



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria **2016/2017**

Nº de proyecto **179**

Título del proyecto

**El examen de obras de arte murales mediante termografía.  
Recursos didácticos y patrones de estudio**

Nombre del responsable del proyecto

**Marta Plaza Beltrán**

Centro

**Facultad de Bellas Artes**

Departamento

**Pintura-Restauración**

## **1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto**

### *Objetivo general*

El objetivo principal del proyecto titulado *El examen de obras de arte murales mediante termografía. Recursos didácticos y patrones de estudio* ha sido diseñar modelos de aprendizaje que permitieran a los estudiantes del *Grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales* comprender y aplicar la termografía en el análisis del estado de conservación de pinturas murales y otros paramentos arquitectónicos, ya sea con policromía o sin ella. Con ello se pretendía establecer pautas docentes que produjeran y facilitaran a los alumnos un aumento en el rendimiento en las labores de diagnóstico, documentación, conservación y restauración de las obras de arte con las que trabajan a lo largo de la titulación.

Con objeto de determinar el grado de deterioro de las obras recurrimos a la ciencia, que nos aporta información complementaria a través de los diferentes tipos de análisis, invasivos y no invasivos. Estos estudios preliminares nos van a permitir la comprensión del origen de las alteraciones presentes en las obras, el nivel de deterioro que sufren y las modificaciones que presentan con vistas a un plan de conservación o a una restauración.

Este proyecto ha servido de complemento a uno desarrollado durante el curso anterior, centrado en la aplicación de la fluorescencia ultravioleta y la reflectografía infrarroja en el estudio de las obras de arte.

### *Objetivos específicos*

- Identificar los materiales constitutivos de los soportes murales, morteros y estratos pictóricos, atendiendo al diferente comportamiento térmico de los mismos y su relación con los procesos de deterioro.
- Estudiar las alteraciones presentes en paramentos decorativos empleando la termografía infrarroja: oquedades, desprendimientos, filtraciones, acumulación de humedad, etc.
- Preparar a los estudiantes para el mundo laboral con una base teórico-práctica sobre estos sistemas de análisis no invasivos.
- Plantear un esquema general de identificación y análisis comparativo de daños.
- Plantear protocolos y procesos de análisis visual en obras de arte murales.
- Diseñar un "Manual de buenas prácticas" en materia de diagnóstico de obras de arte murales.
- Estudiar métodos de visibilidad y accesibilidad de la información y la comunicación a través del Campus Virtual.

## **2. Objetivos alcanzados**

El objetivo principal del proyecto se ha alcanzado de forma satisfactoria. Se ha elaborado un muestrario con diferentes materiales constitutivos de la pintura mural: soportes, morteros, aglutinantes y pigmentos, empleando para ello técnicas al fresco y al seco. A partir de estos patrones de estudio, los alumnos del Grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales serán capaces de identificar, a través de un análisis comparativo entre la obra real y el patrón de estudio, las alteraciones presentes en un paramento mural empleando para ello la termografía.

De igual modo, podemos decir que los objetivos específicos se han logrado de forma adecuada y provechosa.

Entre ellos destacan:

- Identificación de diferentes materiales presentes en un muro, empleados como soporte o relleno, a través de estudios no invasivos como la termografía, técnica que emplea el diferente comportamiento térmico de los materiales para su identificación.
- Estudio de las alteraciones presentes en paramentos decorativos empleando la termografía infrarroja: oquedades, desprendimientos, filtraciones o acumulación de humedad, atendiendo al diferente comportamiento térmico que presentan los materiales ante estas situaciones y su comparativa con un correcto estado de conservación.
- Utilización de sistemas de estudio no destructivos empleados en el ámbito de la conservación y restauración fuera del entorno universitario, ya sea en instituciones públicas como privadas. De este modo, el estudiante adquiere una base teórico-práctica para su integración en el mundo laboral.
- Capacitación de los estudiantes para plantear protocolos y procesos de análisis organolépticos y, a partir de ellos, diseñar propuestas de conservación dentro de un Manual de buenas prácticas.
- Uso del Campus Virtual como método de visibilidad y accesibilidad de la información y la comunicación.

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

La metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo podemos dividirla en las siguientes fases:

- Documentación bibliográfica de casos de estudio donde se han llevado a cabo análisis específicos con termografía.
- Elaboración de muestras-patrón para el examen con termografía de morteros (con diferentes proporciones de árido y conglomerante) sin policromía. Los morteros se aplicaron sobre un soporte rígido inerte.
  - Morteros de cal y arena.
  - Morteros de cementos.
  - Morteros de yeso.
- Elaboración de muestras-patrón para el examen con termografía de morteros (con diferentes proporciones de árido y conglomerante) con policromía al freso y seco según el caso. Los morteros se aplicaron sobre un soporte rígido inerte.
  - Morteros de cal y arena. Policromía en seco y fresco.
  - Morteros de cementos. Policromía e seco.
  - Morteros de yeso. Policromía en seco.
- Toma de datos, en diferentes escalas de temperatura, de la exposición de las muestras a la radiación infrarroja: temperatura inferior a la de conservación, temperatura ideal y temperatura por encima de los parámetros correctos de conservación.
- Documentación fotográfica y registro de los termogramas en las distintas fases de estudio.
- Análisis comparativo de los resultados obtenidos en las mediciones de las probetas con los estudios realizados sobre obra real. En ambos casos los materiales constitutivos son de las mismas características.
- Diseño de fichas-tipo para la recogida de datos y elaboración de leyendas para cartografías digitales.

#### 4. Recursos humanos

El equipo que ha formado parte del proyecto pertenece a la Facultad de Bellas Artes y está integrado por 4 profesores y una estudiante de doctorado:

- **Marta Plaza Beltrán**  
Doctora en Bellas Artes por la UCM. Profesora en el Departamento de Pintura y Restauración de la Facultad de Bellas Artes. Actualmente es coordinadora del *Máster Universitario en Conservación del Patrimonio Cultural* y profesora de la asignatura "Examen y Diagnóstico" del Grado en Conservación del Patrimonio Cultural. Es directora de diversos contratos de investigación (Art. 83 de la L.O.U) vinculados al estudio de pinturas murales. Igualmente, a lo largo de su trayectoria profesional, ha intervenido en grandes conjuntos murales.
- **Teresa Gil Muñoz**  
Restauradora en la especialidad de Pintura por la *Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales* de Madrid. Arquitecta y *Máster en Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico y Urbano* por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Actualmente es profesora de la asignatura "Examen y Diagnóstico" del Grado en Conservación del Patrimonio Cultural y se encuentra en proceso de redacción de la tesis Doctoral inscrita en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid (UPM). Ha investigado y publicado sobre el empleo de la termografía en la conservación del patrimonio cultural y sobre la aplicación de análisis no destructivos para el estudio del Patrimonio.
- **Miguel Ángel Maure Rubio**  
Doctor Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la U.P.M. Especialidad Urbanismo y Edificación. Profesor titular que imparte asignaturas en Grado y Máster. Miembro del grupo investigador *Arte encuentro de culturas* y del equipo que estudia *El espacio pintado en el Monasterio de San Lorenzo de El Escorial: del tipo arquitectónico a la representación pictórica. La aproximación al conocimiento del Patrimonio a través de las TIC*. C.I.E.S.P. (Centro Internacional de Estudios Superiores sobre Patrimonio). Campus de Excelencia Internacional (U.C.M. y U.P.M.). Actualmente es el coordinador del Máster en Diseño de la Facultad de BBAA (UCM).
- **Carlos Fernández Hoyos**  
Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM) y Máster universitario en el ámbito europeo (EEES). E.T.S.A.M. Madrid, 2015. Actualmente se encuentra en proceso de redacción de su tesis doctoral. Ha realizado numerosos proyectos museográficos y diseño de exposiciones, tanto a nivel nacional como internacional. Ha impartido docencia en cursos de especialización sobre la conservación del patrimonio.
- **Patricia de los Reyes Félix**  
Licenciada en Bellas Artes, especialidad de restauración (UCM, 2013) y Master en Conservación del Patrimonio Cultural (UCM, 2014). Actualmente se encuentra matriculada en el programa de doctorado en Bellas Artes 2014-2019. Ha realizado prácticas de conservación en museos. Su investigación se centra en el estudio de pigmentos empleados en las obras de arte.

## 5. Desarrollo de las actividades

En función de la metodología expuesta en el apartado 3, las fases de trabajo se han desarrollado en su totalidad en los plazos previstos.

	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6
OCTUBRE						
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE						
ENERO						
FEBRERO						
MARZO						
ABRIL						
MAYO						
JUNIO						

- **Fase 1: Documentación bibliográfica**

La primera fase de trabajo ha consistido en la recopilación bibliográfica de los últimos casos de estudios publicados sobre la aplicación de la termografía en el estudio de obras de arte pictóricas, además de la arquitectura o la industria.

- **Fase 2 y 3: Elaboración de muestras-patrón**

La termografía se ha utilizado como técnica complementaria, dentro del campo de la conservación, para el diagnóstico de los bienes culturales. Se fundamenta, según hemos indicado anteriormente, en el diferente comportamiento que presentan los materiales constitutivos de dichos bienes ante la radiación infrarroja.

Con objeto de estudiar este comportamiento, ha sido necesario elaborar una serie de probetas para someterlas a la radiación infrarroja y grabar los termogramas correspondientes. Estas probetas o maquetas han servido de muestrario-patrón de cara al análisis comparativo con la obra real.

**Fase 2:**

En primer lugar se confeccionaron una serie de maquetas, con unas dimensiones de 20 x 30 cms. Dichas maquetas consistían en varios soportes rígidos inertes (aluminio nido de abeja y poliéster) sobre los que se aplicaron diferentes morteros sin policromía:

- Morteros de cal y arena.
- Morteros de cemento.
- Morteros de yeso.

**Fase 3:**

A continuación, se realizaron otras maquetas, siguiendo la misma estructura que las anteriores pero, en esta ocasión, con policromía al fresco y al seco.

- Morteros de cal y arena. Policromía en seco y fresco.
- Morteros de cementos. Policromía e seco.
- Morteros de yeso. Policromía en seco.

- **Fase 4: Toma de datos**

Las muestras se sometieron a la exposición de la radiación infrarroja en distintas escalas de temperatura: temperatura inferior a la de conservación, temperatura ideal y temperatura por encima de los parámetros correctos de conservación. Con cada exposición se registraba la temperatura, la distancia al objeto y se realizaba un termograma con ayuda de una cámara termográfica.

Igualmente, se han registrado termogramas de obras murales expuestas a diferentes niveles de radiación infrarroja (solar) dependiendo de la situación espacial que presentan y su orientación:

- Obras expuestas a la radiación solar directa o no según la orientación espacial de los paramentos que las sustentan: norte, sur, este oeste.
- Obras expuesta a la intemperie pero bajo cubierta.

El número total de registros obtenidos combinando patrones de morteros, policromías y exposición de las maquetas en diferentes orientaciones espaciales asciende a 80.

Los equipos empleados para el registro de datos fueron:

- Cámara termográfica Flir TG165
- Medidor Master Poket 40m Laserliner
- Medidor de humedad Moisturefinde Laserline

- **Fase 5: Análisis comparativo de los resultados**

La última fase del trabajo ha consistido en un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las distintas etapas del estudio.

Las muestras-patrón elaboradas a lo largo del proyecto se han comparado con obras murales realizadas tanto al seco como al fresco y que presentan diferente orientación espacial (se ha analizado pintura situada en paramentos con orientación norte, sur, este y oeste). De este modo, ha sido posible la observación y registro de los cambios de temperatura que sufren estas pinturas a lo largo del día.

- **Fase 6: Diseño de fichas-tipo**

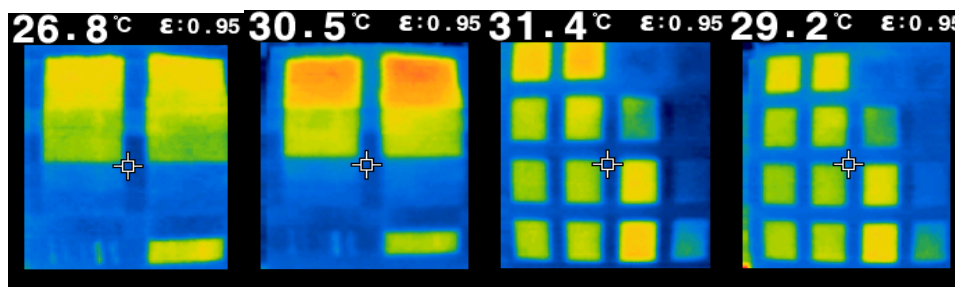
Los datos obtenidos han sido ordenados y sistematizados en unas fichas, donde se ha establecido una escala de valor atendiendo al tipo de soporte y el color empleado en la ejecución de la obra.

Durante todas las fases de trabajo se fue llevando un registro gráfico y fotográfico de las maquetas y un archivo de sus termogramas.

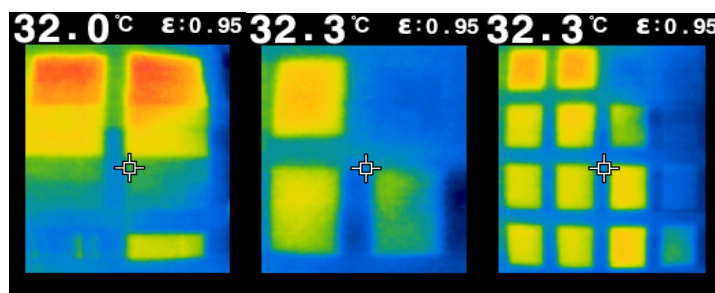
## 6. Anexo: ejemplos de registros térmicos obtenidos

A continuación se muestran algunos ejemplos de los termogramas obtenidos en las diferentes fases de estudio. Estos patrones se incluyen en el campus virtual para su uso y aplicación en los ejercicios propuestos a los alumnos a lo largo del curso.

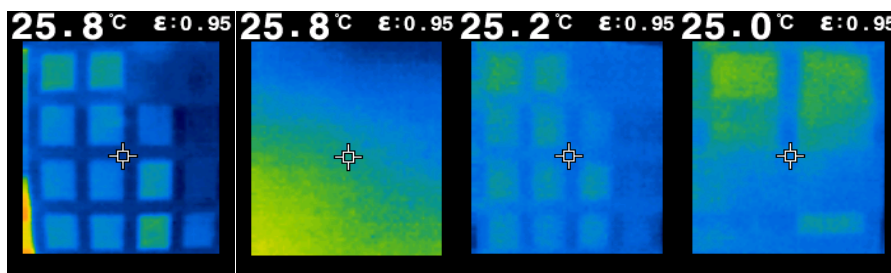
### a) Maquetas, a modo de muestrarios-patrón, con diferentes morteros y policromías:



Termogramas obtenidos en situación de exterior, sin cubierta y orientación este

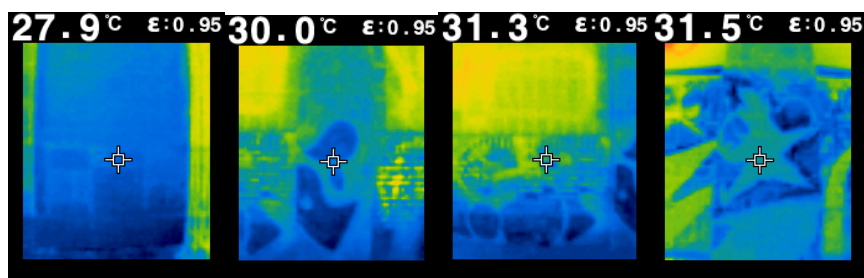


Termogramas obtenidos en situación exterior, bajo cubierta y orientación oeste



Termogramas obtenidos en situación de bajo cubierta y orientación sur

### b) Termogramas de pinturas murales



Termogramas de pinturas murales con diferentes orientaciones espaciales