



# ASPECTOS METODOLÓGICOS Y PROFESIONALES EN TORNO A LA CONSERVACIÓN DE ARQUITECTURA LIGNARIA Y PASOS PROCESIONALES “Estudios analíticos no destructivos”.

PILAR ORTIZ

María Auxiliadora Gómez-Morón, Rocío Ortiz, Francesco Colao, Roberta Fantoni, José Luis Gómez Villa, José María Martín, María Auxiliadora Vázquez

*Andalusian Institute of Cultural Heritage, Avda de los Descubrimientos S/N, Seville, Spain*

*University Pablo de Olavide, Department of Physical, Chemical and Natural Systems, Utrera Rd. Km 1, 41013, Seville, Spain*

*ENEA, Technical Unit Development of Applications of Radiations, Via E.Fermi 45, 00044 Frascati, Roma, Italy*

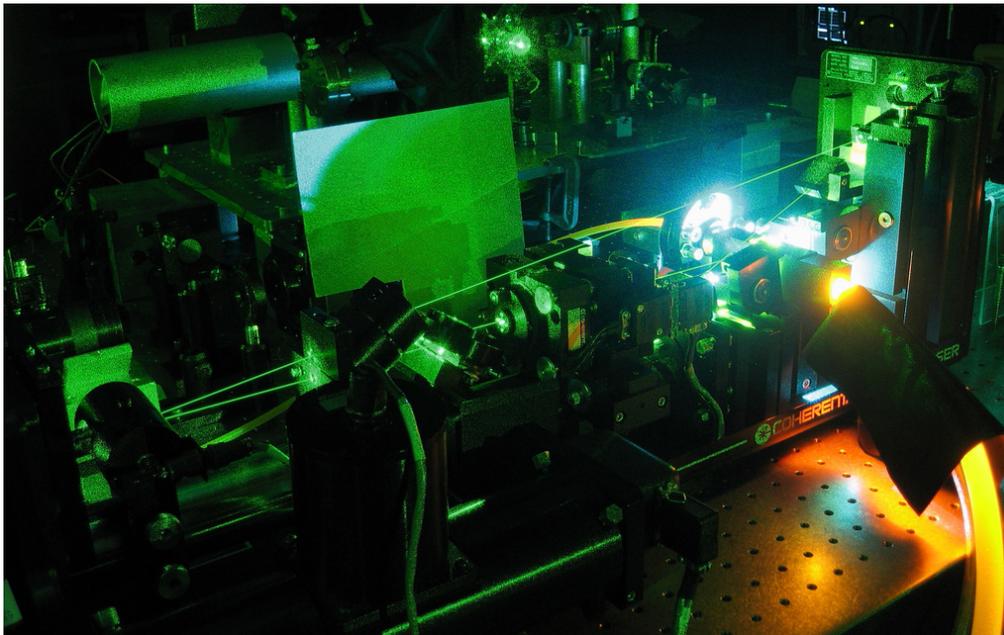
*University of Seville, Department of Crystallography, Mineralogy and Q.A., C/Profesor García González, S/N, Seville, Spain*

1. Escaneado de las cartelas principales mediante LIF
2. Obtención de la imagen RGB de las cartelas principales y tratamiento de las imágenes
3. Desarrollo de script en MATLAB para el tratamiento de las imágenes hiperespectrales.
4. Análisis de componentes principales (PCA) para evaluar longitudes de onda características de la obra
5. Estudio de zonas de especial fluorescencia.
6. Modelos de policromías y análisis mediante SAM para evaluar similitudes espectrales
7. Desarrollo de mapas de diagnóstico LIF

## Láser

Son las siglas correspondientes a “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, **Amplificación de Luz mediante Emisión Estimulada de Radiación.**

El concepto láser se refiere a cualquier dispositivo que utiliza la emisión inducida o estimulada para generar un haz de luz coherente de un medio adecuado y con el tamaño, la forma y la pureza controlados.



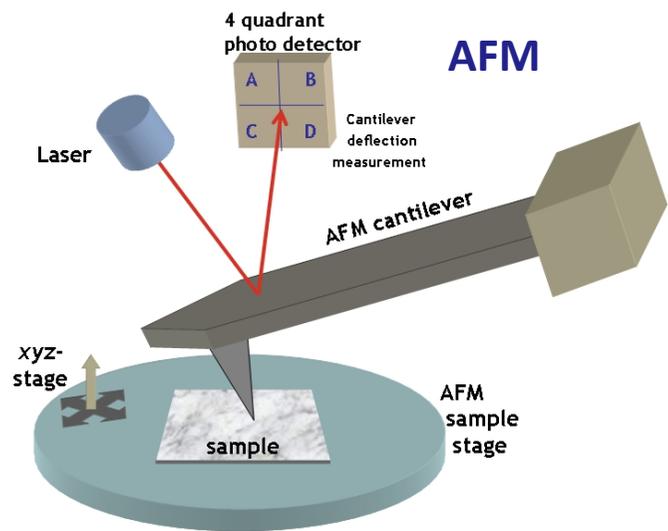
Primera aplicación desde el punto de vista industrial: **Realización de soldaduras de los elementos de chapa en la fabricación de vehículos.**

¿Cuántas veces te cruzas con un rayo láser a lo largo del día?

El uso de las Técnicas Láser está muy extendido en aplicaciones:

- Biomédicas
- Ambientales
- Materiales

Patrimonio Histórico



**AFM**

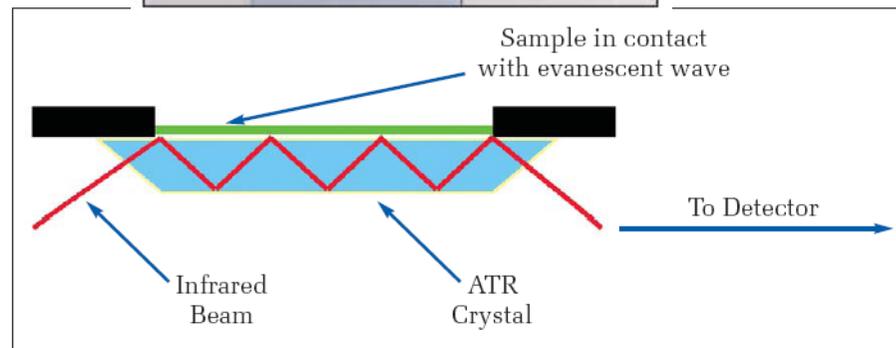
### Analizadores de Tamaño de Partículas



Difracción Láser: Low Angle Laser Light Scattering” (LALLS)



**IR ATR**



**¿Nos rodean los láseres en el laboratorio?**

# TND-Láseres-Aplicaciones en PH

- Análisis de la identidad
- Estudio de la tecnología
- Evolución histórica de las obras
- Evaluación del estado de conservación
- Levantamiento de mapas
- Reconstrucciones en tres dimensiones
- Contribuir a su protección y puesta en valor



# TIPOS DE LÁSER

## Láser de Estado sólido

Rubí

Nd YAG

Er YAG

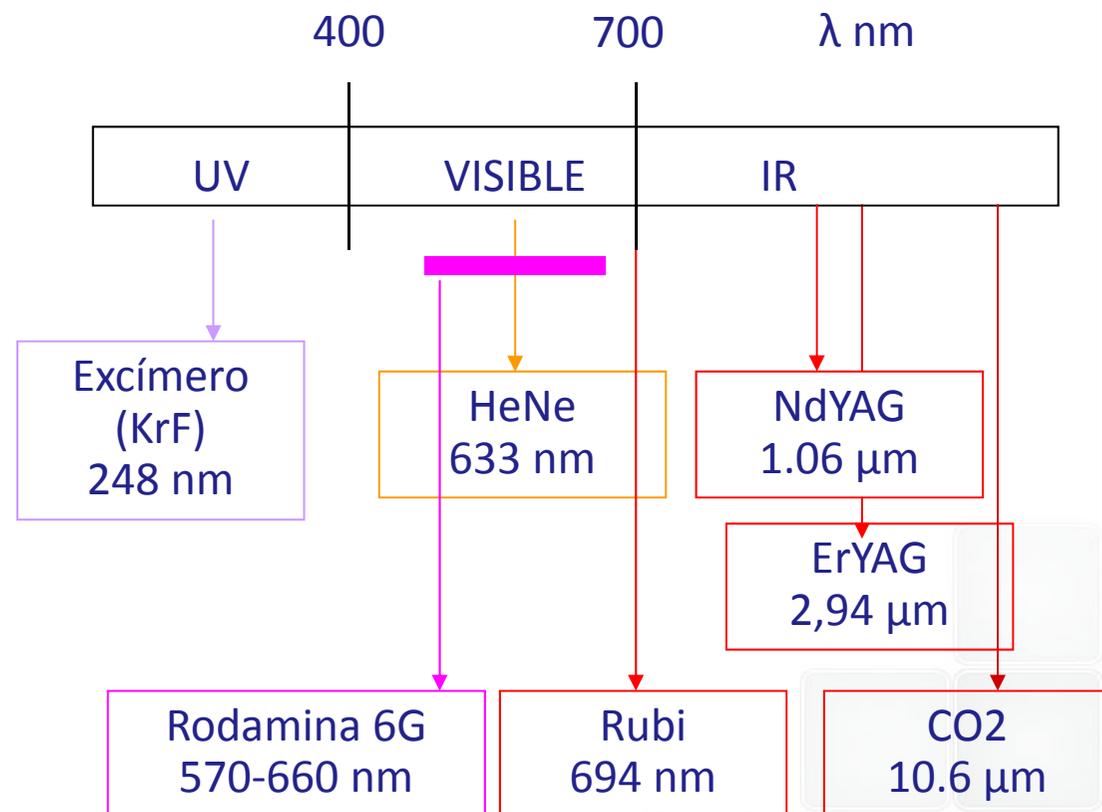
## Láser de Gas

He-Ne

CO<sub>2</sub>

Excímero

## Láser de Colorante

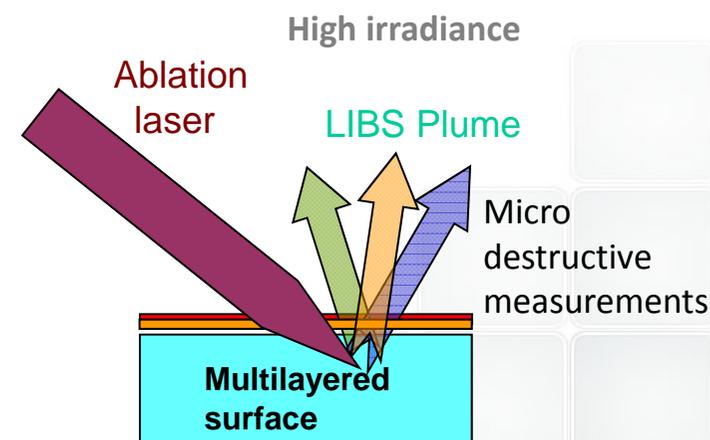
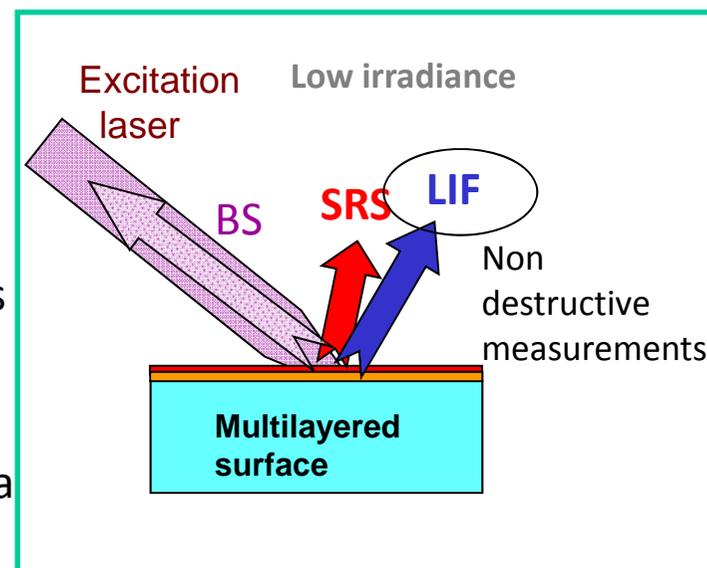


## Fundamentos de la interacción laser

- Back Scattering (**BS**) – A la misma longitud de onda que irradianos
- Laser induce Fluorescence (**LIF**) A longitudes de onda más grande que la de entrada, con los cambios relacionados con las diferencias de energía entre los estados electrónicos,
- Stokes Raman Scattering (**SRS**) A longitudes de onda más grande que la de entrante, relacionada con cambios en los modos de vibración en las especies en la superficie;
- Laser Induced Breakdown (**LIBS**) con la emisión atómica de plasma generado en la superficie, durante un proceso de ablación / ionización que ocurre por encima del umbral ( $\sim 1 \text{ GW / cm}^2$ ).

Ablation threshold

Laser irradiance



## Aplicaciones LIF

- Identificación de repintes y restauraciones anteriores
  - Diferenciar blanco de plomo, zinc y titanio sin necesidad de toma de muestra.
- Productos de restauración que posean la propiedad de fluorescencia
  - Aplicaciones en compuestos orgánicos
- Detección de humedades y ataques biológicos como microalgas y hongos



# Ventajas e Inconvenientes

+

- Genera información composicional, y no elemental como LIBS, SEM-EDS, FRX
- No necesita preparación de muestra
- Se puede trabajar in-situ hasta varios metros de distancia dependiendo de las características y configuración del equipo
- Tiempo de análisis relativamente corto
- Carácter no Invasivo
- Versatilidad de análisis (Orgánicos e Inorgánicos)
- Alta sensibilidad y especificidad

-

- Necesita que existan compuestos fluorescentes en la muestra para aplicar este tipo de estudio
- Problemas de interferencias
- Necesidad de equipos experimentados en la interpretación de datos
- No existen bases de datos

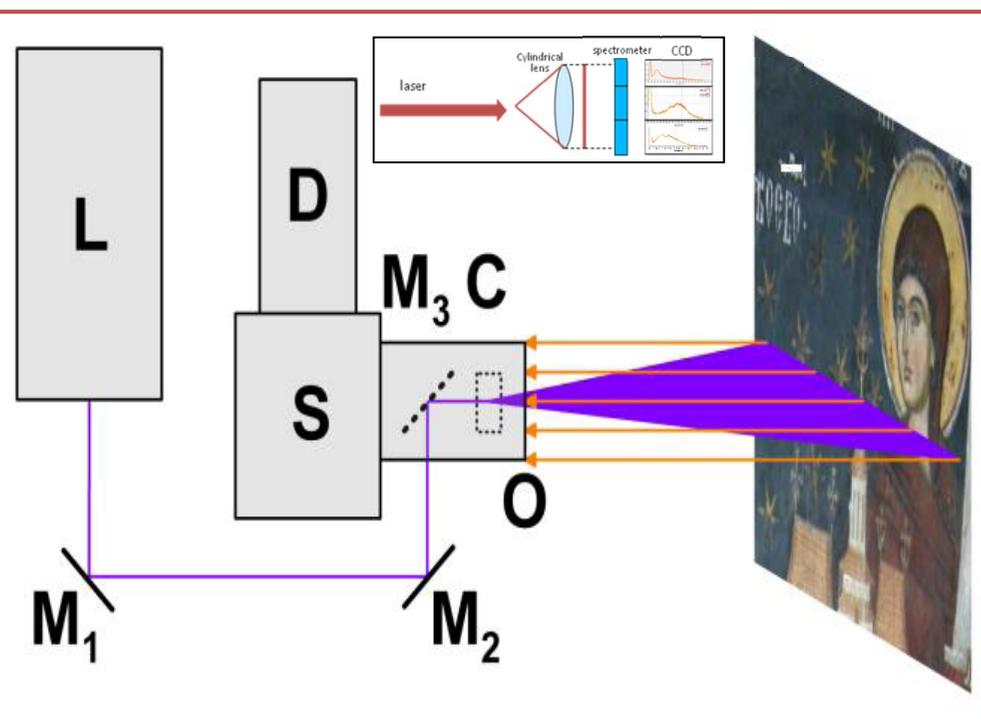




LIF line scanning - ENEA patent

### Obtener imágenes (2D) analíticas de superficies

- Rápido
- No invasivo
- Trabajar en remoto (más de 25 m)
- Sensitivo y selectivo
- Se puede combinar con estudios estadísticos de la superficie y análisis digital de imagen



## LIF SCAN- Ventajas

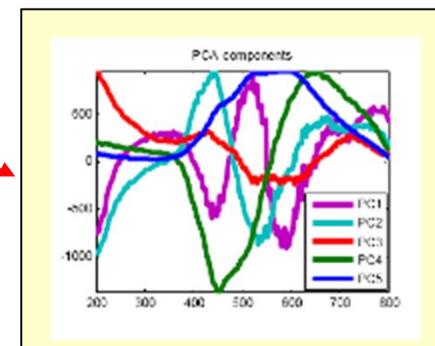
- Rápido
- No invasivo
- Trabajar en remoto (más de 25 m)
- Sensitivo y selectivo



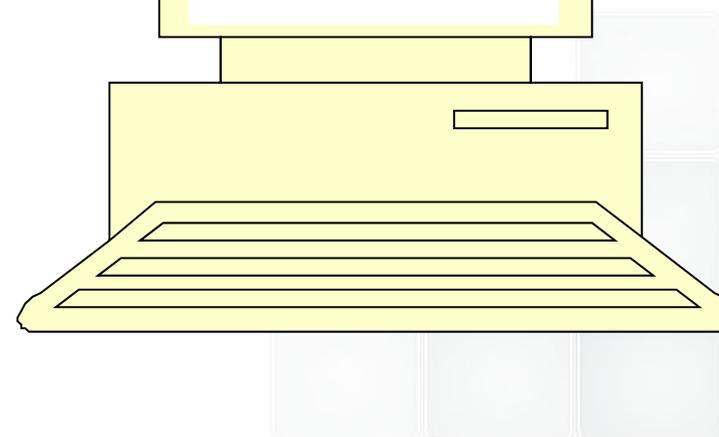
# LIF



- LIF datos
- Imagen de Reflectancia (RGB )
- PCA
- Análisis Digital de Imagen

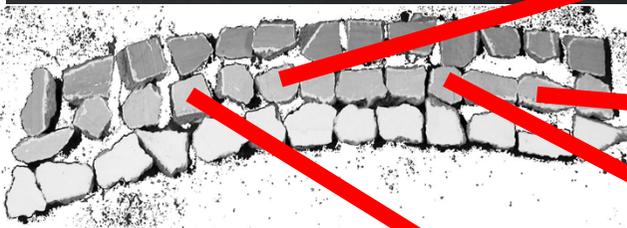


Reflectancia / colorimetría, y en general todas las técnicas espectroscópicas no invasivas, permiten obtener información sobre capas más internas sólo cuando los más exteriores son transparentes tanto para el haz láser como la radiación emitida.



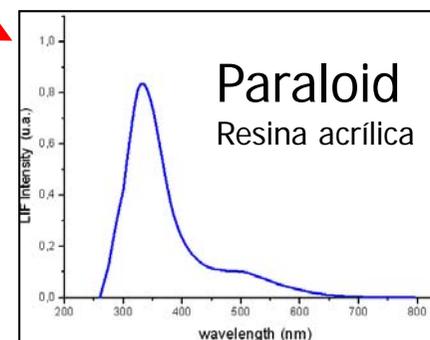
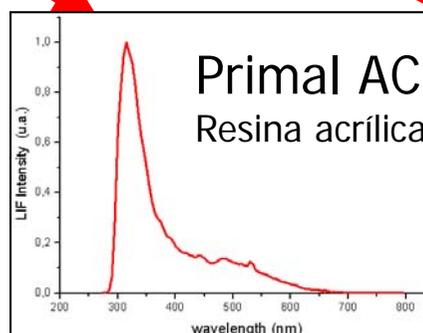
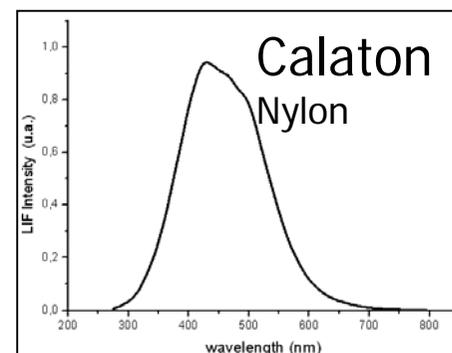
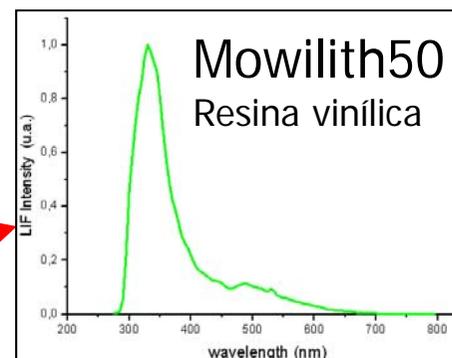
Las resinas sintéticas se han desarrollado en el siglo XX. Su uso generalizado en la restauración se remonta a la segunda mitad del siglo XX. Su presencia es un testimonio de (no siempre certificadas) restauraciones recientes.

$\lambda_{ex} = 266\text{nm}$



yeso en ladrillo + pigmentos + consolidantes

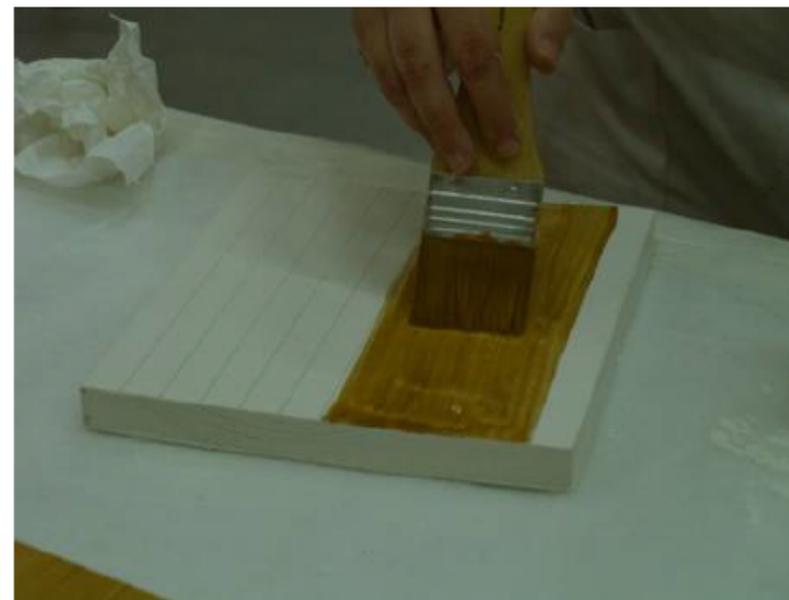
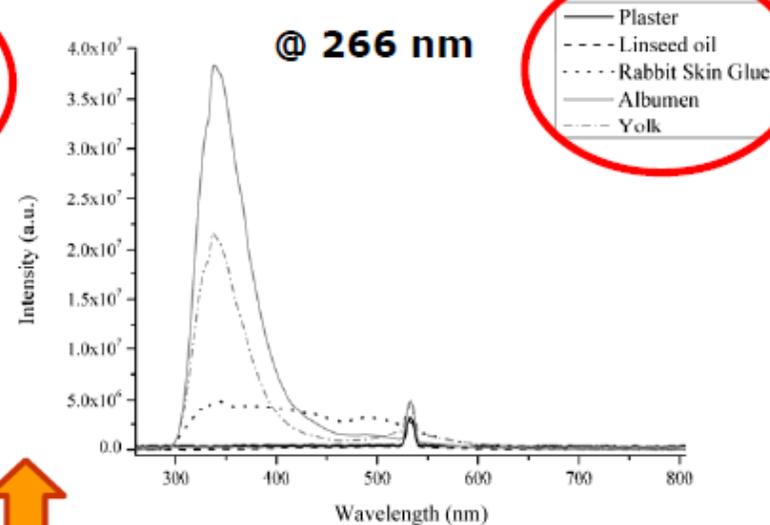
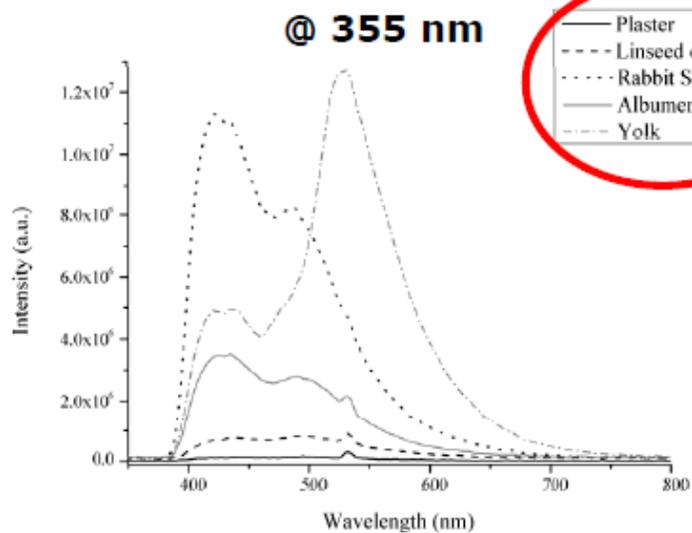
Samples from Dr I. Nemeč, Ljubljana Restoration Centre (Slovenia)



P32	P40	P48
P31	P39	P47
P30	P38	P46
P29	P37	P45
P28	P36	P44
P27	P35	P43
P26	P34	P42
P25	P33	P41
P8	P16	P24
P7	P15	P23
P6	P14	P22
P5	P13	P21
P4	P12	P20
P3	P11	P19
P2	P10	P18
P1	P9	P17

Pigment color	Common or chemical name (id.#)
White	Lead white (P3); calcium white (P4); Lead sulphate (P5); lithopone (P33)
Yellow	Linen yellow (P6); Orpiment (P35); Naples Yellow (P32); Massicot (P36)
Red/ Orange/ Brown	Cinnabar (P7, P21); hematite (P8); Crimson (P9); Lead red (P10); Armenian bole (P28); Raw Sienna (P11, P12); realgar (P31); lake (P40)
Blue	Overseas blue (P13) ; Enamel (P14); Lapis-lazuli (P15) ; Indigo-blue (P17)
Green	Malachite (P18); Cyprus green earth (P29); Verona green earth (P30); Bavaria green earth (P38); Copper resin (P39).
Black	Manganese black (P18); Bone black (P20); Vine black (P37)
No pigment	Plaster (P1); P1+ linen oil (P2); P1+ benzyl gel (P22); P1+ tea (P23); P1+ ammonium citrates (P24, P25); P1+ nitro with paraloid (P26); P1+ DMSO (P27)



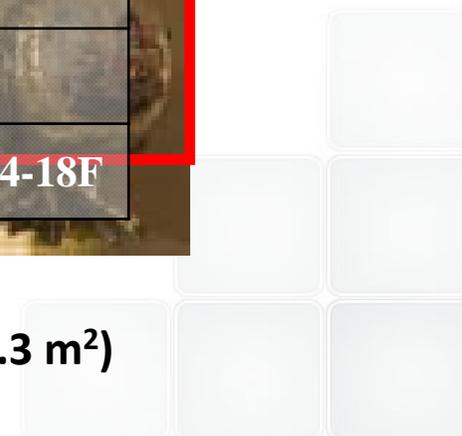


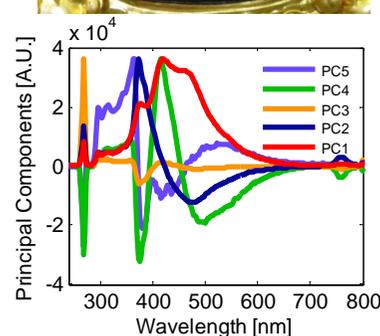
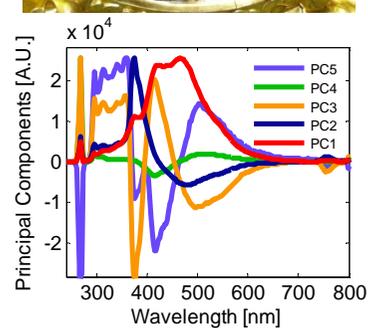
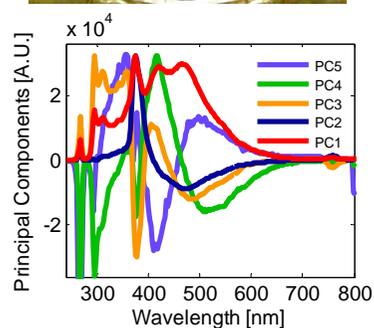
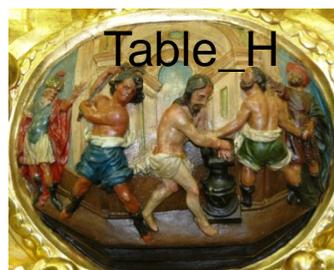
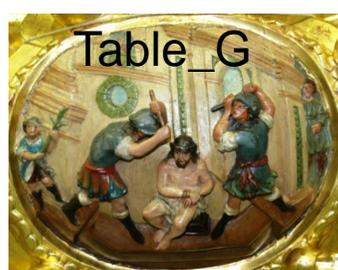
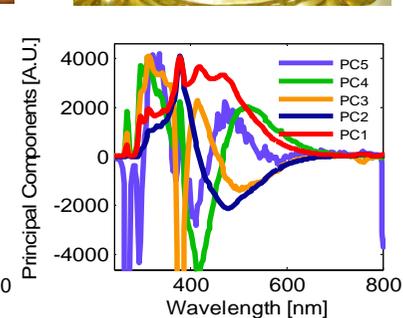
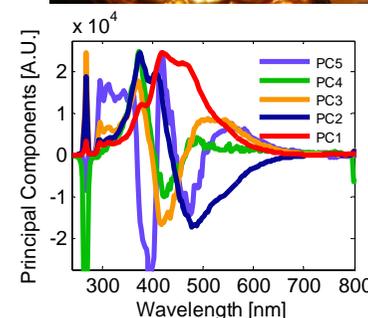
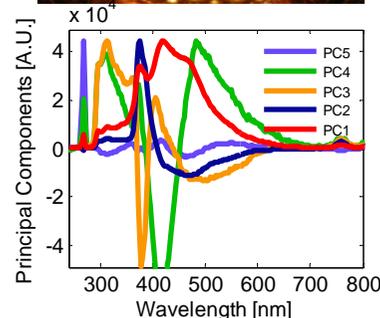
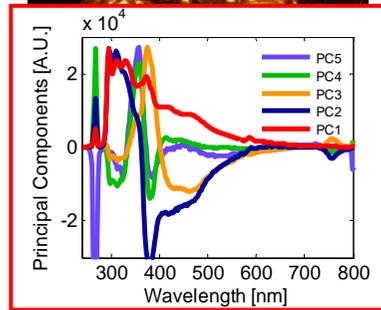
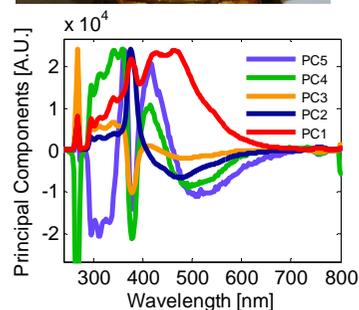
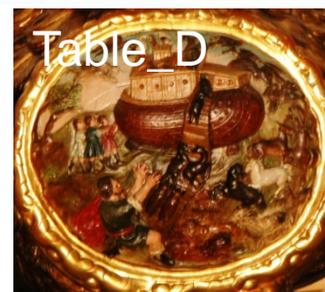
Wavelength excitation	266nm
Laser average power	0.9 mJ/pulse @ 20Hz
Energy density at target plane	0.2 mW / cm <sup>2</sup>
Background	Y
Lines (vertical pixels)	100 - 300
Scan points (horizontal pixels)	256
Distance	3-25m
Spectrograph	Horiba CP-140
Detector	ICCD Andor DH734-18F

1-2 Samples  
IR reflectance /XRF



LIF surface analysis (~0.3 m<sup>2</sup>)

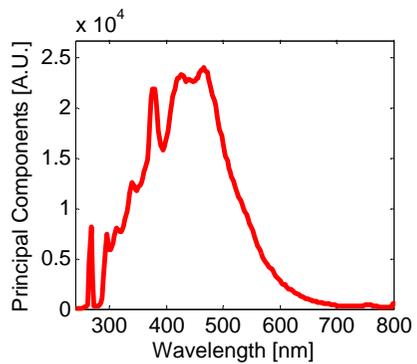




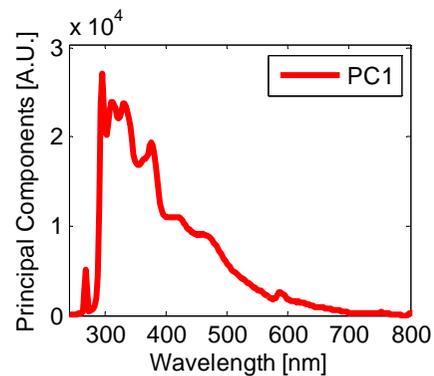
➤ LIF - PC1 es diferente para la tabla B - lo que sugiere una realización diferente (barniz final?)

➤ PC3 se alcanzó un máximo de 377 nm en la mayoría de las tablas - lo que sugiere el uso del mismo consolidante en las restauraciones

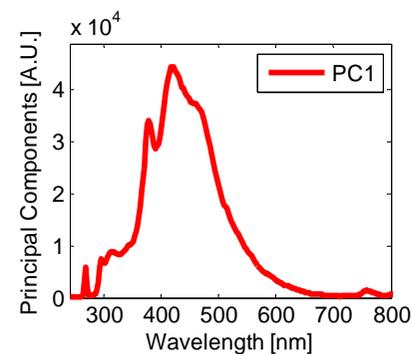
PC1



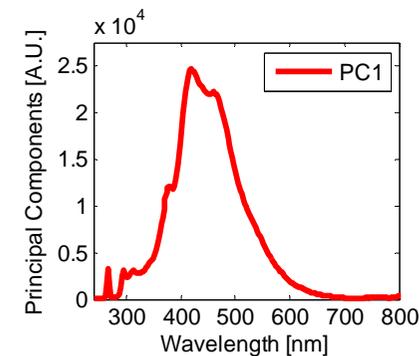
a)



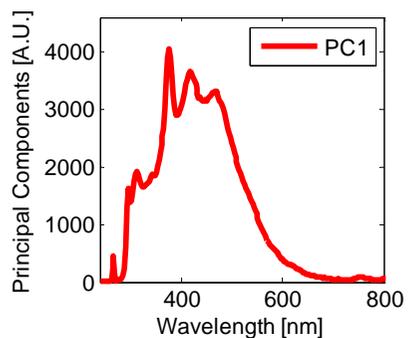
b)



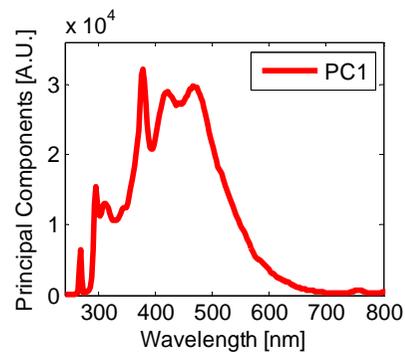
c)



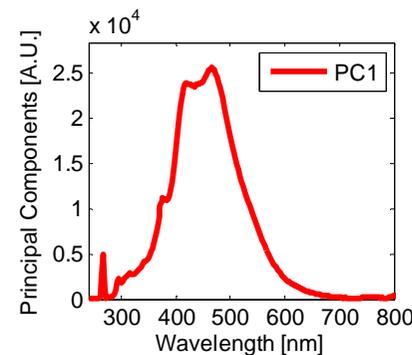
d)



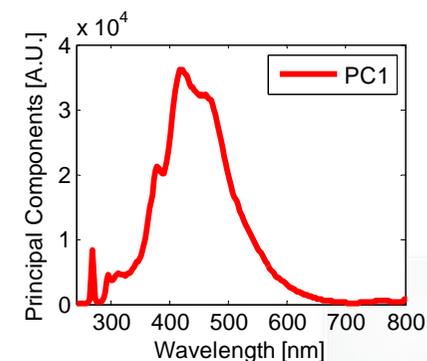
e)



f)

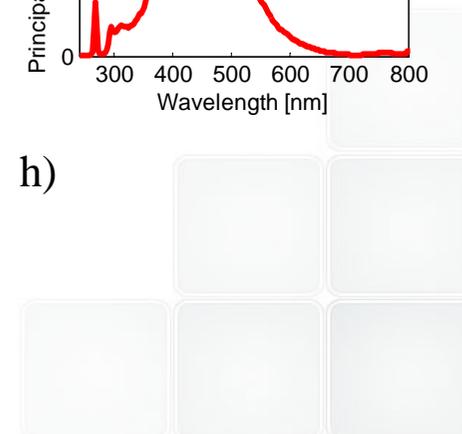


g)

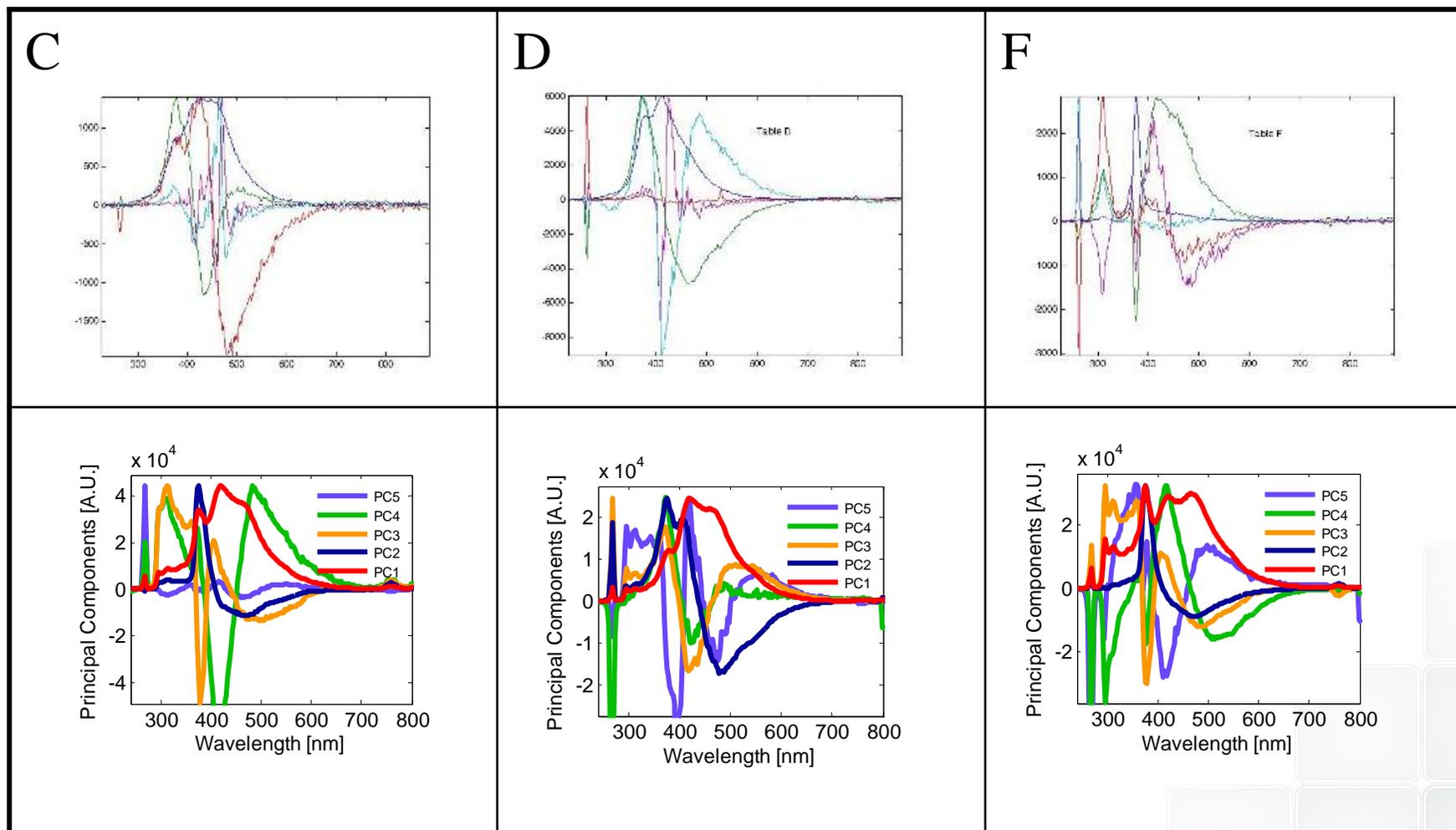


h)

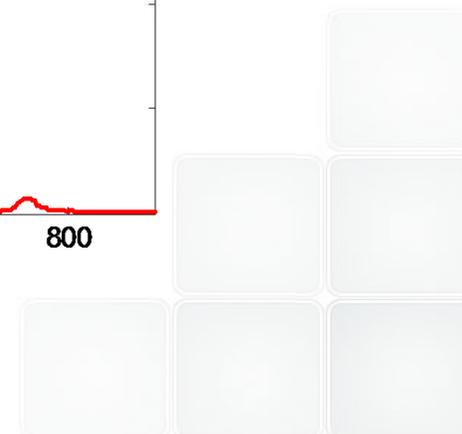
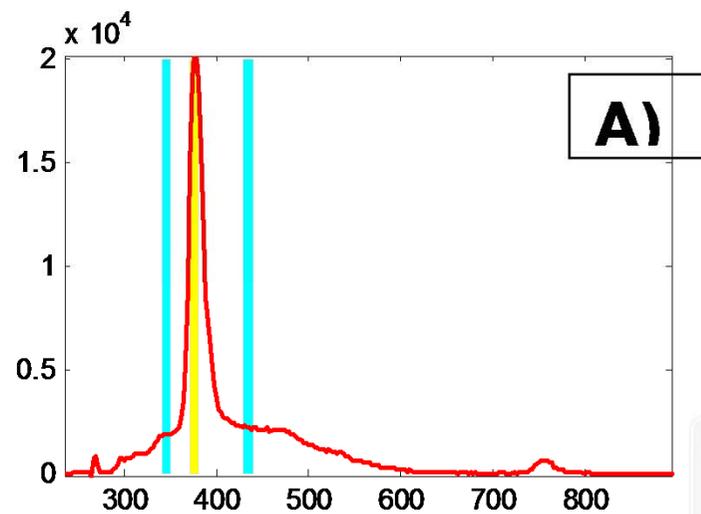
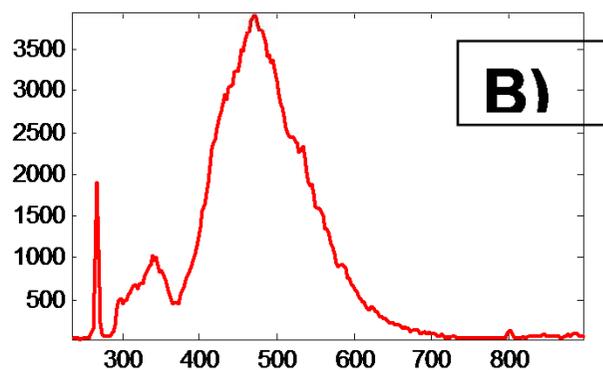
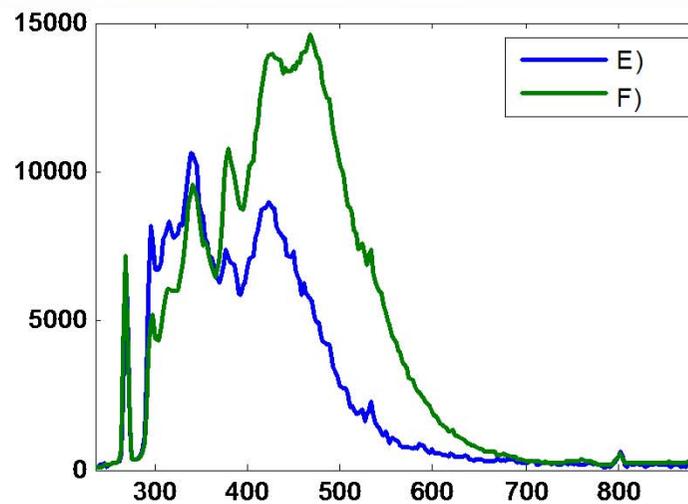
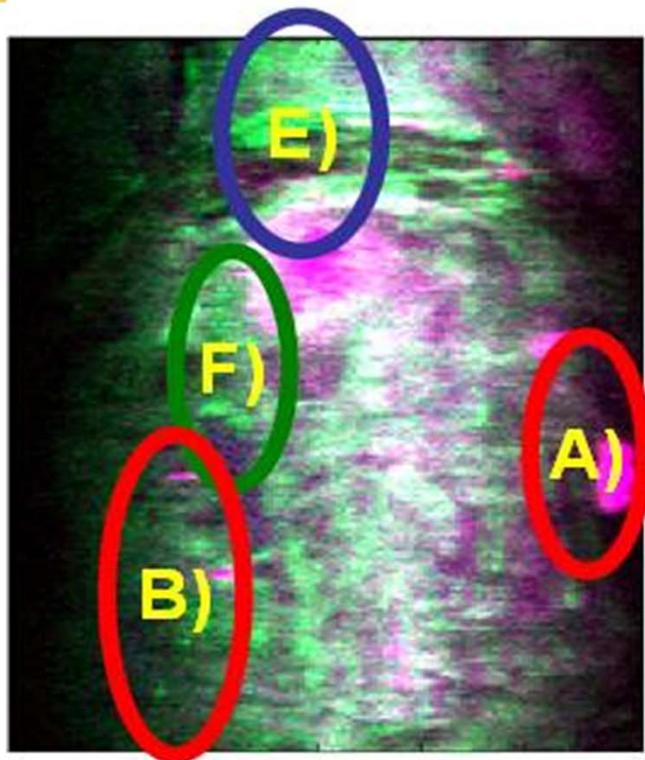
➤ LIF - PC1 es diferente para la tabla B



# PCA – Antes y después de la restauración



# Table A



# CONCLUSIONES

- ✓ El aparato de exploración LIF desarrollado por ENEA para la investigación a distancia de policromías permite:
  - ✓ información analítica sobre las imágenes 2D
  - ✓ rápido
  - ✓ no invasiva
  - ✓ A distancia (hasta 25 m)
  - ✓ Sensible y selectivo
- ✓ La técnica proporciona información adicional sobre los diferentes materiales y productos que se aplican, y permiten seguir los procesos de restauración.
- ✓ Se necesitan bases de datos de laboratorio antes de campañas de campo
- ✓ El uso de análisis digital de imágenes combinado con el análisis estadístico mejora la posibilidad de extraer información.
- ✓ Es necesarios profundizar en los espectros mediante la combinación LIF + PCA + ADI

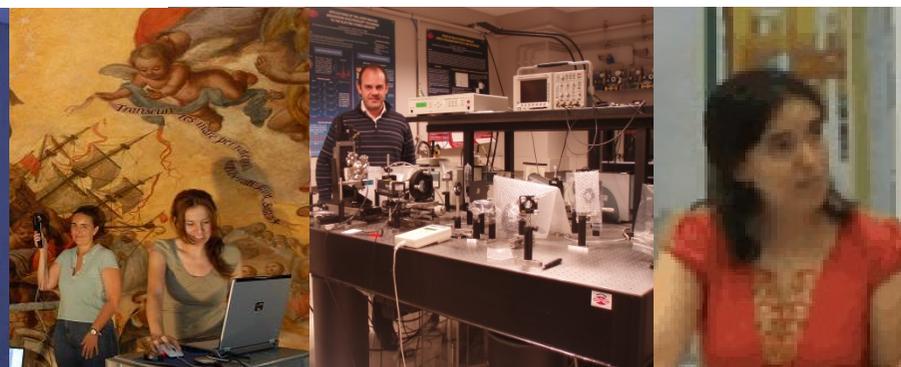




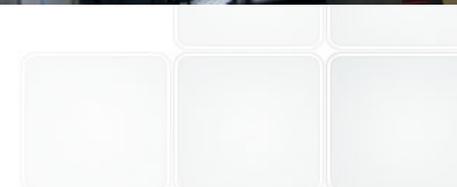
## Investigadores. Proyecto PASO.

*IAPH  
Seville (Spain)*

*“TEP-199 Research Group”  
Pablo Olavide University (Seville, Spain)*



*Laboratory  
ENEA-UTAPRAD  
(C.R. ENEA Frascati)*





Gracias por vuestra atención.

**Pilar Ortiz**

**mportcal@upo.es**

**<http://www.upo.es/tym/>**

