

Desarrollo de Proyectos Europeos: SYDDARTA

Yolanda Sanjuan Sanz, Luis Granero Montagud y Francisco Díaz Gómez,

AIDO, Industrial Association of Optics, Color and Imaging
FORTH, Foundation for Research and Technology Hellas
TUD, Technische Universiteit Delft
CNR-ISAC, Consiglio Nazionale delle Ricerche
XENICS NV
VIALUX GmbH
AVANTES BV
Gooch & Housego Ltd
SIGNIUM - Gestão de Património Cultural
IPCCHS, Institute for the Protection of Cultural Heritage of Slovenia
RABASF, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando

Resumen

SYDDARTA es un proyecto de ámbito europeo, bajo el 7º Programa Marco y dentro de la Convocatoria de Patrimonio Cultural, centrado en el desarrollo de un sistema de digitalización 3D por visión hiper-espectral. El consorcio está liderado por AIDO, instituto tecnológico de Óptica de Valencia, y tiene miembros de 8 países de la Unión Europea. La base tecnológica del prototipo a desarrollar está basada en la unión de la técnica de digitalización 3D por proyección de patrones, que permite obtener la geometría del objeto a analizar, y la técnica de visión hiper-espectral, que permite la realización de análisis químicos y estructurales a partir de la lectura de las capas interiores del objeto a analizar gracias a la capacidad de penetración de determinadas longitudes de onda no visibles (principalmente infrarrojo).

Palabras Clave: DIGITALIZACIÓN 3D, PROYECCIÓN DE PATRONES, VISIÓN HÍPER-ESPECTRAL, ANÁLISIS QUÍMICOS

Abstract

SYDDARTA is an European-range project, under the 7th framework program, focused on the development of a hyper-spectral based 3D digitizing system. The consortium is led by AIDO, Technological Institute for Optics in Valencia, and has members of 8 countries from the European Union. The technological base of the prototype to-be-developed is the combination of the pattern projection 3D digitizing technique, that generates the 3D shape of the object analyzed, and the hyper-spectral vision technique, that makes possible to perform chemical and structural analysis from the data taken from the interior layers of the object analyzed, an information that is provided by the penetration capability of the non visible wavelengths used (mainly infra-red).

Key words: 3D DIGITIZING, PATTERN PROJECTION, HYPER-SPECTRAL VISION, CHEMICAL ANALYSIS

1. Introducción

El proyecto SYDDARTA se centra en el desarrollo de un prototipo de un sistema portable para la monitorización del deterioro e identificación de pigmentos de obras de arte, concretamente tablas y lienzos del periodo barroco Europeo. Para alcanzar este objetivo, el prototipo se basará en el llamado proceso de Hiperdigitalización 3D, donde la imagen hiper-espectral se obtiene simultáneamente a la vez que se realiza una digitalización 3D del objeto a analizar. La técnica utilizada es de carácter óptico, lo que implica que no es invasiva y, por tanto, no destructiva. Por último, el instrumento dispondrá de una base de datos ampliable que recoja información de características de materiales como, por ejemplo, pigmentos, barnices, etc.

La fusión de las técnicas de digitalización 3D y visión hiper-espectral permitirá la realización de análisis in-situ, más rápidos,

de las obras, generándose los resultados en formato digital, lo que simplificará su transferencia entre distintas organizaciones y mejorará ostensiblemente los procesos de conservación de dichas obras. El sistema también podrá ser utilizado como herramienta adicional para otras aplicaciones como la autenticación, identificación de pigmentos, etc.

SYDDARTA aborda también algunos de los retos ambientales del siglo XXI tal y como se describe en el 7º Programa Marco de la Comisión Europea. Este proyecto incrementará el conocimiento y la experiencia de las empresas europeas especializadas en el importante ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales. El proyecto aumentará también el conocimiento de base por la generación de información, no sólo de las obras de arte por separado, sino de una base de datos

de materiales que será necesaria como referencia para los análisis de las mismas.

El proyecto SYDDARTA tendrá como resultado un prototipo demostrador totalmente funcional, que podrá ser utilizado por conservadores, es decir, una herramienta completa sencilla de utilizar. Mostrará una solución integrada a un precio competitivo, que será eficaz por ser de fácil uso para operadores no especializados, y que será adecuada para muchas aplicaciones, incluyendo las del campo del arte.

El proyecto SYDDARTA proporcionará una solución que permitirá analizar el deterioro físico y químico, de forma no invasiva, y el proceso de degradación, proporcionando información de las firmas espectrales y la geometría de los objetos, aunque esa información también podrá ser utilizada para tareas de autenticación. De esta forma, cualquier cambio en la información capturada, por ejemplo después de llevar a cabo un proceso de limpieza o de transporte, podrá ser identificado fácilmente.

2. Origen del Proyecto

Desde hace algunos años, la digitalización 3D tiene un papel cada vez más preponderante dentro de la conservación y restauración de patrimonio. Además, esto no es sino una consecuencia de la cada vez más importante presencia de las nuevas tecnologías, y de las tecnologías ópticas en particular, dentro del día a día en el trabajo con patrimonio. En este sentido, SYDDARTA nace como una herramienta que pretende anar en un solo sistema dos tipos muy diferentes de aplicaciones, por un lado la digitalización y el análisis geométrico y por otro el análisis espectral y los análisis químicos que se derivan de este.

Se pretende disponer de un sistema que presente como entregable una nube de puntos que contenga toda la información geométrica del objeto de estudio en el que, además, cada punto geométrico disponga de información adicional sobre composición espectral, aportando información química de las diferentes capas de la obra.

De esta forma, cada vez que se genere el modelo 3D de un objeto, se obtendrá su geometría y, sobre cada punto geométrico, se dispondrá de toda la información espectral de la obra, obteniendo información sobre los diferentes tipos de materiales que componen la obra, los tipos de pigmentos, capas inferiores que hayan quedado ocultas por una restauración/modificación de la obra, etc.

Todo esto permitirá dar un gran impulso al conocimiento artístico de nuestro patrimonio y dar un gran salto cualitativo en la comprensión del arte y el patrimonio. Además, se obtendrá un gran salto tecnológico dentro de la Unión Europea, que permitirá que las empresas en particular, y los sectores industriales en general, estén a un mayor nivel tecnológico, lo que derivará en una mayor competitividad en el mercado actual.

3. Consorcio del Proyecto

Para la consecución del proyecto, desde AIDO se ha trabajado en la elaboración de un consorcio de trabajo con la suficiente cualificación y capacidad para el desarrollo del sistema

propuesto, con miembros de diversos países de la Unión Europea con el fin de que todas y cada una de las tareas necesarias para su desarrollo queden cubiertas.

El consorcio se divide en tres grandes bloques:

- **Centros de Investigación**, entre los que se encuentra AIDO, que es el líder del proyecto. Son los encargados del desarrollo de las tecnologías en las que se basa el prototipo del proyecto y hacen de núcleo intelectual del proyecto. También son los encargados del ensamblaje del prototipo y la realización de las diferentes pruebas preliminares, dando una primera validación en cuanto al funcionamiento técnico del prototipo. En estas pruebas preliminares solo se buscará el correcto funcionamiento del sistema, con el fin de asegurar, en pruebas posteriores, que las muestras no sufrirán ningún tipo de daño.

- **Empresas privadas**. Son las encargadas de poner a disposición del proyecto los diferentes dispositivos y equipamientos comerciales con los que se construirá el prototipo final. Se encargarán de suministrar los componentes básicos y, en el caso de que no se disponga de los necesarios, su desarrollo, siempre bajo las directrices marcadas por los Centros de Investigación.

La labor de las empresas privadas se centra en el desarrollo de nuevos componentes con las especificaciones que los Centros de Investigación suministren, con el fin de disponer de los elementos necesarios para trabajar bajo las condiciones definidas.

- **Validadores**. Son los testadores del proyecto, y su principal función es, en las últimas fases del proyecto, la realización de pruebas de campo validación del sistema, realizando diferentes tipos de pruebas sobre obras reales. Se encargarán de la validación final del prototipo, tras su uso con muestras reales.

La labor de los diferentes centros validadores o testadores del sistema se centrará, en las fases posteriores, en la cesión de las diferentes obras de arte que formarán parte del conjunto de elementos de testeo del sistema. Se encargarán, también, de realizar los análisis comparativos y de funcionalidad del sistema, además de llevar a cabo todos los análisis y estudios previos de las obras seleccionadas.

El listado de participantes en el proyecto SYDDARTA es el siguiente:

Dentro de los validadores del sistema, se ha incluido a dos miembros especializados en la restauración de lienzos y tablas, ya que la principal fuente de obras con las que se trabajará en primera instancia son los retablos. En una segunda fase, se prevé expandir las capacidades del sistema para el análisis de otras tipologías de pieza.

4. Contribuciones de los socios

AIDO, FORTH y TUD contribuirán en el desarrollo del proyecto y la implementación del prototipo generando resultados explotables en cuanto al diseño de equipamiento y elementos para la implementación en el prototipo completo de SYDDARTA. Más aún, contribuirán en los modelos de ensamblado de las aplicaciones software.

XENICS, VIALUX, AVANTES y G&H, como empresas privadas que son, basarán su trabajo en la mejora de sus

productos, lo que le permitirá un aumento de ventas, en el seno de la Unión europea, de tecnologías novedosas, con las técnicas de diagnóstico no destructivo basado en el 3D hiper-espectral como punta de lanza, ya que podrán explotar los productos que desarrollen para el proyecto.

Socio	Tipo de Socio	País
AIDO	Coordinator: Centro de investigación	España
FORTH	Centro de Investigación	Grecia
TUD	Centro de Investigación	Holanda
CNR-ISAC	Centro de Investigación	Italia
XENICS	PYME	Bélgica
VIALUX	PYME	Alemania
AVANTES	PYME	Holanda
G&H	Gran Empresa	Reino Unido
SIGNINUM	PYME	Portugal
IPCHS	Validador, instituto de restauración	Eslovenia
RABASF	Validador, museo	España

CNR-ISAC, AIDO, SIGNINUM, IPCHS y RABASF contribuirán en la elaboración de una base de datos para la caracterización de recursos, como puedan ser: composición, pigmentos, materiales, identificación de parámetros de deterioro ambiental, etc.

5. Esquema del prototipo

El esquema básico de funcionamiento del sistema propuesto en el proyecto SYDDARTA consiste en dos partes, por un lado está la parte de captura 3D de la geometría del objeto y, por otra, la captura de la información espectral. Para ello, se dispondrá de una carcasa exterior que contendrá los siguientes componentes:

- Cámara digital.
- Filtro AOTF
- Filtros sintonizables.
- Chip DLP.
- Ópticas de acoplamiento.
- Fuentes de iluminación.

Para la parte de captura 3D del objeto de estudio, se dispone de un sistema de digitalización 3D basado en proyección de patrones. Se dispone de un proyector DLP que proyecta una serie de franjas de ancho variable sobre el objeto. Al proyectarse sobre la superficie del objeto, estas franjas se deformarán y esa deformación será captada por la cámara, que las registrará. Tras

el procesado de la deformación de estas franjas mediante unos algoritmos de reconstrucción de imagen específicos, se obtendrá una nube de puntos de alta densidad que representará la geometría del objeto analizado.

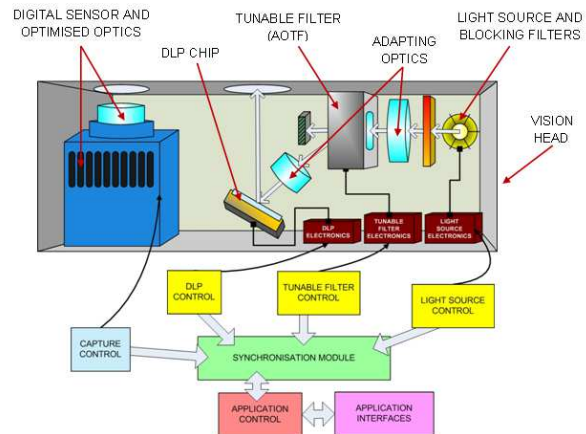


Figura 1. Esquema básico de funcionamiento

Como complemento a esta captura 3D, el sistema hará una captura, mediante un sensor de rango extendido, de la firma espectral del objeto, para lo que registrará tanto el espectro electromagnético emitido como reflejado, obteniendo información inherente a la pieza.

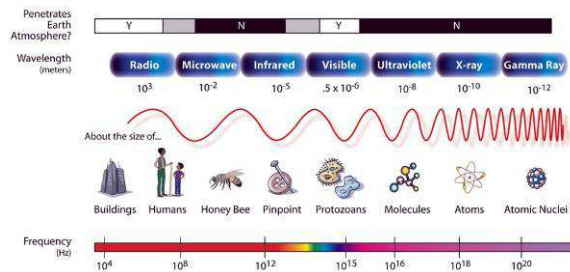


Figura 2. El espectro electromagnético

Para ello, se dispondrá de una fuente de iluminación que emitirá radiación que cubra todo el rango espectral que se quiera analizar [900-4400] nm. Una serie de filtros permitan aislar las respuestas espectrales del objeto en los rangos de estudio. En el caso de los sistemas de captura, se dispondrá de cámaras hiperespectrales con respuestas en los rangos considerados. Con el fin de aumentar la resolución espectral del sistema final, se emplearán filtros electrónicos que nos den rangos de variación en esta resolución que oscilen entre 3-6 nm, obteniendo una gran cantidad de información espectral de la obra.

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

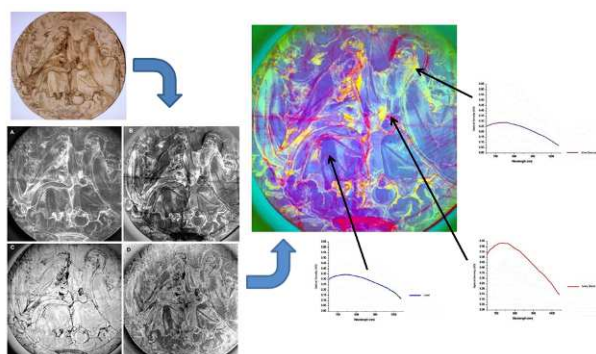


Figura 3. Captura hiper-espectral

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 existirá el problema de que los sensores no barren completamente todas las regiones espectrales de interés.

De todo lo anterior se generaran hiperdigitalizaciones de objetos, que contendrán información referente a la morfología de la obra en análisis y a la composición espectral de la misma, pudiéndose relacionar los cambios en estas firmas espectrales con deterioros físico-químicos de la obra. En lo que se refiere a la identificación de pigmentos, se dispondrá de una base de datos de firmas espectrales en pigmentos de la época barroca (pudiéndose ampliar a otras épocas), que se empleará como elemento de referencia para la identificación de los componentes (pigmentos) de la obra.

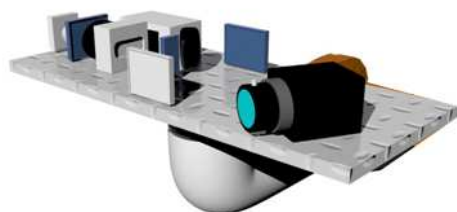


Figura 4. Esquema del prototipo

6. Objetivos del proyecto

Con el desarrollo del proyecto SYDDARTA se pretende centralizar en un solo sistema diferentes tipos de ensayos y análisis que a día de hoy requieren de múltiples sistemas (espectroscopía, digitalización 3D, etc.). De esta forma, los análisis de documentación y catalogación de las obras, así como los análisis previos a procesos de restauración y conservación se realizarán de forma mucho más rápida, evitando así movimientos o traslados de las obras. También se conseguirá hacer más fácil la realización de dichos ensayos, ya que no se necesitará aprender varios tipos de sistemas, al estar todo centralizado en uno único. De esta forma, los procesos de restauración y conservación serán más efectivos y eficientes, mejorando los resultados y reduciendo los tiempos de ejecución,

y sobre todo, los tiempos de exposición de las obras. Además, y como complemento, se podrá disponer de muchas más información referente a la obra, ya que la medición de esta, generará información de capas subyacentes, o zonas ocultas, y aportará información sobre la composición de la obra.

De esta forma, los museos dispondrán de una herramienta de gran potencia para la catalogación de todas sus obras, pudiendo realizar un inventario total de su catálogo, basado no solo en los parámetros actualmente utilizados, como autores, épocas de creación, etc., sino que se podrá hacer en función de otras clasificaciones derivadas de los resultados del análisis con este nuevo sistema, como son la catalogación en función de las materias primas (pinturas y barnices). De esta forma, se incrementará en valor de las obras de arte, ya que se conocerá de alguna forma su trazabilidad, pudiendo aumentar el conocimiento que se tiene sobre ella.

El sistema también podrá ser utilizado para la monitorización del estado de las obras de arte, analizando tanto su evolución temporal, como su estado tras diferentes manipulaciones. En el primer caso, se podrá analizar cómo se va deteriorando una obra con el paso del tiempo, lo que en algunos casos podrá servir para la parametrización de los daños de entorno (principalmente ambientales) que se generan en las obras, pudiendo así definir planes de prevención para obras similares en similares condiciones. En el segundo caso, el sistema servirá para hacer mediciones antes y después de la manipulación de una obra y poder hacer comprobaciones de como la manipulación ha afectado a la obra. Este aspecto es fundamental en el traslado de obras de arte y en la restauración, como método de verificar que la obra de vuelta está exactamente en las mismas condiciones que estaba antes de salir del museo y que no ha sido dañada en el proceso.

También se pretende disponer de un sistema inteligente que alimente una base de datos de materiales y pigmentos, que se alimentará de las muestras analizadas, y que generará una base de referencia sobre la que comparar los nuevos análisis, de forma que será cada vez más fácil la identificación de las firmas espectrales medias y, por lo tanto, los compuestos químicos y/o organismos subyacentes. Esto agilizará el análisis y la toma de medidas correctoras, en el caso de que sean necesarias, para la restauración de la obra tratada.

El sistema servirá para la autenticación de obras, sobre todo tras las restauraciones, ya que se dispondrá tanto de los trazos base de la obra como de las composiciones químicas con las que están realizadas las capas superiores, pudiendo comparar estas con las composiciones químicas originales (tomadas de las bases de datos, que identificarán espacio-temporalmente las mezclas) y obteniendo una comparativa que permita conocer si los compuestos son originales o no.

Además, y como último punto, se pretende crear una herramienta que permita el intercambio de información entre grupos de investigación de una forma ágil y rápida, mediante el intercambio de los archivos que este nuevo sistema genere, pudiendo recibir todos los miembros del grupo de investigación tanto la geometría como toda la información espectral de cada una de las regiones, teniéndolas localizadas, geoméricamente hablando, y pudiendo hacer estudios de evolución de las mismas, al disponer de un mapa de distribuciones de dichas firmas espectrales sobre la obra.