



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria 2014

Nº de proyecto  
**105**

Título del proyecto

***Incorporación de la tecnología 3D a las enseñanzas de las asignaturas de conservación-restauración de bienes culturales y a las vinculadas al ámbito escultórico***

Nombre del responsable del proyecto

***Sonia Santos Gómez***

Centro

***Facultad de Bellas Artes***

Departamentos

***Pintura y Restauración/Escultura***

## 1. OBJETIVOS PROPUESTOS:

El objetivo general del proyecto ha consistido en desarrollar una metodología de trabajo para la utilización de las herramientas 3D por parte del alumnado de las asignaturas Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo II y a Metodología de conservación y restauración de escultura I (grado de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural), así como también a las asignaturas Tecnologías Digitales y Estrategias Artísticas (grado de Bellas Artes).

Para su consecución se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Digitalización de diversas obras con escáner 3D (la Facultad de Bellas Artes cuenta con un escáner 3D). Se ha planteado esta fase tanto para realizar copias de determinadas obras, como para realizar reintegraciones volumétricas en el ámbito de la restauración mediante el empleo de la impresora 3D que compró el equipo de investigación del que forma parte Sonia Santos Gómez.
2. Impresión 3D de las obras digitalizadas y comprobación de que la reintegración volumétrica o la reproducción de la pieza se ajustan al original o a las necesidades de restauración de la pieza.
3. Creación de una obra mediante el empleo de programas de modelización 3D y su materialización mediante impresora 3D.
4. Diseño de la metodología de trabajo que podrá desarrollar posteriormente el alumnado, con la finalidad de que los archivos puedan ser compartidos por ellos y valorados entre los miembros de un mismo equipo.
5. Realización de vídeos donde se explicara la metodología desarrollada a fin de que el alumno la comprenda de manera adecuada y pueda, a su vez, ponerla en práctica.
6. El conocimiento de estas metodologías de trabajo por parte del alumno de cara a su inserción en el mercado laboral.

## **2. OBJETIVOS ALCANZADOS:**

Los objetivos generales han sido alcanzados, ya que se ha desarrollado una metodología de trabajo para la utilización de las herramientas 3D por parte del alumnado de las asignaturas Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo II y a Metodología de conservación y restauración de escultura I (grado de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural), así como también a las asignaturas Tecnologías Digitales y Estrategias Artísticas (grado de Bellas Artes).

Igualmente, se han logrado los siguientes objetivos específicos:

1. Digitalización de diversas obras con escáner 3D. Se ha llevado a cabo este proceso para realizar copias de determinadas obras.
2. Impresión 3D de las obras digitalizadas y realización de los moldes y positivos en resina de las piezas y comprobación de que la reproducción de la pieza se ajusta al original.
3. Creación de una obra mediante el empleo de programas de modelización 3D y su materialización mediante impresora 3D. Fundido de la pieza en fundición.
4. Realización de vídeos donde se explica la metodología desarrollada a fin de que el alumno la comprenda de manera adecuada y pueda, a su vez, ponerla en práctica.
5. El conocimiento de estas metodologías de trabajo por parte del alumno de cara a que conozca técnicas avanzadas de diseño, digitalización y restauración de bienes culturales, de cara a facilitar su futura inserción en el mercado laboral.
6. Con la metodología de reproducción de bienes culturales desarrollada y explicada detalladamente en los vídeos se ha logrado la reproducción de los mismos sin necesidad de utilizar sobre ellos otras técnicas más invasivas y más tradicionales (ej. moldes de silicona) que pueden suponer alguna alteración del original (cambios de coloración y brillo).

### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO

La metodología aplicada para el desarrollo de este proyecto ha contemplado estos aspectos fundamentales:

1. Selección de obras para su digitalización: *Trilobite* (colección particular), *Terra Sigillata* (colección particular), pluma de urraca, piel de dromedario, fósil (digitalizado por el equipo de investigadores del Grupo de Biología Evolutiva de la UNED), y una pieza que sería diseñada por uno de los participantes en el proyecto.
2. Digitalización de diversas obras con el escáner 3D propiedad de la Facultad de Bellas Artes de la UCM: *Trilobite* (colección particular), *Terra Sigillata* (colección particular), pluma de urraca y piel de dromedario.
3. Diseño de una pieza de joyería con Maya.
4. Impresión 3D de las obras digitalizadas con la impresora que posee el equipo de investigación en el que participa la coordinadora de este proyecto. La digitalización de la pluma y la piel no proporcionó los resultados esperados, dadas las complejas características de la textura y dimensiones de las piezas a las que no se ajustaban las prestaciones del escáner.
5. A partir de los positivos en resina, realización de moldes y reproducciones con el color aproximado de la pieza original.
6. Fundición en plata de la pieza diseñada por ordenador.
7. Realización de dos vídeos donde se ha explicado la metodología desarrollada a fin de que el alumno la comprenda de manera adecuada y pueda, a su vez, ponerla en práctica. Próximamente podrían compartirse en el Campus Virtual.

#### 4. RECURSOS HUMANOS

-Sonia Santos: Dra. en Bellas Artes. Beca FPI y becas de especialización en el departamento de conservación-restauración de pintura del (IPCE). Prof. Titular interina del Dpto. de Pintura y Restauración de la Facultad de BBAA (UCM) (asignaturas de grado, licenciatura, máster y en títulos propios en el área de la conservación y restauración). Miembro del Grupo de Investigador: Técnicas de Documentación. Conservación y Restauración del Patrimonio (930420).

-Elena Blanch: Dra en Bellas Artes. Especialista en Escultura. Profesora titular de Escultura y Directora del Departamento de Escultura de la UCM. Miembro del Grupo de Investigador: *Arte, ciencia y naturaleza* (930020) y Acis (941730). Directora del proyecto de investigación: *Nuevos procesos en la captura de la tridimensión. Repercusiones del escaner tridimensional en la representación y reproducción escultórica*. PR41/06-14926 y miembro del proyecto de investigación: Nuevas Formas del Mito: una Metodología Interdisciplinar FFI 2012-32594.

- Montaña Galán: Doctora en Bellas Artes. Profesora Colaboradora del Dpto. de Pintura y Restauración (Asignaturas de Licenciatura, Grado, Máster y en Títulos propios en el área de la Conservación y la Restauración). Ha participado en diversos Proyectos de Investigación, destacando entre ellos La conservación de esculturas y material etnográfico por digitalización 3D, aplicación al patrimonio escultórico de la Universidad Complutense de Madrid (PR49/98-7783).

- Margarita San Andrés: Dra en CC Químicas y Profesora Titular del Dep. Pintura y Restauración de la Facultad de BBAA (UCM). Amplia experiencia en el estudio y análisis material de pintura y escultura. Investigadora responsable del Grupo de Investigador: Técnicas de Documentación. Conservación y Restauración del Patrimonio (Grupo UCM-930420)

- Lucio Zurdo: Actualmente realizando Tesis Doctoral: "El hombre sentimiento trágico de la existencia. "Fragilidad humana y complicidad con el mundo animal". 2011 Máster de Formación de Profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, especialidad Artes Plásticas", UCM. 2010 Máster en Arte Creación + Investigación, Universidad Complutense de Madrid. 2009 Licenciado en Bellas Artes" (UCM). Formación en programas de modelización 3D.

- María Ávila: Licenciada en Bellas Artes, especialidad Conservación y Restauración de obras de arte (escultura). Actualmente cursa el Master oficial de Conservación del Patrimonio, en la Universidad Complutense de Madrid y realiza las prácticas de mismo en la empresa Factum Arte, en el departamento de moldes y en el de escáneres y 3D (300 horas).

- Pedro Ángel Terrón: Es Doctor en Bellas Artes por la UCM y profesor titular en la misma universidad desde 1989 hasta la actualidad. En su actividad como escultor ha realizado múltiples exposiciones, tanto individuales como colectivas y ha recibido numerosos premios. Ha participado en proyectos PIMCD y realizado diversas publicaciones.

- Rita Gil: Licenciada en Bellas Artes, especialidades Artes de la Imagen Actualmente realizando la tesis doctoral inscrita en la UCM. Pondrá en práctica la realización de copias y realización de reintegraciones volumétricas tanto para el proyecto como para su tesis.

- Silvia Álvarez: Licenciada en Bellas Artes. UCM. Posgraduada en Bienes Culturales: conservación, restauración y exposición (2008). Becaria de Colaboración depto. De Pintura y Restauración durante tres años (2008-2010) como Técnico del Laboratorio digital 3D en proyectos I+D del dpto. de Didáctica.

- José Carlos Espinel Velasco. Licenciado en BBAA. UCM. Doctorando en la Facultad de Bellas Artes de la UCM: Nuevos Procesos Digitales en la Creación Escultórica del s. XXI. Beca de Investigación. Curso: "Modelado 3D con Maya". Centro de estudios Ondas Escolares. Alcorcón, Madrid. Taller "Escaneado y modelado 3D". Fac. BBAA (UCM). Diseñador gráfico y web para el Master Arte y Creación + Investigación (MAC+i), UCM. 1er Premio de Videocreación Arte Joven por el corto de animación".

## 5. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES:

El proyecto desarrollado está vinculado fundamentalmente a la asignatura Metodología de Conservación y Restauración de Arte Contemporáneo II. También está relacionado con Metodología de conservación y restauración de escultura I (grado de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural), así como también a las asignaturas Tecnologías Digitales y Estrategias Artísticas (grado de Bellas Artes). Por otra parte, podría dar apoyo a otras asignaturas de Restauración y las relacionadas con las enseñanzas artísticas en general.

Los resultados obtenidos en el mismo colaborarán en la enseñanza de la aplicación de las tecnologías 3D en el ámbito de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales y en la creación de arte contemporáneo. Es fundamental la conexión de estos ámbitos con estas tecnologías, ya que el hecho de mantenerse ajeno a estas realidades supone la obsolescencia de las enseñanzas.

La Facultad de Bellas Artes ya contaba con un escáner 3D y la impresora necesaria se ha adquirido recientemente. Parte de la cuantía económica solicitada en este proyecto ha sido destinada a la compra de consumibles (cartuchos de resina para la misma), la fundición de una pieza en metal y la adquisición de otros materiales fungibles (espátulas y pigmentos).

El proyecto ha contemplado la digitalización de diversas piezas:

Se han planteado dos casos correspondientes a obra real para los que la tecnología 3D ha actuado desde el punto de vista de la conservación preventiva. Por una parte, se ha digitalizado e impreso un fósil (*Trilobite*), con el fin de mostrar al alumnado cómo se actuaría en la reproducción de un bien cultural especialmente delicado y sobre el que no podría realizarse directamente un molde tradicional (de silicona) sin alterar ciertos valores plásticos del objeto como su color o brillo. La reproducción de esta pieza tendría como objetivo que pueda investigarse sobre ella sin tener que manipular el fósil original y, reduciendo, por tanto, su posibilidad de deterioro.

Por otra parte, se ha reproducido un fragmento de una *terra sigillata*, en este caso planteando su posible utilidad desde el punto de vista didáctico; es decir, se crea una reproducción de un original con el fin de que, por ejemplo, los alumnos o incluso los visitantes de un museo pudieran manipular y conocer la pieza también sin deteriorar el original.

En ambos casos, se han digitalizado las piezas con el escáner Konica Minolta VI-910 para a continuación imprimirlas con la impresora 3D en resina acrílica. Después, se han realizado los moldes de silicona con carcasa de escayola de estas piezas impresas y, finalmente, se han realizado las reproducciones definitivas con resina epoxi, con pigmentos y cargas. Los resultados han sido muy satisfactorios para estas piezas.

En el caso de los fragmentos de piezas arqueológicas y en relación con la *terra sigillata*, podrá explicarse al alumnado que la tecnología 3D también puede servir para digitalizar el hueco (fragmento faltante) en una pieza, reproducirlo con la impresora 3D y después realizar su molde y vaciado definitivo con resina, cargas y pigmentos.

Igualmente, se ha realizado la impresión de un fósil, en concreto una vértebra caudal media del holotipo de *Spinophorosaurus nigerensis* (ejemplar GCP-CV-4229 depositado provisionalmente el Museo Paleontológico de Elche) (Dinosauria Saurópoda), que procede del Jurásico Medio (Bajociense-Batoniense) de Azenak (Comunidad Rural de Aderbissinat, Dept. Thirozerine, Región de Agadez, República de Níger). Esta pieza ya había sido digitalizada previamente dentro del Proyecto PALDES por el equipo de investigadores del Grupo de Biología Evolutiva de la UNED.

Esta vértebra podría servir en las investigaciones de este equipo sin necesidad de que sus miembros tuvieran que manipular el original. En este caso, la vértebra era de gran tamaño y, por tanto, su manipulación resultaba más complicada por el grupo investigador. En el ámbito de la Paleontología se está poniendo en práctica la metodología de escanear e imprimir a menor escala las piezas de mayor tamaño, de modo que para los investigadores sea más sencillo manipularlas, tocarlas, colocarlas de modo que se aproximen a como estuvieron dispuestas originalmente en el animal. En este caso, no se ha realizado el molde de la pieza impresa y el positivo definitivo con resina, ya que para los investigadores únicamente resultaría especialmente importante la morfología de la pieza, no su coloración. Por tanto, esta metodología de actuación constituye también un ejemplo para objetivos similares y se presenta a los alumnos en el vídeo.

Por otra parte, también se han utilizado las tecnologías 3D en el diseño de una medalla, que después se ha impreso con la impresora 3D y finalmente se ha fundido en plata. En este caso, se parte de un archivo diseñado con un programa de modelado en 3D, en concreto con Maya. Debe indicarse que la pieza obtenida en plata presenta ciertos defectos que podrán subsanarse en un futuro próximo. Los pequeños defectos se deben a que la fundición no disponía de horno que alcanzase la temperatura necesaria para fundir adecuadamente la pieza (950°C).

Debe destacarse la utilidad de la resina acrílica fotopolimerizable que utiliza la impresora: Se trata de un material denominado VisiJet FTX, que solidifica en capas y polimeriza con radiación UV. Ha sido diseñado expresamente para que las piezas impresas puedan ser llevadas al árbol de fundición, como tradicionalmente se trabajaba, con modelos en cera, y obtener el positivo en metal.

Además, se han realizado pruebas de digitalización de otras piezas especialmente complejas: un trozo de piel animal con pelo y una pluma. Estos casos de estudio se realizan con el fin de desarrollar una metodología de trabajo para reintegrar volumétricamente piezas naturalizadas. Por tanto, se plantea reintegrar una zona en la que falta un fragmento de piel y se pretende digitalizar una pluma para después imprimirla y realizar el positivo en resina con el fin de contribuir a la

reintegración volumétrica de un ave. La metodología que se pensaba llevar a cabo es igual a la expresada en los casos anteriores: Escaneado de la morfología de otro trozo de piel del animal, impresión 3D, realización de moldes y positivos en resina u otros materiales. En ambos casos, la digitalización de las piezas ha resultado dificultosa y se espera en el futuro poder mejorar los resultados. La textura del pelo o de la pluma da lugar a que la unión de las mallas generadas durante el escaneado de la pieza resulte deficiente. Se espera, por tanto, mejorar estos últimos resultados mediante la utilización de otros sistemas de digitalización (por ejemplo mediante fotogrametría).

Fruto de todo este trabajo se han realizado dos vídeos en los que se explica la metodología seguida. Los vídeos llevan por título:

La utilización de la tecnología 3D en la conservación-restauración de bienes culturales y el ámbito escultórico (PARTE 1)

La utilización de la tecnología 3D en la conservación-restauración de bienes culturales y el ámbito escultórico (PARTE 2)

En la primera y segunda parte de este vídeo se ha descrito la metodología de empleada en la reproducción de bienes culturales sin utilizar directamente sobre ellos los materiales habituales de moldeo, con lo que se evita el deterioro o alteración de la obra original durante el proceso. Se detalla la digitalización de las piezas mediante el empleo del escáner 3D, su impresión en resina acrílica con impresora 3D y la realización de los moldes de las impresiones y los vaciados ya a color con resina epoxídica. También se hace referencia a la medalla que ha sido diseñada e impresa para posteriormente ser fundida en plata. De la vértebra, se muestra su impresión.

Puede decirse, por tanto, respecto al proyecto que, globalmente, se han obtenido resultados muy positivos y se han alcanzado los objetivos planteados.



## 6. ANEXOS

### ANEXO I:

#### MATERIALES Y EQUIPAMIENTO UTILIZADOS:

- Digitalizador láser modelo Konica Minolta vivid 910/vi-910 propiedad de la Facultad de Bellas Artes de la UCM.

-Impresora 3D Projet 1200 de 3D Systems, de alta precisión y detalle y acabado de calidad.

Volumen: 43x27x180mm

Resolución: 585dpi

Espesor de capa: 30micras

Post-Proceso: Unidad de curado UV

Material: Visijet FTX Green

Archivos: STL

- Consumibles para la impresora: Resina acrílica fotopolimerizable. Se comercializa como Visijet FTX. Solidifica en capas mediante luz ultravioleta. Una vez creados los modelos, puede utilizarse en fundición de la misma manera que se trabaja con modelos en cera.

- Equipo empleado en la fundición (horno que alcanza los 850°C).

- Silicona SILASTIC 3481. Se ha utilizado en el moldeo de las impresiones de resina.

- Escayola. También se ha utilizado en este proceso de moldeo.

- Pigmentos en polvo. Se utilizan para dar color al vaciado definitivo.

- Resina epoxídica y endurecedor. Se ha utilizado para realizar el vaciado definitivo.

- Resina acrílica. Finalmente no se ha utilizado en la realización del vaciado, aunque se contempló como posible material a utilizar en lugar de utilizar la epoxídica.

-Colores Gamblin. Son pigmentos aglutinados con resina urea-aldehído que se utilizan en conservación-restauración. Se han empleado para retocar los vaciados definitivos, una vez han salido del molde.

-Disolventes: Dowanol PM (para disolver los colores Gamblin), Isopropanol (para bañar las piezas de resina extraídas de la impresora).

- Otros materiales: Palillos de modelar (para la trabajar la plastelina de moldeo), espatulines (para trabajar la plastelina de moldeo y mezclar la resina), bisturíes (a fin de retirar los apoyos de las impresiones de resina y también para eliminar la rebaba de

resina de la línea de junta del molde), lijas y pequeñas escofinas (para retirar la resina de la línea de junta), pincel (para el retoque de color del vaciado definitivo), pigmentos en polvo (para pintar los moldes para realizar el vaciado definitivo).