

# Desarrollo de Proyectos Orientados al Arte y la Restauración de Patrimonio: Ejemplo del Proyecto HIPERESCAN 3D

Luis Granero <sup>1</sup>, Francisco Díaz<sup>2</sup>, Rubén Domínguez<sup>1</sup>, Yolanda Sanjuan<sup>3</sup>, Josué Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> AIDO. Departamento de Ingeniería. Paterna, Valencia. España

<sup>2</sup> AIDO. Laboratorio de Metrología. Paterna, Valencia. España

<sup>3</sup> UPV Bellas Artes. Valencia. España

---

## Resumen

*En el presente artículo pretende mostrar cómo el desarrollo de proyectos innovadores a nivel industrial ha derivado en el desarrollo de proyectos centrados en el sector del arte, aprovechando las capacidades del centro tecnológico AIDO gracias a la visión de futuro de dichas aplicaciones en este sector, que en un principio no es tan permeable a las nuevas tecnologías como otras de carácter netamente industrial y/o técnico. Además se presentará el ejemplo de un proyecto iniciado por AIDO hace 2 años, y que ha derivado en una transferencia clara de tecnología del ámbito industrial al del Arte y Restauración de Patrimonio.*

**Palabras Clave:** TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA, TECNOLOGÍAS ÓPTICAS, DIGITALIZACIÓN 3D, VISIÓN HIPERESPECTRAL, ANÁLISIS QUÍMICO DE OBRAS

---

## Abstract

*In this paper, we will show the development of industrial projects has created in new projects oriented to Cultural Heritage, derived from the capabilities of the Technological Institute AIDO, thanks to applying them into this new field of application. Moreover, this paper will show the example of a project developed two years ago that has derived in an explicit transfer of technology from the industry to the Cultural Heritage technology.*

**Key words:** TECHNOLOGY TRANSFER, OPTIC TECHNOLOGIES, 3D DIGITIZING

---

## 1. Introducción

El Instituto Tecnológico de óptica, color e imagen, AIDO, es un centro de investigación adscrito a Redit (Red de institutos de tecnológicos) y es miembro de Fedit (Federación española de institutos tecnológicos). El centro AIDO, creado hace ya más de 20 años, está especializado en la utilización de las técnicas y tecnologías ópticas derivadas de la investigación pura para aplicaciones diversas que puedan servir de ayuda a las empresas del ámbito regional y nacional.

A lo largo de estos años, AIDO se ha caracterizado por el desarrollo de proyectos y aplicaciones basadas en las tecnologías ópticas más novedosas, que han derivado en la generación de productos comercializables y que han servido para dar un impulso tecnológico a las empresas involucradas en los mismos. Aunque originalmente estos proyectos se ceñían al ámbito regional de la Comunidad Valenciana, con el paso de los años, AIDO fue ampliando su modelo investigador al resto de Comunidades y, finalmente, al mercado internacional, participando en multitud de proyectos en colaboración con empresas e instituciones de diversos países.

En concreto, el centro tecnológico AIDO, como parte de su plan estratégico que definía el sector del arte como uno de los sectores prioritarios, ha focalizado parte de sus esfuerzos y recursos en el desarrollo de todo tipo de aplicaciones en dicho sector, aprovechando la vasta experiencia adquirida en el

desarrollo de proyectos dentro de sectores industriales como la automoción, el sector biomédico, el sector aeronáutico, etc. para realizar una transferencia de conocimientos y tecnologías a los sectores relacionados con el Arte y Restauración de Patrimonio (restauración, conservación, documentación, etc.). Fruto de esta transferencia es el desarrollo del proyecto que ilustra la parte final de este artículo relacionado con el desarrollo de un sistema de visión 3D hiperespectral y que será ampliamente desarrollado en su apartado correspondiente.

## 2. De la industria al arte: la transferencia de conocimientos

Como se ha comentado anteriormente, a lo largo de los últimos años, AIDO ha abierto una nueva línea de investigación principal: el arte y la restauración de patrimonio artístico y cultural. En este sentido, se ha pretendido aprovechar la amplia base de conocimientos tecnológicos que AIDO tiene dentro de sectores industriales como la automoción o el molde y la matricería, para el desarrollo de nuevas aplicaciones en sectores no industriales, que poco a poco han ido incorporando dichas aplicaciones en sus procesos de desarrollo de actividad, obteniendo como resultado una amplia gama de herramientas tecnológicas dentro del sector del arte, como la restauración, la conservación preventiva, el desarrollo de embalajes personalizados, el análisis de daños en desplazamientos, el

análisis de daños en la escala temporal, la limpieza por métodos láser de obras de Arte, los análisis hiperespectrales de diferentes piezas o el proceso de restauración virtual.

De esta forma, desde AIDO se ha llevado a cabo la implantación de un modelo de negocio orientado al sector del arte y la restauración basado en la aplicación de las tecnologías ópticas utilizadas, y en algunos casos estandarizadas, en los sectores más industriales a aplicaciones que trabajan con objetos tan sensibles como las obras de arte. En un principio, el cambio de modelo hacia el sector del arte y la restauración, vino motivado por la incipiente necesidad del colectivo de restauradores de la incorporación de nuevas tecnologías no invasivas dentro de sus procesos de trabajo. Con estas ideas claras, se puso en marcha el proceso de adaptación de los conocimientos del Instituto entre sectores tan dispares como la automoción y la escultura, el medio ambiente y la pintura o el sector aeronáutico y la arquitectura. Además, y gracias a la aportación que estas tecnologías hacen al sector del arte y la restauración de patrimonio histórico y artístico, es posible dar un salto cualitativo tanto en los estudios realizados sobre las obras de arte, como sobre las propias obras en sí, aportándoles valores importantísimos como riqueza (en el sentido de que la técnica aporta mucha más información sobre la obra estudiada, lo que permite optimizar los procesos de análisis, inspección y restauración de las obras), desarrollo (en el sentido de que la utilización de las diferentes técnicas permite el desarrollo de nuevos métodos de tratamiento, así como la aportación de nuevas ideas para la mejora y optimización de los procesos de restauración y/o certificación de las obras), y cohesión (en el sentido de que tanto la restauración y preservación como la autenticación de las obras, ayudan a fortalecer el interés por las mismas).

Para la ejecución de la conversión y adaptación comentada, AIDO ha presentado a lo largo de estos últimos años diferentes proyectos de aplicación de diversas tecnologías al sector del arte, tanto centrados en las aplicaciones de la digitalización 3D como en aplicaciones de visión hiperespectral. Como ejemplo de proyectos centrados en la digitalización 3D se pueden destacar los siguientes:

- REDART - Plataforma Española para el Arte y Restauración de Patrimonio: Proyecto financiado por la Generalitat Valenciana, desarrollado en colaboración con las empresas SIT Transportes Internacionales, la fundación de Patrimonio Histórico de Castilla y León y el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. El objetivo principal del proyecto es la creación de una plataforma de intercambio de conocimientos y tecnologías entre diferentes asociaciones, instituciones, empresas y Universidades cuyas principales líneas de investigación y desarrollo se centran en la Conservación, Transporte y Restauración de Patrimonio, tanto cultural como artístico.
- 3D Art - Desarrollo de un sistema de gestión y adquisición de modelos 3D de piezas arqueológicas: Proyecto financiado por la Generalitat Valenciana, de desarrollo propio. El principal objetivo es el diseño, implementación y aplicación de un sistema de gestión de modelos 3D para piezas arqueológicas, basado en el empleo de tecnologías ópticas de adquisición tridimensional. Dentro de estos objetivos se incluyen además el desarrollo de un sistema automático de digitalización para la obtención de los modelos 3D de las piezas a catalogar y el desarrollo de una aplicación informática que permita la manipulación de

dichos modelos facilitando la obtención de información relevante de los mismos.

Además, como complemento a los proyectos relacionados con la digitalización 3D, es importante destacar la amplia experiencia obtenida por AIDO a lo largo de los últimos años, lo que le ha permitido realizar trabajos de gran complejidad e impacto, entre los que se pueden destacar las siguientes digitalizaciones:

- Imágenes del Paso de la Hermandad de la Amargura, en Sevilla.
- Mano de bronce, resto de una estatua romana del Museo MARQ de Alicante.
- Imagen de la Virgen del Rebollet, en Oliva.

### 3. Ejemplo de proyecto: proyecto HIPERESCAN 3D

El ejemplo de transferencia que ilustra de forma práctica la labor de aplicación de las herramientas industriales dentro de los sectores relacionados con el arte es el proyecto “HIPERESCAN 3D - Desarrollo de un sistema de digitalización Tridimensional Basado en Imágenes Hiperespectrales”. Este proyecto financiado a través de la Generalitat Valenciana mediante su programa de Investigación Propia para Institutos Tecnológicos, tiene como objetivo último es el desarrollo de un sistema de captura 3D de obras de arte que además recoge su información espectral, lo que permite obtener información respecto a su composición química y sobre la posible presencia de organismos o sustancias extrañas. El sistema se basa en la combinación una técnica muy utilizada en la industria, la digitalización 3D, y otra de amplio uso en aplicaciones meteorológicas y sobre todo, en la investigación académica, que es la visión hiperespectral.

#### 3.1. Objetivos del proyecto

En la actualidad el proceso de catalogación de piezas arqueológicas se lleva a cabo de forma manual, basándose en la generación de modelos o secciones de los mismos y generando fichas de piezas con una información limitada de las mismas. Este proceso es largo y costoso, y conlleva costes y retrasos innecesarios en la catalogación de piezas. Esto se traduce en una reducción de las piezas expuestas en Museos y galerías, con el consiguiente perjuicio para el usuario final.

Con el desarrollo del proyecto “HIPERESCAN 3D” se pretende desarrollar un sistema con las siguientes características:

- Adquisición 3D automática de piezas arqueológicas.
- Complementado con una aplicación de catalogación automática de piezas.
- Acompañado de una aplicación de generación de modelos 3D a partir de digitalizaciones.

Desde el punto de vista de las aplicaciones tecnológicas, los objetivos a alcanzar son los siguientes:

- Implementar y evaluar diferentes sistemas de digitalización tridimensional para la adquisición de piezas arqueológicas.

Esta evaluación se llevará a cabo siempre sobre sistemas ópticos sin contacto, preservando así en todo momento la integridad de las piezas.

- Desarrollar en base a los resultados obtenidos anteriormente un sistema de guiado para la captación de información. Este sistema de guiado automatizaría el proceso, evitando así cualquier interacción sobre la pieza.
- Desarrollar una aplicación de gestión y tratamiento de los datos obtenidos con este tipo de tecnologías. Esta aplicación permitiría al usuario manipular de forma digital la información obtenida, generando informes de las partes significativas a estudiar.
- Desarrollar una aplicación que permita gestionar una base de datos global con la información generada sobre las piezas catalogadas. Esta aplicación, permitiría a los museos disponer de una herramienta de consulta eficaz y rápida.
- Informe de evaluación de resultados de cada una de las técnicas y sistemas desarrollados

Desde el punto de vista educativo, y haciendo uso de los sistemas desarrollados:

- Contrastar los resultados obtenidos empleando diferentes técnicas desarrolladas y compararlos con las técnicas de catalogación tradicionales.
- Generar aplicaciones educativas destinadas a la gestión del conocimiento en el campo de la arqueología.

Como objetivo último del proyecto:

- Disponer de sistemas de semi-asistidos basados en digitalización tridimensional:
  - a. Reducir el tiempo empleado en la catalogación de las piezas arqueológicas.
  - b. Preservar en todo momento la integridad de las piezas arqueológicas analizadas.

### 3.2. Estado del arte de la tecnología requerida en el proyecto

Con este sistema se busca obtener información espectroscópica de la pieza analizada en diferentes bandas del espectro, complementando así la información tridimensional con información de la composición de los materiales que forma la obra analizada. Para ello, se han combinado técnicas de digitalización 3D, técnicas espectroscópicas y técnicas de procesado digital de imagen. Así, se busca aglutinar en un solo sistema más de 6 técnicas empleadas habitualmente en el sector del Arte y Restauración de Patrimonio, lo que convertirá al sistema en el único en su campo dentro del sector del Arte y Restauración, y permitirá llevar a cabo ensayos completos no destructivos de las piezas analizadas.

Por todo ello, desde AIDO se está trabajando en el desarrollo de un sistema capaz de realizar todas las acciones mencionadas. A través de la financiación de IMPIVA, AIDO se embarcó el pasado año en un proyecto plurianual que tiene como objetivo final la obtención de un prototipo funcional precompetitivo de un sistema de digitalización 3D hiperespectral.

- El desarrollo del sistema responde a la necesidad del sector del arte de disponer de sistemas cada vez más completos (genéricos) que sean capaces de dar la mayor cantidad de información sobre una obra sin tener que recurrir a su complementación con sistemas adicionales. Además, y gracias a la aportación que el sistema hará al sector del arte y la restauración de patrimonio histórico y artístico, se podrá dar un salto cualitativo tanto a los estudios realizados sobre las obras de arte como sobre las propias obras en sí, aportándoles los siguientes valores añadidos: Riqueza, en el sentido de que la técnica aporta mucha más información sobre la obra estudiada, lo que permite optimizar los procesos de análisis e inspección de las obras; Desarrollo, en el sentido de que la utilización de la técnica permite el desarrollo de nuevos métodos de tratamiento, así como la aportación de nuevas ideas para la mejora y optimización de los procesos de restauración y/o certificación de las obras; Cohesión, en el sentido de que tanto la restauración y preservación como la autentificación de las obras ayuda a fortalecer el interés por las obras y la identificación que se pueda conseguir, tanto a nivel local dentro de municipios o provincias como a nivel global trabajando con obras o elementos de carácter internacional que van más allá de las fronteras de los países particulares para unir a regiones como Europa.

Por último, el desarrollo del sistema pretende convertir tanto a la Comunidad Valenciana como a España en un referente en el desarrollo de sistemas y aplicaciones relacionadas con el arte y la restauración y ser un foco de generación de ideas y tecnologías que fomenten la I+D y atraigan la inversión tanto nacional como internacional, con el fin de dar un alto grado tecnológico y poder estar en la vanguardia europea y mundial, lo que permitiría tener una mayor fortaleza económica frente a la presente situación económica internacional de globalización y la debilidad mostrada en tiempos de crisis como el actual, que han demostrado que la mejor forma de hacer frente a crisis económicas está en estar a la cabeza tecnológica, generando puestos de trabajo en momentos en los que se tiende a destruirlos.

### 3.3. Tecnologías empleadas

El desarrollo del proyecto “HIPERESCAN 3D” está basado en la integración, en primera aproximación, de dos tecnologías: la digitalización 3D y la visión hiperespectral. Su integración es el núcleo del proyecto y es lo que generará la información que será utilizada en aplicaciones posteriores. Dentro de estas tecnologías hablaremos a continuación de una de ellas, que está imponiéndose en el estudio de obras de arte.

#### 3.3.1. Visión Hiperespectral

La segunda tecnología principal en el desarrollo del proyecto “HIPERESCAN 3D” es la visión hiperespectral, basada en el análisis del espectro electromagnético tanto reflejado como emitido por los objetos, como forma de obtener información inherente a la pieza a analizar.

Dicho análisis se hace en función de las capacidades que las diferentes técnicas para la separación entre las longitudes de onda del espectro analizado. Para ello se hablará de técnicas de visión X-espectral para englobarlas a todas, y que se definen dentro del rango del espectro que comprende el espectro

infrarrojo, el visible y el ultravioleta. Dentro de las técnicas de visión X-espectral la diferenciación en función de la capacidad de la técnica para discernir o resolver bandas espectrales es la siguiente:

- Técnicas de visión Espectral.
- Técnicas de visión multispectral.
- Técnicas de visión hiperespectral.

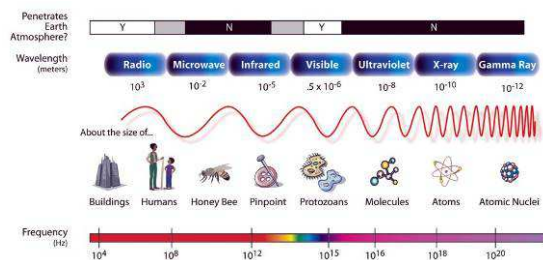


Imagen 1. El espectro electromagnético

### A. Técnicas de visión espectral

Este tipo de sistemas basan su funcionamiento en los sistemas de visión artificial (cámaras) utilizando sensores que posean respuesta dentro del rango del espectro visible. Por ello, los iluminantes han de poseer espectros de emisión dentro del mismo rango visible para que sean compatibles con los sensores, obteniendo de esta forma el espectro de reflexión de cada uno de los puntos que forman una imagen y poder realizar un mapa de espectro de la pieza. Una característica importante de estos sistemas es que no poseen filtros (ni físicos ni electrónicos) para realizar la captura de información.

La principal aplicación de estos sistemas sería la obtención de imágenes en color de alta resolución. De esta forma, se pueden extraer los espectros de reflexión de diferentes partes de la imagen.

### B. Técnicas de visión multispectral

Como en el apartado anterior, los sistemas de visión multispectral basan su funcionamiento en los sistemas de visión artificial. Sin embargo, y como principal diferencia, los sensores utilizados para los sistemas de visión multispectral poseen un rango espectral mayor, lo que permite abarcar desde la banda del infrarrojo hasta la del ultravioleta. Además, los iluminantes utilizados deben tener un espectro de emisión compatible con el sensor utilizado, por lo que deberá emitir en el infrarrojo y/o ultravioleta según el sensor utilizado.

En estos casos se utilizan filtros físicos para realizar la separación espectral en las muestras, lo que da un poder de resolución del rango espectral del orden de los 20 nanómetros. Así, se pueden extraer, dentro de una imagen, los espectros de emisión de los diferentes puntos de la imagen en una amplia banda que incluye partes no visibles. La principal aplicación de este tipo de sistemas es la detección subyacente de intentos del artista en la realización de la obra analizada. Un ejemplo ha sido el estudio realizado por el Museo del Louvre sobre el verdadero color de la Mona Lisa. Estas técnicas también han sido empleadas para la preparación de la exposición "El Trazo Oculto" que se realizó en el Museo del Prado.

El mayor inconveniente de estos sistemas radica en que no ofrecen la resolución espectral adecuada y necesaria para la realización correcta de todos los análisis necesarios sobre obras de arte, ya que no es posible discernir de forma suficientemente fina los componentes de una obra (espectroscopía de imagen). El problema radica en que los sensores siguen estando aun acotados, ya que no barren partes complementarias del espectro de trabajo (si abarca el infrarrojo no abarca el ultravioleta y viceversa). Además, las fuentes de iluminación empleadas no presentan un espectro de emisión suficientemente uniforme, lo que impide una correcta respuesta del sensor a la señal recibida.

### C. Técnicas de visión hiperespectral

Las técnicas de visión hiperespectral (derivadas de los sistemas de teledetección por satélite) aplicadas al arte y el patrimonio están basadas, como en los casos anteriores, en los sistemas de visión artificial. En ellos, los rangos espectrales de trabajo de los sensores pueden ser mayores que en los casos anteriores, abarcando partes del espectro electromagnético que el resto no puede. Por ello, las fuentes de iluminación deberán poder abarcar mayores rangos de emisión dentro del espectro electromagnético para ser compatible con el sensor. Además, los filtros empleados en estos sistemas no son físicos, sino que son de tipo electrónico, lo que permite una capacidad de resolución espectral mayor que en los casos anteriores, de entre 3 y 6 nanómetros.

Este tipo de sistemas permiten realizar espectrometría de imagen, además de permitir ver partes de la obra ocultas al ojo humano (al igual que en el caso anterior). La principal ventaja de este tipo de sistemas radica en que las fuentes de iluminación empleadas pueden emitir en las bandas infrarroja y ultravioleta, sin hacerlo de forma excluyente, por lo que se pueden abarcar ambas partes del espectro simultáneamente.

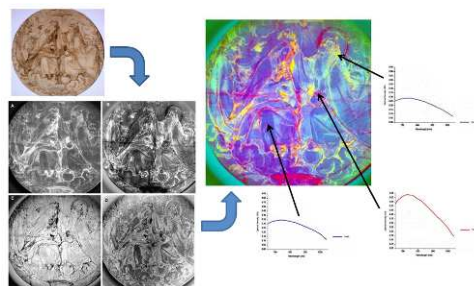


Imagen 2. Captura hiperespectral

Los límites que posee la técnica radican en que, como en el caso anterior, las fuentes de iluminación no son lo suficientemente uniformes, además que existir el problema de que los sensores no barren completamente todas las regiones espectrales de interés.

## Agradecimientos

IMPIVA – Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana

FEDER – Fondo Europeo de Desarrollo Regional

## Bibliografía

GRANERO, Luis, DÍAZ, Francisco, DOMÍNGUEZ, Rubén (2011): “*Tecnologías ópticas aplicadas a la visualización y presentación 3D de patrimonio. Caso práctico de la Virgen del Rebollet de Oliva*”, en *Virtual Archaeology Review (VAR)*, vol. 2, nº 3, pp. 43-47.

GRANERO, Luis, DÍAZ, Francisco, DOMÍNGUEZ, Rubén (2010): “*Tecnologías Ópticas aplicadas al Arte y la Restauración*”, en *Documentación Gráfica del Patrimonio*, Ministerio de Cultura, Madrid, pp. 18-25.

GRANERO, Luis, DÍAZ, Francisco, DOMÍNGUEZ, Rubén (2009): “*Application of optical techniques in documentation and identification of archaeological rests: the case study of the roman bronze rest found in Lucentum*”, en *Proceedings of the 2009 SPIE Optical Metrology Congress. 14-18 June. Munich, Germany*.

GRANERO, Luis, DE GRACIA, Vicente (2004): “*Técnicas de digitalización tridimensional basadas en luz estructurada*”, en *Proceedings del II Congreso Diseño, Tecnologías e Ingeniería de Producto. 5-7 de Mayo. Valencia, España*.

HUNTLEY, Jonathan M. (1998): “*Automated fringe pattern analysis in experimental mechanics: a review*”. *J. Strain Anal Eng Des*, vol. 33, nº 2.

PAGÉS, Jordi, SALVI, Joaquim, GARCIA, Rafael, MATABOSCH, Carles (2003): “*Overview of coded light projection techniques for automatic 3D profiling*”, en *Proceedings of the 1003 IEEE International Conference on Robotics & Automation. Taipei, Taiwan. September 14-19*.

SALVI, Joaquim, PAGÉS, Jordi, BATLLE, Joan (2004): “*Patern codification strategies in structures light systems*”, en *Patern Recognition*, nº 37.