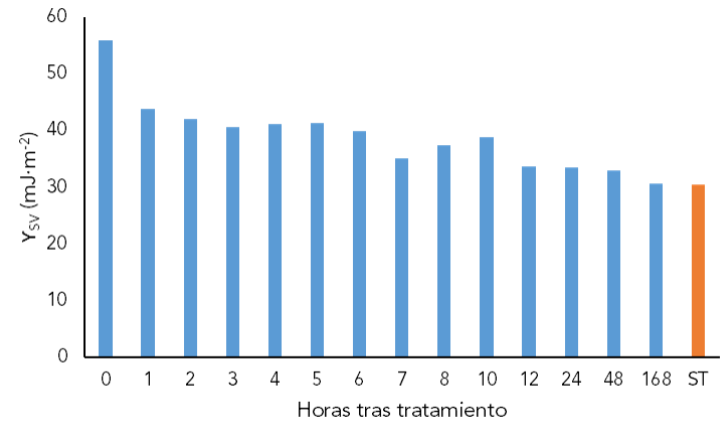
RESULTADOS

Tratamiento	γ_{sv}^p	γ_{sv}^d	γ_{sv}
Sin tratar	0.92	29.51	44,13
Tejido pelable	0.40	53.37	53,77
Láser	17.70	38.20	55,91

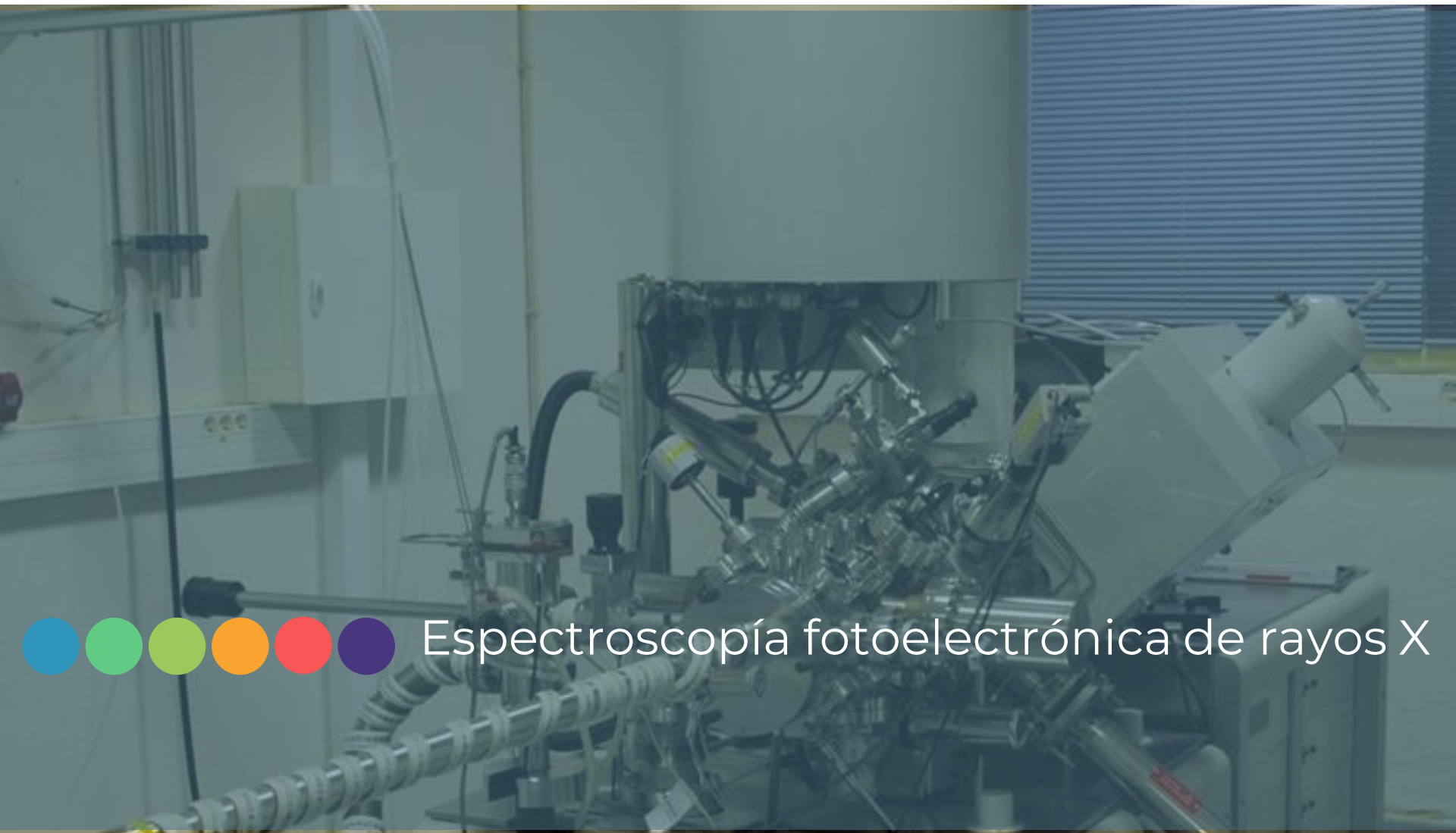
TIEMPO DE VIDA ÚTIL



Tejido pelable



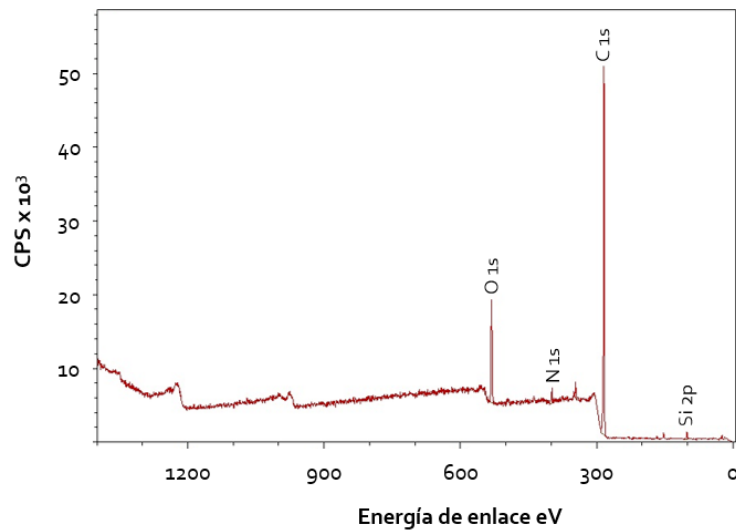
Procesado láser



Espectroscopía fotoelectrónica de rayos X

XPS

● Espectros “Survey”



Señal	% Atómico
C 1s	86.25
O 1s	11.06
N 1s	1.24
Si 2p	1.44

Material preimpregnado fresco

XPS

● Espectros “Survey”

Tratamiento	C 1s	O 1s	N 1s	F 1s	S 2p	Si 2p	Br 3d
Sin tratar	65.34	23.27	0.88	8.41	-	2.10	-
Tejido pelable	77.90	18.90	1.84	-	-	0.51	0.85
Láser	83.58	12.28	2.12	1.35	0.67	-	-

Análisis composicional cuantitativo (% atómicos)

XPS

● Espectros “Survey”

Tratamiento	C 1s	O 1s	N 1s	F 1s	S 2p	Si 2p	Br 3d
Sin tratar	65.34	23.27	0.88	8.41	-	2.10	-
Tejido pelable	77.90	18.90	1.84	-	-	0.51	0.85
Láser	83.58	12.28	2.12	1.35	0.67	-	-

Efecto limpiador

XPS

● Espectros “Survey”

Tratamiento	C 1s	O 1s	N 1s	F 1s	S 2p	Si 2p	Br 3d
Sin tratar	65.34	23.27	0.88	8.41	-	2.10	-
Tejido pelable	77.90	18.90	1.84	-	-	0.51	0.85
Láser	83.58	12.28	2.12	1.35	0.67	-	-

Transferencia de Br

XPS

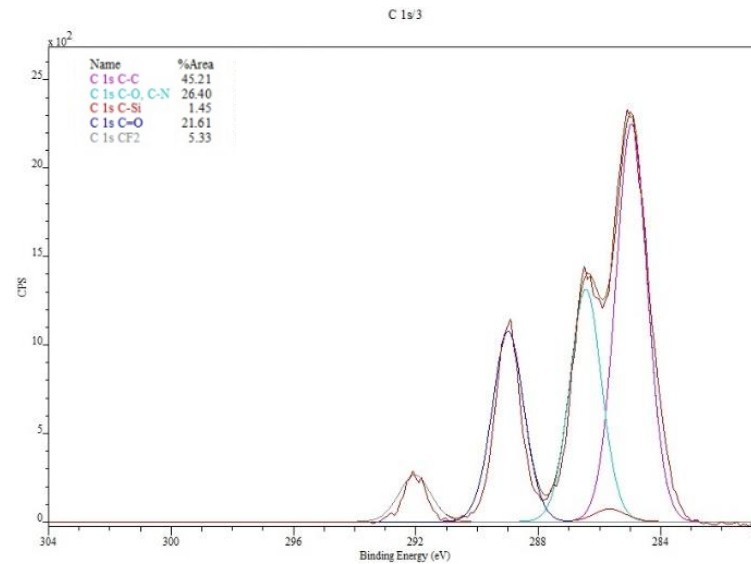
● Espectros “Survey”

Tratamiento	C 1s	O 1s	N 1s	F 1s	S 2p	Si 2p	Br 3d
Sin tratar	65.34	23.27	0.88	8.41	-	2.10	-
Tejido pelable	77.90	18.90	1.84	-	-	0.51	0.85
Láser	83.58	12.28	2.12	1.35	0.67	-	-

Eliminación de capa superficial

XPS

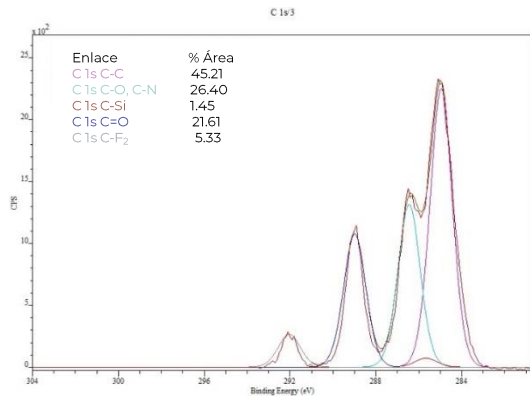
● Espectros de alta resolución



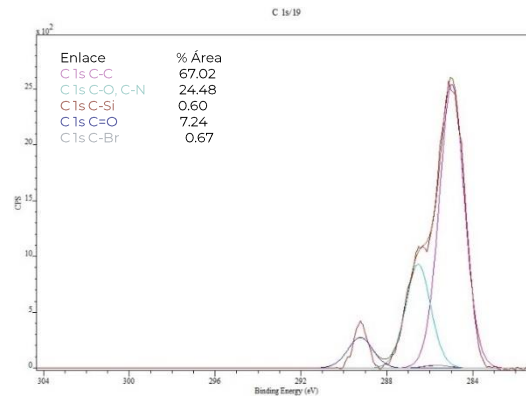
Material sin tratar

XPS

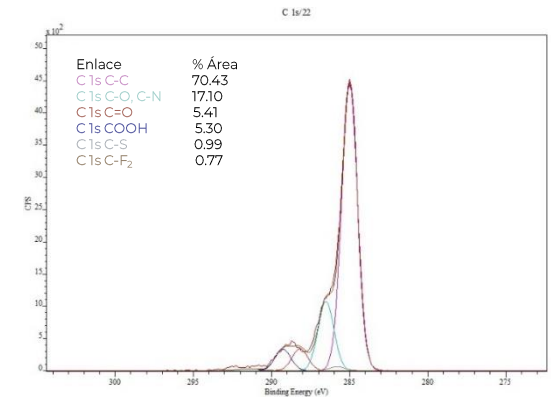
● Espectros de alta resolución



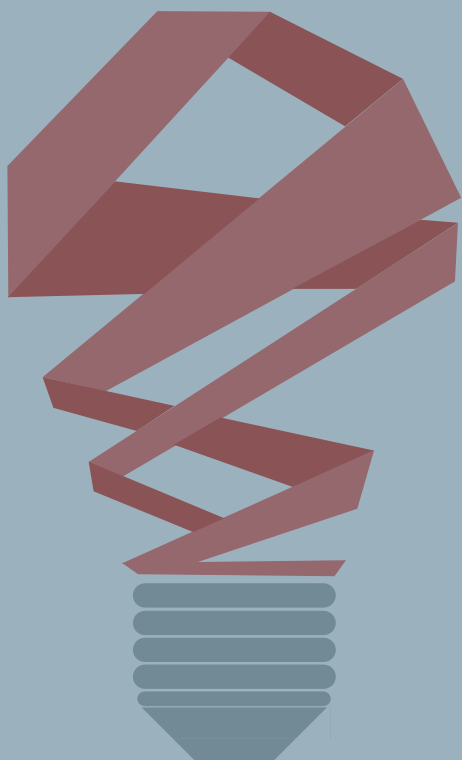
Sin tratar



Tejido pelable



Láser

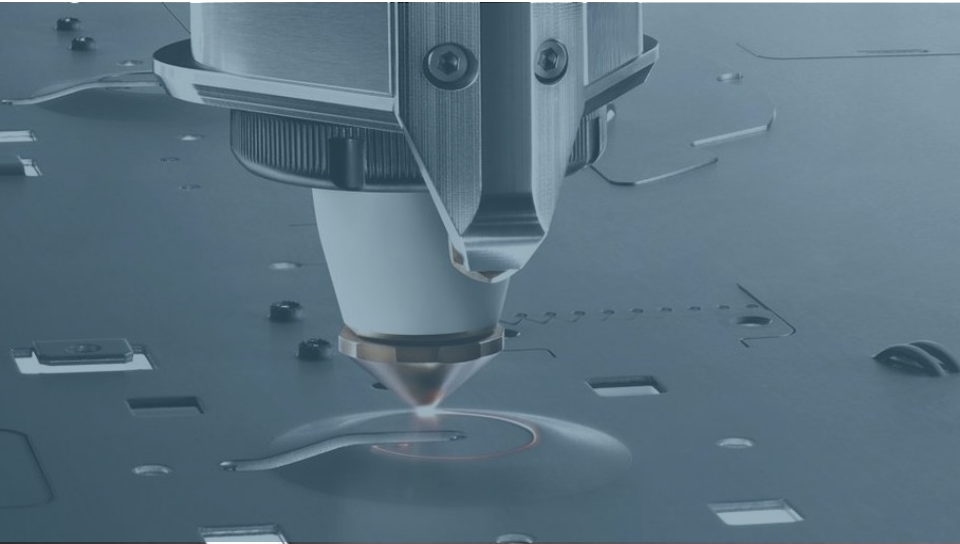


Conclusiones

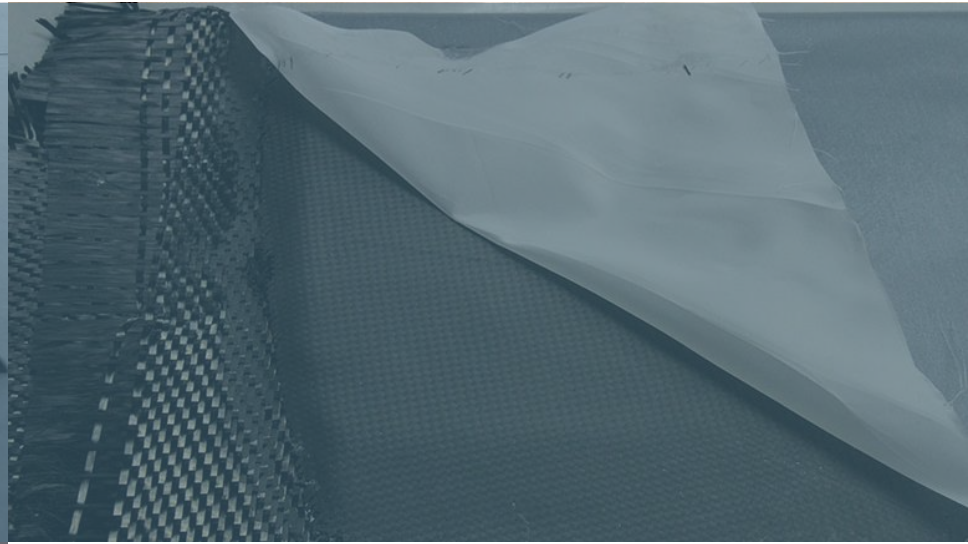
CONCLUSIONES

- Definición del patrón de marcado sin aparición de daño térmico
- Mayor área desarrollada (S_{dr}) por el tejido pelable que por el procesado láser
- Valores de energía libre superficial (γ_{sv}) comparables para tejido pelable y procesado láser
- Incremento de γ_{sv} del tejido pelable determinado por componente dispersiva y por componente polar para procesado láser
- Efecto limpiador de tratamientos superficiales
- Procesado láser introduce nuevos grupos polares y elimina una capa de resina superficial

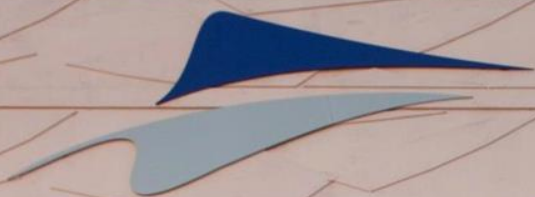
TRATAMIENTO SUPERFICIAL



Mecanismo de adhesión por adsorción



Mecanismo de adhesión por anclaje mecánico



titania

