



## Aplicación de la tecnología 3D en la restauración del conjunto escultórico *Los Portadores de la Antorcha*, de la Ciudad Universitaria de Madrid

Sonia Santos<sup>1</sup>; Lucio Zurdo<sup>2</sup>; María Ávila<sup>3</sup>; Pablo de Arriba<sup>4</sup>; Plácido R. Bonnin<sup>5</sup>; Montaña Galán<sup>6</sup>; Santiago Tena<sup>7</sup>; Pedro Terrón<sup>8</sup>; Elena Blanch<sup>9</sup>; Rita Gil<sup>10</sup>

Recibido: 11 de abril de 2017 / Aceptado: 7 de julio de 2017

**Resumen.** El conjunto escultórico *Los Portadores de la Antorcha*, realizado por la escultora estadounidense Anna Vaughn Hyatt Huntington, sufrió hace tres años el robo de uno de sus elementos constitutivos más importantes: la antorcha que portaba la figura situada en el plano inferior. Un equipo de investigación ha llevado a cabo la restitución de la pieza faltante y, para ello, ha empleado una combinación de la tecnología 3D con los tradicionales métodos de moldeo.

Como planteamiento previo, se planteó la digitalización, mediante escáner 3D o fotogrametría, de algunas de las antorchas correspondientes a otras versiones que de la escultura existen en nuestro país (Valencia), así como en América.

Debido a la imposibilidad, hasta el momento, de optar por esta medida, finalmente se ha puesto en práctica otra opción, que ha consistido en la realización del modelado 3D de la antorcha a partir de las seis fotografías de las que se disponía. Una vez se dispuso de este modelo 3D, se realizó el fresado 3D de la llama, así como el torneado de la parte inferior. De este modelo en resina de poliuretano se realizó su molde y después el vaciado final y mediante el empleo de una resina epoxi con filtro UV, de manera que el color de aluminio de la pieza permanezca lo más estable posible.

**Palabras clave:** Tecnología 3D; conservación; Los Portadores de la Antorcha; modelo 3D; molde.

<sup>1</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [soniasantos@ucm.es](mailto:soniasantos@ucm.es)

<sup>2</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [luciozurdo@gmail.com](mailto:luciozurdo@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [maavi01@ucm.es](mailto:maavi01@ucm.es)

<sup>4</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [pablodearriba@art.ucm.es](mailto:pablodearriba@art.ucm.es)

<sup>5</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [placido.r.bonnin@gmail.com](mailto:placido.r.bonnin@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [mgalanca@ucm.es](mailto:mgalanca@ucm.es)

<sup>7</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [santiagotena@gmail.com](mailto:santiagotena@gmail.com)

<sup>8</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

<sup>9</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [eblanch@art.ucm.es](mailto:eblanch@art.ucm.es)

<sup>10</sup> Universidad Complutense de Madrid (España)

E-mail: [petitrita22@gmail.com](mailto:petitrita22@gmail.com)

## [en] Application of 3D technology in the restoration of the sculpture *The Torch Bearers* of the University City of Madrid

**Abstract.** The sculpture *The Torch Bearers*, made by the American sculptor Anna Vaughn Hyatt Huntington, recently suffered the theft of one of its most important constituent elements: the torch that carried the figure located in the lower plane. Recently, a research team has carried out the restitution of the missing piece. To this end, a combination of 3D technology has been employed with traditional molding methods.

As a preliminary approach, the digitalisation by means of 3D scanner or photogrammetry is proposed, based in this piece of some of the other versions that exist in our country (Valencia), as well as in America.

Due to the impossibility, so far, of doing this, finally has been put into practice another option, which has consisted in the realization of the 3D model of the torch from the six available photographs. Once the 3D model was configured, the 3D ash of the flame was realized, as well as the turning of the lower part. From this model in polyurethane resin was made its mold and, from this, the final torch with its color, by using an epoxy resin with UV filter, so that the color of the piece remains as stable as possible.

**Keywords:** 3D technology; conservation; Los Portadores de la Antorcha; 3D model; mold.

**Sumario:** 1. Introducción. 2. La obra. 3. Planteamiento inicial de la restitución de la antorcha a la escultura. 4. Metodología utilizada y resultados. 4.1. Fase de digitalización. 4.2. Modelado 3D. 4.3. Fase de fresado de la pieza. Obtención de un positivo a partir del que realizar el molde. 4.4. Realización del molde de silicona con carcasa de escayola de la pieza fresada. 4.5. Realización del vaciado. 5. Fijación de la antorcha al conjunto escultórico. 6. Conclusiones. Referencias.

**Cómo citar:** Santos, S.; Zurdo, L.; Ávila, M.; De Arriba, P.; Bonnin, P.R.; Galán, M.; Tena, S.; Terrón, P.; Blanch, E.; Gil, R. (2018) Aplicación de la tecnología 3D en la restauración del conjunto escultórico *Los Portadores de la Antorcha*, de la Ciudad Universitaria de Madrid. *Arte, Individuo y Sociedad* 30(1), 61-75.

### 1. Introducción

En los últimos años, el empleo de la tecnología 3D en el ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales ha cobrado un gran auge debido, entre otros motivos, a que tiene numerosas utilidades y constituye un importante recurso para las instituciones que actúan con el fin de difundir, conservar y restaurar el patrimonio artístico mediante la realización de reproducciones (Escrivá y Madrid, 2010). Esta tecnología ha de ser utilizada de manera adecuada a fin de que la reproducción resulte fidedigna y de modo que se respeten de manera adecuada los criterios de conservación de obra de arte.

Estas tecnologías permiten realizar reconstrucciones volumétricas de partes desaparecidas de las esculturas y, en este caso, posibilitan una actuación inocua para la obra original, ya que el material de moldeo que podría emplearse en ello no toca la obra real, con lo que la pieza no resulta alterada por él. Ciertamente, la utilización de silicona como material de moldeo a fin de reproducir cierto tipo de obras (especialmente las constituidas por materiales porosos) puede dar lugar a alteraciones de brillo y color en la pieza si no se la protege convenientemente, ya que la silicona es un material graso.

Hoy en día, la escultura pública es objeto de reiteradas agresiones. Continuamente puede observarse que las obras son cubiertas por grafitis que vuelven a ser aplicados,

en muchos casos, inmediatamente después de su limpieza. Por otra parte, la existencia de puntos débiles en las esculturas permite el robo de fragmentos, sobre todo de elementos cuya unión al cuerpo principal de la obra resulta insuficiente para evitar estas actividades vandálicas. Existen múltiples ejemplos de este tipo de actuaciones. Por ejemplo, una noticia del 20 de abril del 2011 en El País se titulaba: *Y la Alondra de García Lorca Voló*.<sup>11</sup> Se hacía referencia en ella a la desaparición de la alondra de la escultura en bronce de Federico García Lorca, realizada por Julio López Hernández en 1984 y sita en la Plaza de Santa Ana. Con el robo, la escultura del escritor, levemente inclinada, que invitaba al ave a volar, perdió su sentido. Esta obra fue creada para conmemorar el 50º aniversario del estreno de *Yerma* (1934). El entonces director del teatro Español, Miguel Narros, solicitó al Ayuntamiento su creación. Algún tiempo tras el robo, se realizó una copia de la alondra y se colocó en su lugar (García, 2011).

Frente al arte más tradicional, donde cuando desaparece un elemento importante de una obra este habitualmente no es repuesto, en arte contemporáneo normalmente este sí es restituido, especialmente cuando es imprescindible su presencia para la comprensión de la obra, ya que el propio autor o sus herederos u otras instituciones como entidades culturales o las comunidades autónomas ejercen sus derechos y suelen colaborar a fin de recuperar la integridad de la obra (Espín, 1997; Autor, 2017). A este respecto, en un texto del *Proyecto Coremans. Criterios de intervención en materiales metálicos* (Carrión, 2015, p. 41) se indica:

Se dan situaciones paradójicas [...] en el arte contemporáneo donde se ve necesario mantener la intención del autor y el significado de la obra, llevándose al límite las premisas de la restauración “convencional”, al rehacer y sustituir lo que sea preciso, aspecto que no puede desvincularse del valor adquirido en el mercado. En otros ámbitos de la conservación, la pérdida del material original que supone la reposición de elementos, afecta a la autenticidad del bien, existiendo posturas diferentes e incluso contrapuestas entre los profesionales sobre la necesidad de establecer unos criterios claros para estos casos especiales. No obstante, se está empezando a cuestionar, sobre todo en los casos de importantes sustituciones de gran parte de la materia, en objetos que forman parte de un montaje o de una instalación de arte contemporáneo, que empiezan a valorarse como documentos históricos de una determinada manifestación.

En cualquier caso, no está de más que la reproducción sea identificada como no original (por ejemplo con una inscripción en la propia pieza) o, al menos, ser documentada convenientemente la restitución como parte de la historia de la obra.

La obra mencionada de Julio López constituye uno de los múltiples ejemplos que pueden aportarse. Estos actos dan lugar a que el Ayuntamiento de Madrid destine cada año una suma importante de dinero a solventar sus consecuencias. Aproximadamente se invierte en ello el 20% del total que gasta el Consistorio en conservación del patrimonio de la ciudad (esculturas, fuentes ornamentales, puentes, etc.). La Dirección General de Infraestructuras Culturales se ocupa de la redacción de los pliegos de prescripciones técnicas para el contrato de conservación de monumentos y asigna el mismo a las empresas adjudicatarias del concurso. Además, el Consistorio pone a disposición del ciudadano un teléfono gratuito en el que pueden realizarse denuncias. Suele recibir unas 200 llamadas al año.

---

<sup>11</sup> [http://elpais.com/diario/2011/04/20/madrid/1303298664\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/04/20/madrid/1303298664_850215.html)

Una de las obras pertenecientes a la Universidad Complutense de Madrid y que recientemente ha pasado por la situación mencionada es *Los Portadores de la Antorcha*, ubicada en la Ciudad Universitaria. A lo largo de su historia, esta obra ha sido objeto de múltiples actos vandálicos. Ya en el año 2011 la antorcha, elemento primordial, fue arrancada de la mano de la figura, pero apareció poco después. Se fijó entonces de nuevo la pieza a la mano de la figura mediante el empleo de una resina epoxídica coloreada. Esta actuación fue llevada a cabo por un equipo de profesores de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid.



Figura 1. Imagen correspondientes al conjunto escultórico *Los Portadores de la Antorcha* en el año 2011, poco antes de que desapareciera la antorcha ese mismo año. Pueden apreciarse los grafitis que entonces la recubrían. ©Montaña Galán Caballero.



Figura 2. Imagen de la antorcha arrancada. ©Carlos Romero Barruete.

Recientemente, la antorcha ha sido robada de nuevo y, al contrario de lo sucedido en otras ocasiones, esta vez no ha reaparecido. El planteamiento de restauración de la obra mediante la reposición de esta parte faltante ha sido desarrollado recientemente en dos proyectos PIMCD<sup>12</sup> de la Universidad Complutense de Madrid y será descrito en los epígrafes subsiguientes.

<sup>12</sup> Proyectos PIMCD: Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente (UCM).

## 2. La obra

El conjunto escultórico *Los Portadores de la Antorcha* fue creado por la escultora estadounidense Anna Vaughn Hyatt Huntington. Como se ha indicado, está situado en la Ciudad Universitaria, concretamente en la plaza de Ramón y Cajal, frente a las facultades de Medicina, Farmacia y Escuela de Estomatología.

En 1953, la escultora indicaba al profesor José García Mazas que estaba finalizando una obra, iniciada hacía tres años, que recibía la denominación anglosajona *The Torch Bearers* (Los Portadores de la Antorcha). Esta pieza constituía un homenaje a la herencia de la civilización occidental. En 1954 la autora ya había realizado el vaciado en yeso y la pieza sería fundida en Long Island. Costó entonces 175.000 dólares (De las Heras, 2003, p. 354). Jerome F. Gould Corp. la empaquetó en Brooklyn y ya en la ciudad de Jersey fue transportada hasta Barcelona; desde allí se llevó a la Ciudad Universitaria de Madrid, donde llegó en abril de 1955 y fue inaugurada el 15 de mayo. Puede decirse que en aquellos días constituía la escultura de aluminio más grande del mundo, aproximadamente 457 cm x 365 x 365 (alto, ancho, profundidad) y pesó alrededor de 1588kg (Hamilton, 2016).

La pieza es un grupo ecuestre en el que el jinete, un hombre, detiene la marcha de un caballo para recoger la antorcha que otro hombre desnudo, en el suelo, le entrega. En la base figura la siguiente inscripción:

El hombre lleva la sagrada antorcha de la fidelidad por las candentes arenas del desierto de los tiempos. La mujer lleva la maternidad como antorcha sublime en su camino. Con ambas luces llevan a su término la incansable tarea de las almas hasta la eterna puerta de los cielos, ante el gozo de Dios arrebatado.

La inscripción describe, por tanto, la simbología de la escena representada.

Existen o se han expuesto diversas réplicas y versiones de los Portadores de la Antorcha en diversos lugares: en la Biblioteca Mark Twain (bronce) de Redding (Connecticut), en el Wardlaw College (bronce) de la Universidad de Carolina del Sur, en el Chrysler Museum of Art de Norfolk, Virginia (aluminio), en el Stevens Institute of Technology de Hoboken, en New Jersey (aluminio) y en el Discovery Museum de Bridgeport de Connecticut (bronce) (Hamilton, 2016). Igualmente, hay una versión en la Habana (bronce) y otra (bronce también) en Valencia. Esta última será descrita posteriormente.

## 3. Planteamiento inicial de la restitución de la antorcha a la escultura

Como se ha indicado, la antorcha de la versión de Ciudad Universitaria fue robada hace alrededor de tres años. Se plantea, por tanto, su restitución.

Para ello, se configura una actuación en diversas fases. La primera de ellas ha consistido, primeramente, en documentar la obra respecto a la entidad plástica y matérica, autoría y otros aspectos.

Como segunda fase del proyecto, se planteó ir a Valencia a digitalizar la antorcha de la versión en bronce a fin de obtener así su archivo 3D y poder materializar su reproducción. Para este fin, se utilizaría un escáner 3D en combinación de fotogrametría y después se realizaría el fresado 3D de la pieza en resina de poliuretano mediante el empleo una fresadora 3D. Finalmente, a partir de esta antorcha fresada, se realizaría

el molde de silicona con contramolde de escayola. Las piezas definitivas se vaciarían en resina epoxi, esta vez ya con vástago interior de refuerzo y su coloración final.

Esta metodología de trabajo, que utiliza métodos tradicionales de moldeo junto a tecnologías 3D, es empleada en la actualidad por empresas que destacan internacionalmente en cuanto a realización de reproducciones. Así, por ejemplo, Factum Arte (que se dedica a la realización de facsímiles de obras para museos de todo el mundo, realizó en el 2003 la copia de la Dama de Elche mediante el empleo de moldes de silicona y tecnologías 3D (Factum Arte, 2004). La metodología empleada por la empresa consiste en realizar un escaneado de la obra, que les permite obtener un primer positivo en resina, impreso o fresado, sin la coloración final. De éste, la empresa realiza un molde mediante el sistema tradicional del empleo de silicona y ya, por último, un positivo en resina con su color definitivo aproximado al del original. De este modo, el material de moldeo, la silicona, no entra en contacto directo con la obra, con lo que no la deteriora o modifica aspectos como color o brillo del original.

#### **4. Metodología utilizada y resultados**

Como podrá comprobarse a continuación, el planteamiento inicial para el desarrollo del proyecto hubo de ser modificado debido a múltiples circunstancias que, en principio, no estaban contempladas.

##### **4.1. Digitalización de la antorcha de Valencia**

La versión de Los Portadores de la Antorcha de Valencia está realizada en bronce, pertenece al Ayuntamiento de la ciudad y está situada en la Avda. de Blasco Ibáñez. Elena de Las Heras aporta numerosos datos sobre la misma en su tesis doctoral *La Escultura Pública en Valencia. Estudio y Catálogo* (2003, pp. 354-356) y da cuenta de los avatares que ha sufrido.

Este conjunto escultórico mide 4,50m de alto y fue donado por su autora Anna Vaughn Hyatt Huntington en enero de 1964. En una carta manuscrita con fecha del 6 de abril de 1962 dirigida al Ayuntamiento de Valencia, la autora indica que es una obra “prometida para ese país”. El 23 enero de 1964 por fin llega la obra a Valencia. Manuel González Martí, fundador del Museo nacional de Cerámica, amigo personal de los Huntington y vicepresidente de The Hispanic Society of América, daba cuenta de su llegada:

El grupo, fundido en Madrid por don Ignacio Ángel González Selles, que acompañó la expedición, tiene 4,50 m. de altura y será instalado sobre un pedestal de piedra de 1,70 m. de altura y 3,80 m. de diámetro. La orientación será norte, es decir, que mirará al acceso de la nueva carretera de Barcelona, que el monumento centra en el referido paseo. El nuevo monumento quedará definitivamente instalado en un plazo de 10 días. (González, 1964, citado en De las Heras, 2003, p. 355).

A fin de digitalizar la antorcha, se había planificado la utilización de un escáner 3D de modo que se completarían los datos suministrados por el mismo mediante fotogrametría. Numerosos autores (Farjas & Arcia, 2008; Kosciuk, 2012) subrayan la importancia de estas tecnologías en la conservación del patrimonio.

Para ello, se recurrió a la empresa D3D Digitalización 3D, dirigida por Luis Gracia, que brindó su apoyo desinteresado. La empresa emplea un escáner de



luz estructurada SLS-2, con una resolución de menos de 0,06mm. A fin de poder utilizarlo, el escáner hubo de ser conectado a un generador (Grupo SDMO 2000 inverter). La climatología, fundamentalmente un intenso viento que azotaba la ciudad ese día, dificultó la digitalización de la pieza, de modo que impidió la colocación de los dispositivos y parapetos que el equipo de investigación había llevado a fin de favorecer la digitalización. Se pensó entonces de todas formas en digitalizar la pieza mediante fotogrametría.

Sin embargo, durante el trabajo de documentación fotográfica de la pieza, pudo constatarse que el aspecto de la antorcha de bronce difería notoriamente de la de aluminio correspondiente a la de Ciudad Universitaria. De ello se deduce, bien que ambas antorchas eran diferentes en origen (circunstancia que no parece probable), bien que la de bronce que sustituyó a su original robada (de Valencia) fue realizada inspirándose en esta última, pero sin constituir una copia fidedigna de la original.

Elena de las Heras (2003) también hace referencia a un dato que Vicente Galiana, Arquitecto Técnico en el Ayuntamiento de Valencia, ya había indicado al grupo investigador de los PIMCD: como en el caso de la escultura de Ciudad Universitaria, también en el caso de Valencia la antorcha había sido robada con anterioridad y después sería restituida mediante el trabajo de una fundición. Vicente Galiana se interesó por la metodología empleada en la realización de la nueva antorcha de bronce, contactando incluso con personal de la fundición que la realizó y que hoy en día ya ha desaparecido. En cualquier caso la antorcha restituida no es igual a la que presentaba la escultura de Ciudad Universitaria, con lo que hubo de desestimarse la realización de su escaneado.

Igualmente, puesto que las diferencias entre las dos antorchas son importantes, se desechó la posibilidad de utilizar las fotografías de la de Valencia para realizar la fotogrametría de la de Ciudad Universitaria.

Por ello, el equipo investigador se planteó entonces solicitar imágenes a algunos de los organismos americanos propietarios de las diferentes versiones en bronce y copias en aluminio. De todas las instituciones consultadas, se recibió respuesta favorable de la Biblioteca Mark Twain de Connecticut, quienes se ofrecieron incluso a enviar entre 40-50 fotografías.<sup>13</sup> En este caso, finalmente y como ocurrió con Valencia, se constató que la antorcha de bronce tampoco era igual a la de Madrid (ni a la valenciana). También en este caso podría plantearse si la antorcha fue robada y ésta se realizó de manera aleatoria, o si bien era distinta en origen a las otras dos.

Por su parte, Melanie Neil, secretaria adjunta del Chrysler Museum of Art de Norfolk, ofreció el envío de cierto número de imágenes, aunque insuficientes para realizar la fotogrametría.<sup>14</sup> En este caso, la responsable del proyecto PIMCD fue informada de que la antorcha es original, aunque igualmente fue robada y desapareció en los años 60 durante un breve período, para después ser colocada de nuevo en su lugar. En el año 2007 fue restaurada y unida de nuevo (mediante soldadura), debido a que durante en la primera restauración se colocó en una posición incorrecta. En

---

<sup>13</sup> La autora de este estudio agradece la buena disponibilidad y acogida del personal de la Biblioteca Mark Twain, en concreto a su directora, Beth Dominiani y a de Sandi O'Reilly (miembro temporal de su plantilla) por ofrecer para el proyecto la posibilidad del envío de gran número de fotografías para que se pudiera realizar la fotogrametría.

<sup>14</sup> La autora del presente estudio desea agradecer a Melanie Neil, del Chrysler Museum, su amabilidad en el suministro de información sobre la escultura del Chrysler Museum, así como el envío de algunas fotografías de la antorcha.

este caso, se ha comprobado visualmente que la antorcha es igual a la de ciudad Universitaria.

Stephen Baumann, del Discovery Museum de Bridgeport, indicó que la obra había sido vendida a un coleccionista particular, con lo que no podía suministrar fotografías para el proyecto.

Además, se han realizado gestiones a fin de que desde la Habana se pueda suministrar un número elevado de fotografías para poder realizar la fotogrametría, aunque aún no se han obtenido resultados concluyentes.

Se decidió, finalmente, la necesidad de obtener del modelo digital a partir del reducido número de fotografías que se conservaban de la pieza de aluminio de Ciudad Universitaria y que habían sido realizadas cuando la antorcha llega a la Facultad de Bellas Artes de la UCM, en 2011, después de haber sido arrancada de la mano de la figura yacente.

Si en el futuro se dispusiera de un número más elevado de fotografías de cierta calidad, podría realizarse la fotogrametría y configurar así un modelo aún más preciso.

## 4.2. Modelado 3D

El proceso ha consistido básicamente en el modelado de la antorcha a partir de las seis fotografías existentes. Se ha elegido la de mayor calidad, que permite apreciar en mayor medida las características de la pieza y se emplean también como material de apoyo los otros perfiles de la pieza con los que se cuenta. En su tratamiento se ha utilizado el programa Blender.

Por tanto, se procede a levantar la figura, fundamentalmente a partir de la fotografía seleccionada. La parte inferior de la escultura, la más geométrica, se realiza mediante la génesis de formas, que van situándose exactamente sobre las observadas en la fotografía. Poco a poco va dotándose a la pieza creada de la forma que tenía la antorcha de aluminio original.

Cuando ya han sido generados los distintos elementos que configuran el cuerpo de la antorcha, se levanta la llama. Para ello se genera una esfera que, tal como se practicó con los otros elementos, se adapta al tamaño, posición y forma necesarios.

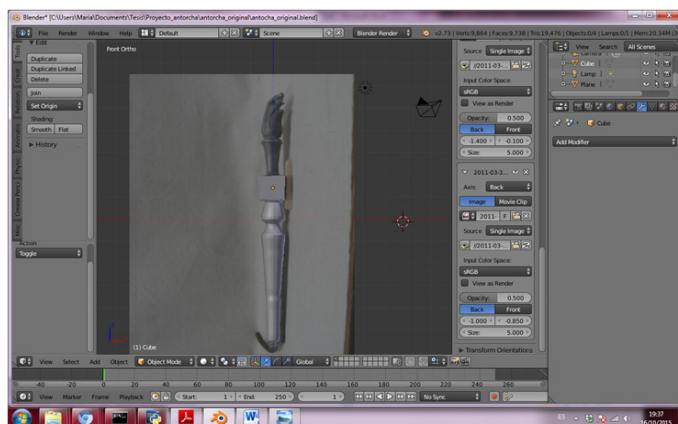


Figura 3. Imágenes correspondientes a la utilización del programa Blender en el modelado de la llama. ©María Ávila Rodríguez.



Después, se utilizan otros programas para modelado 3D a fin de mejorar la morfología de la pieza. Con Geomagic Design se suavizan algunas líneas, para evitar se aprecien los vértices que conforman los elementos. También se utiliza Sculpttris en la agilización del proceso.

### **4.3. Fase de fresado de la pieza. Obtención de un positivo a partir del que realizar el molde**

Una vez se dispone del modelo 3D, virtual, pueden emplearse diversos sistemas para materializarlo, como las fresadoras e impresoras 3D. Las impresoras 3D configuran la copia mediante la adición progresiva de materiales (escayola, resinas acrílicas, ABS, PLA, etc.). Algunos equipos ya permiten obtener piezas a todo color. El mayor inconveniente que presenta su utilización es su elevado coste y que el color aún no es especialmente realista. La fresadora elimina, desbasta el material elegido para obtener el modelo

Para realizar la llama se han probado ambos sistemas, de acuerdo a los equipos disponibles. Se ha impreso la llama con una impresora 3D modelo Prusa i3, que proporciona una altura de capa 0.2 mm pero, debido a la estratificación apreciable en el modelo, se optó finalmente por su fresado.

En este último caso, se ha utilizado una fresadora CNC de la marca Roland, modelo MODELA PRO MDX-650. Este equipo tiene tres ejes con servomotores con un volumen máximo de trabajo de 650 mm (X) x 450 mm (Y) x 155 mm (Z). La MDX-650 puede trabajar una amplia variedad de materiales, como las resinas de poliéster, poliuretano, epoxi, acrílicas (PMMA), madera, piedras blandas (ej. alabastro). En el caso de la pieza objeto de estudio se utilizan bloques de una resina tipo poliuretano marca NECURON.

Las fresas que se han aplicado son de acero y presentan distintas formas y diámetros. Según el tipo de trabajo a realizar, pueden utilizarse para desbastar o realizar el acabado de la superficie.

Por lo que se refiere al tipo de archivos que admite, normalmente son stl, pero también pueden utilizarse con extensión obj y en general cualquier archivo 3d puede ser adaptado.

El software que se utiliza es específico de la fresadora y se denomina Roland MODELA PLAYER 4. Este programa es una aplicación de software CAM que acepta archivos iges, dxf y archivos stl exportados de los programas más populares de software CAD 3D industrial. Se utiliza para generar escalado proporcional 3D, identificar la dirección de fresado y para mostrar la trayectoria de la herramienta.

Con respecto al cuerpo de la antorcha, este fue finalmente torneado, ya que se trata en este caso de volúmenes muy geométricos. Finalmente, llama y cuerpo de la antorcha fueron adheridos mediante el empleo de resina de poliuretano y se aplicó textura a la totalidad de la pieza de manera manual, mediante microtorno.

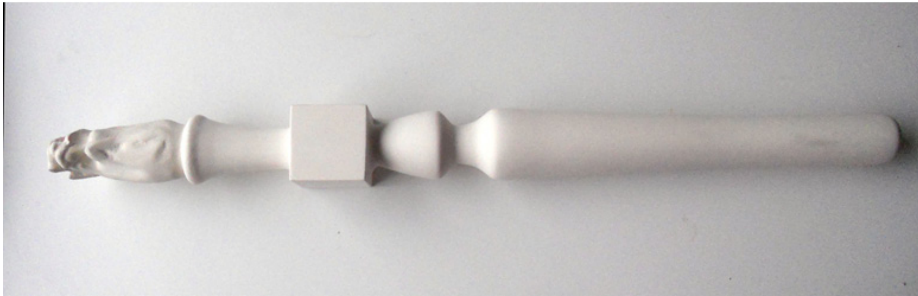


Figura 4. Modelo obtenido mediante el fresado 3D de la llama virtual y el torneado del cuerpo de la antorcha, sin la textura final. ©Sonia Santos Gómez.

#### 4.4. Realización del molde de silicona con carcasa de escayola de la pieza fresada

Obtenido, por tanto, el modelo en resina de poliuretano, que no tiene su color definitivo, comienza otra fase que consiste en la realización de su molde de silicona con contramolde de escayola.

La silicona seleccionada para el moldeo es de condensación, de dos componentes, denominada Silastic 3481. Su agente de curado 81 tiene un tiempo de trabajo de 90' y de curado de 24h (a 20°C), tal como indica su ficha técnica.

Otro de los materiales que se ha utilizado también ha sido el agente tixotrópico, cuya finalidad es espesar la silicona. Su ficha técnica indica que debe añadirse como máximo alrededor del 3% de este agente a la mezcla de silicona con su agente de curado. El agente tixotrópico se utilizará para engrosar la capa de silicona de cada una de las dos partes del molde.

Se plantea la realización de un molde en dos partes (cara anterior y posterior de la antorcha).

Se realiza el encofrado de barro para realizar la primera parte del molde y prepara la silicona de acuerdo a las proporciones indicadas por el fabricante. Se cubre con ella el modelo. Después, se aplica una capa de silicona con tixotrópico para recubrir la parte del modelo que no tiene suficiente grosor. A continuación, se realiza la carcasa de escayola.

Después, se da la vuelta al conjunto, se retira el primer encofrado de barro y dispone uno nuevo para realizar la segunda parte del molde. Para ello, se aplicó igualmente una primera capa de silicona líquida y una segunda de silicona con tixotrópico para engrosar el molde de silicona en las zonas que lo requirieron. Finalizó la realización del molde con la elaboración de la segunda parte del contramolde de escayola (Pereira 1999a, pp. 66-71; Autor, 2017, 112-126).

#### 4.5. Realización del vaciado

En este caso se utiliza la resina Epofor EX402 y su endurecedor E-430, con filtro UV para favorecer la estabilidad de la reproducción y evitar su amarilleamiento, ya que va a estar sometida a la a la radiación solar y a la climatología. Además, se ha utilizado mat de fibra de vidrio a fin de reforzarla interiormente y un vástago de fibra de vidrio epoxi a modo de estructura.

La resina se utiliza con las proporciones indicadas por el fabricante: 100g de resina se mezclarían con 30g de endurecedor. Además, se seleccionan los pigmentos que serán necesarios para lograr la tonalidad de la pieza que va a reproducirse. En este caso se emplearon polvo de aluminio, tierra sombra tostada y blanco de titanio. Como espesante de la resina se ha utilizado Bentone.

Primeramente, se realizan pruebas para ver el funcionamiento de la resina y el resto de los materiales. Se comienza aplicando una pátina, de pigmento sombra, sobre una zona del molde de silicona. Después se aplica una ligera capa de polvo de aluminio. A continuación, se mezcla la resina con su endurecedor, el espesante elegido, blanco de titanio y polvo de aluminio, hasta obtener el color de base idóneo para la pieza. Esta masa es aplicada cuidadosamente, con espátula, sobre el pigmento depositado previamente en el molde. Transcurridas 24h (tiempo de curado de esta resina) pueden retirarse las pruebas realizadas. La resina ha atrapado y aglutinado el pigmento.

Se comparan los colores de las pruebas con el de la escultura de aluminio y se constata la obtención de buenos resultados con algunas de las pruebas. Se pinta, por tanto, el molde por completo, con la pátina y el polvo de aluminio y prepara la resina con su espesante y pigmentos para configurar el color de base de acuerdo el empleado en la prueba. Con espátula, se aplica en las dos partes del molde.

Transcurridas 24 horas, tiempo de curado de la resina, se aplica una nueva capa con el color de base sobre la primera, pero esta vez con el refuerzo de fibra de vidrio, a fin de engrosar y reforzar la pared del vaciado y con el vástago de fibra de vidrio epoxi que actuará como estructura interna de la pieza. Después, se cierra el molde, aprieta con gomas y, transcurridas 24 horas, se abre y extrae el vaciado. Se elimina entonces la rebaba de resina del vaciado (a punta de bisturí o mediante el empleo de lijas) (Pereira 1999b, pp. 66-71; Santos, 2017, 112-126).

## **5. Fijación de la antorcha al conjunto escultórico**

Para fijar la antorcha al conjunto escultórico, se han utilizado diversas resinas con distintos fines: una resina epoxi de curado rápido durante el proceso de su colocación y unión, otra con un curado de 24h para el relleno interno, aplicada con espátula y jeringuilla para fijarla más sólidamente y como relleno y, por último, en la zona más visible de la unión, se ha empleado la misma epoxi empleada en el vaciado, con filtro ultravioleta. De este modo, toda la resina epoxi visible empleada en la realización de la antorcha estará constituida por el mismo material y envejecerá de manera uniforme.

El conjunto ha sido sustentado en la posición correcta, durante el tiempo de curado, mediante el empleo de poliestireno extruido, que ha ejercido como relleno intermedio entre la mano derecha del jinete y la antorcha y cinta adhesiva para sujetar el conjunto.

Las siguientes imágenes muestran el resultado final, tras la colocación de la antorcha, en su posición adecuada, completamente perpendicular al suelo.



Figura 5. Antorcha de resina ubicada en la escultura (detalle). ©Sonia Santos Gómez.



Figura 6. Aspecto final de la escultura. ©Sonia Santos Gómez.

Lo más adecuado para este proyecto hubiera sido terminarlo con la noticia de la colocación de la antorcha en su lugar; sin embargo, siete días después de haber fijado la antorcha a la escultura, ha sido arrancada y destrozada. Se prevé la realización de un nuevo vaciado en resina y se planteará si se coloca en su lugar o si, sencillamente, se reservará su reubicación para momentos de especial relevancia para la historia de la Universidad, con lo que podría plantearse que la antorcha fuera desmontable. Otra opción para este elemento podría ser realizar el vaciado en aluminio, ya que

muy recientemente se ha tenido noticia de que las autoridades cubanas podrían dar la autorización para realizar las fotografías y, por tanto, también podría realizarse la fotogrametría de la pieza. Entonces, se plantearía la soldadura de la antorcha, aunque posiblemente terminaría ocurriendo lo que se produjo con la original: que podría ser cortada o arrancada de su ubicación. También en este caso podría concebirse como desmontable y se colocaría en su lugar en ocasiones muy concretas únicamente.

## 6. Conclusiones

El proyecto planteado y desarrollado en el presente artículo ha consistido en la reposición de la antorcha faltante al conjunto escultórico Los Portadores de la Antorcha. La metodología utilizada ha consistido en realizar un modelo 3D a partir de las seis fotografías de la antorcha desaparecida. De este modelo 3D virtual, se realiza su fresado en resina de poliuretano con una fresadora 3D para la llama y mediante torno para el cuerpo de la antorcha. De este modelo ya materializado se realiza un molde y por fin el positivo en resina con la coloración final.

Se mantiene el planteamiento, no obstante de que, si en el futuro se dispusiera de un número de fotografías elevado y de cierta calidad, podría realizarse la fotogrametría de la pieza y un vaciado aún más preciso ya en aluminio.

Esta metodología de trabajo que combina las tecnologías 3D con los procesos tradicionales de moldeo y realización de vaciados ofrece óptimos resultados y es aplicada por empresas pioneras y especialmente reconocidas en el ámbito de la reproducción de bienes culturales. Resulta una metodología de trabajo completamente inocua para el original, ya que los materiales de moldeo no entran en contacto con el original y se considera válida no solo para esta obra, sino también para otras donde se haya producido esta circunstancia de robo o desaparición de fragmentos.

Aunque no es el objeto principal de este artículo, que se ha centrado en la descripción de la metodología empleada en la restitución de la antorcha a la escultura, puede indicarse que, de manera general, podría pensarse en la conveniencia de la digitalización sistemática de piezas o partes de esculturas susceptibles de robo, antes de que éstos se produzcan. Con la digitalización se evita, bien que desaparezca una parte de la obra porque a partir de los datos obtenidos podría hacerse la réplica y exponer ésta mientras se guarda el original, o también podría exponerse el original pero siempre quedaría como recurso el archivo de la pieza digitalizada, con lo que podría materializarse (imprimirse o fresarse e incluso fundirse) cuando fuera necesario debido, por ejemplo, a que hubiera sido robada, como en el caso de Los Portadores de la Antorcha. Ya hay ayuntamientos que se han planteado la sustitución de esculturas por réplicas precisamente por el vandalismo reiterado<sup>15</sup>.

Para finalizar, en cuanto al tema de las reposiciones de los elementos, puede ponerse de manifiesto que la metodología expuesta podría considerarse adecuada, si bien queda pendiente el tema de la nueva reposición de la antorcha ya que, como se ha indicado, una semana después de que fuera colocada la reproducción esta fue arrancada de nuevo. Deberán tomarse nuevas medidas, más drásticas que las anteriores, que pueden conducir, por ejemplo, a la instalación de cámaras de

---

<sup>15</sup> Se trata del vandalismo ejercido sobre esculturas expuestas en los jardines de Valencia [http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20061214/valencia/vandalismo-contra-esculturas-obliga\\_20061214.html](http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20061214/valencia/vandalismo-contra-esculturas-obliga_20061214.html)

seguridad, como de hecho se ha practicado ya en otros casos<sup>16</sup>. También es muy aconsejable la realización de intentos de concienciación de la población y realizar llamamientos para reducir el número de actos vandálicos. El Ayuntamiento de Valencia, por ejemplo, ya se ha pronunciado en este sentido con las obras que custodia<sup>17</sup>. Conviene, por tanto, incentivar la reflexión sobre lo que el coste, en trabajo, esfuerzo y de tipo económico suponen los actos vandálicos para el patrimonio. El vandalismo puede llegar a suponer incluso el menoscabo estético para la propia obra de arte ya que puede conducir a limitar la reubicación de elementos fundamentales para la comprensión de las obras (en este caso la antorcha) únicamente a actos de carácter conmemorativo.

#### Agradecimientos:

- UCM: financiación de dos proyectos PIMCD que han permitido la restauración del conjunto escultórico.
- Proyecto: Materiales poliméricos de origen sintético. Nuevos usos y prestaciones en la conservación y restauración del patrimonio. Referencia: HAR2015-68680-P.
- Empresa D3D Digitalización 3D. Director: Luis Gracia.
- Carlos Romero Barruete (fotografías de la antorcha robada).
- Directora de la Biblioteca Mark Twain, Beth Dominiani, y Sandi O'Reilly (fotografía de la antorcha)
- Melanie Neil, secretaria adjunta del Chrysler Museum of Art de Norfolk (fotografía de la antorcha).
- Ayuntamiento de Valencia.
- Joaquín Martín (Director de Extensión Univ., Calidad, Prácticas y Empleabilidad UCM) e Íñigo Larrauri (Técnico de la Unidad de Gestión del Patrimonio Histórico UCM).

#### Referencias

- Batista, J. (14 de diciembre de 2006). El vandalismo contra esculturas obliga a los técnicos a plantear el uso de réplicas. *Lasprovincias.es*. Recuperado de [http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20061214/valencia/vandalismo-contra-esculturas-obliga\\_20061214.html](http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20061214/valencia/vandalismo-contra-esculturas-obliga_20061214.html) [Consulta: 03-04-2017]).
- De las Heras, E. (2003). *Escultura pública en Valencia. Estudio y Catálogo*. Tesis doctoral. Universitat de Valencia: Servei de Publicacions.
- Carrión, A. (coord.) (2015). *Proyecto Coremans. Criterios de intervención en materiales metálicos*, Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

<sup>16</sup> En este caso se trata de la escultura de Gómez Ascaso, a la que arrancaron los brazos y se estudió la posibilidad de colocar cámaras de seguridad. [http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza\\_provincia/zaragoza/2013/12/16/la\\_escultura\\_gomez\\_ascaso\\_retirara\\_este\\_martes\\_261224\\_301.html](http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza_provincia/zaragoza/2013/12/16/la_escultura_gomez_ascaso_retirara_este_martes_261224_301.html)

<sup>17</sup> En este sentido, algunos ayuntamientos, como el de Valencia, están intentando realizar labores de concienciación para evitar el vandalismo. [http://www.elperiodic.com/valencia/noticias/482196\\_concejal%C3%ADaDa-cultura-hace-llamamiento-concienciaci%C3%B3n-para-evitar-vandalismo-contra-patrimonio-municipal.html](http://www.elperiodic.com/valencia/noticias/482196_concejal%C3%ADaDa-cultura-hace-llamamiento-concienciaci%C3%B3n-para-evitar-vandalismo-contra-patrimonio-municipal.html)



- Elperiodic.com (7 de enero de 2017). La Concejalía de Cultura hace un llamamiento a la concienciación para evitar el vandalismo contra el patrimonio municipal. *elperiodic.com*. Recuperado de [http://www.elperiodic.com/valencia/noticias/482196\\_concejal%C3%ADa-cultura-hace-llamamiento-concienciaci%C3%B3n-para-evitar-vandalismo-contra-patrimonio-municipal.html](http://www.elperiodic.com/valencia/noticias/482196_concejal%C3%ADa-cultura-hace-llamamiento-concienciaci%C3%B3n-para-evitar-vandalismo-contra-patrimonio-municipal.html) [Consulta: 03-04-2017].
- Escriva, F., & Madrid, J. A. (2010). *El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio*. Valencia: Arché. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, 4 y 5, 11-20.
- Espín Cánovas, D. (1997). *Los derechos de autor de obras de arte*. Madrid: Cívitas.
- Factum Arte (2004). (Vídeo). *Facsimile of the Dama de Elche*, vídeo. <http://www.factum-arte.com/pag/47/Facsimile-of-the-Dama-De-Elche> [Consulta: 03-04-2017].
- Farjas M. y Arcia F. J. (2008). *Modelización tridimensional y sistemas laser 3D aplicados al patrimonio histórico*. Madrid: Ediciones de la Ergástula.
- García, E. (20 de abril de 2011). Y la alondra de García Lorca voló. *El País*. Recuperado de [http://elpais.com/diario/2011/04/20/madrid/1303298664\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/04/20/madrid/1303298664_850215.html) [Consulta: 03-04-2017].
- Hamilton, A. (15 de mayo 2016). The torch bearers. *National Vanguard*. Recuperado de <http://nationalvanguard.org/2016/05/the-torch-bearers/> [Consulta: 03-04-2017].
- Heraldo.es (16 de diciembre de 2013). La escultura de Gómez Ascaso se retirará este martes. *Heraldo.es*. Recuperado de [http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza\\_provincia/zaragoza/2013/12/16/la\\_escultura\\_gomez\\_ascaso\\_retirara\\_este\\_martes\\_261224\\_301.html](http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza_provincia/zaragoza/2013/12/16/la_escultura_gomez_ascaso_retirara_este_martes_261224_301.html) [Consulta: 03-04-2017].
- Kosciuk, J. (2012). Modern 3D scanning in modelling, documentation and conservation of architectural heritage. *Journal of Heritage Conservation*, 32, 82-88.
- Pereira, C. (1999a). Facsímiles de objetos de arte tridimensional 1º Parte: Moldeo. *Restauración & Rehabilitación*, 25, 66-71.
- Pereira, C. (1999b). Facsímiles de objetos de arte tridimensional 2º Parte: Vaciado. *Restauración & Rehabilitación*, 26, 66-71.

