



Para citar este artículo: HHernández-Muñoz, Ó., Aranda Gabrielli, D., Maruri Palacín, A., Sterp Moga, E., & Sánchez-Ortiz, A. (2023). Virtualización de una muestra de la colección de modelos dermatológicos de cera del Museo Olavide. *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones"*, 16(1), 1-20. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.11714>

VIRTUALIZACIÓN DE UNA MUESTRA DE MODELOS DERMATOLÓGICOS DE CERA DEL MUSEO OLAVIDE

Virtualization of a Sample of Skin Wax Models from the Olavide Museum

virtualização de uma amostra de modelos dermatológicos em cera do Museu Olavide

Óscar Hernández-Muñoz, *Universidad Complutense de Madrid (España)*

oscarhernandez@ucm.es

David Aranda Gabrielli, *Academia Española de Dermatología y Venereología*

david.aranda@equipo.aedv.es

Amaya Maruri Palacín, *Academia Española de Dermatología y Venereología*

amayamaruri@equipo.aedv.es

Emanuel Sterp Moga, *Universidad Complutense de Madrid (España)*

emasterp@ucm.es

Alicia Sánchez-Ortiz, *Universidad Complutense de Madrid (España)*

alicia-sanchez@art.ucm.es

Recibido: 28 de febrero de 2022

Aprobado: 29 de junio de 2022

Fecha de prepublicación: 20 de octubre de 2022



RESUMEN

El Museo Olavide de Madrid posee una importante colección de modelos dermatológicos didácticos creados en cera de abejas policromada durante los siglos XIX y XX como material de apoyo para la formación de los médicos en las enfermedades de la piel. En este artículo se describe la historia del museo y de su fundador, el doctor Eugenio Olavide, así como la técnica empleada por los diferentes cerroscultores que trabajaron en él. Además, se muestra el trabajo de virtualización realizado recientemente sobre una muestra significativa de la colección merced a la colaboración entre los conservadores del museo y el grupo de investigación de la Universidad Complutense de Madrid Arte, Tecnología, Imagen y Conservación del Patrimonio Cultural. La metodología empleada constó de una primera etapa en la que se digitalizaron las obras mediante fotogrametría y escáner de luz estructurada, y de una segunda, en la que se optimizaron para su publicación en Sketchfab.com. Como resultado, se obtuvo una serie de modelos tridimensionales de alta definición que están accesibles para su estudio desde Internet. En este estudio se ha comprobado que las plataformas de visualización de archivos 3D permiten compartir información precisa sobre modelos dermatológicos didácticos para su estudio y difusión.

Palabras clave: fotogrametría; escáner 3D; virtualización; modelos 3D; moulage.

ABSTRACT

The Olavide Museum of Madrid houses a great collection of didactic skin models created from polychromatic beeswax during the 19th and 20th centuries, and which serve as supporting material for medical training in skin diseases. This article describes the story of the museum and its founder, Dr. Eugenio Olavide, as well as the technique used by the many wax sculptors who worked there. Furthermore, it shows the recently performed virtualization of a significant exhibition of this collection, thanks to the collaboration of the museum's curators and the research group of the School of Art, Technology, Cultural Heritage Imaging and Preservation of Universidad Complutense de Madrid. The methodology used involved a first stage during which works were digitalized through photogrammetry and structured-light 3D scanner, optimized for publication in Sketchfab.com in the second phase. As a result, a series of high-definition three-dimensional models was obtained, available for online assessment. This study has proven that 3D file viewers allow sharing accurate information on didactic skin models for their study and dissemination.

Keywords: Photogrammetry; 3D scanner; virtualization; 3D models; moulage.

RESUMO

O Museu Olavide de Madrid possui uma importante coleção de modelos dermatológicos didáticos criados em cera de abelha policromada durante os séculos XIX e XX como material de apoio para a formação de médicos em doenças da pele. Este artigo descreve a história do museu e do seu fundador, Dr. Eugenio Olavide, bem como a técnica utilizada pelos diferentes escultores que nele trabalharam. Além disso, o trabalho de virtualização realizado recentemente em uma amostra significativa da coleção é mostrado graças à colaboração entre os curadores do museu e o grupo



de pesquisa da Universidade Complutense de Madri Arte, Tecnologia, Imagem e Conservação do Patrimônio Cultural. A metodologia utilizada consistiu em uma primeira etapa em que as obras foram digitalizadas por meio de fotogrametria e um scanner de luz estruturado, e uma segunda etapa em que foram otimizadas para publicação no Sketchfab.com. Como resultado, obteve-se uma série de modelos tridimensionais de alta definição que são acessíveis para estudo pela Internet. Neste estudo, verificou-se que as plataformas de visualização de arquivos 3D permitem o compartilhamento de informações precisas sobre modelos dermatológicos didáticos para seu estudo e divulgação.

Palavras-chave: fotogrametria; scanner 3D; virtualização; modelos 3D; *moulage*.

Introducción

Las plataformas de internet para la visualización de modelos 3D, en pantalla o mediante dispositivos de realidad virtual y aumentada, han introducido nuevas posibilidades para la difusión de los fondos de museos y colecciones científicas. Gracias a ellas, los usuarios pueden acceder a distancia desde su ordenador personal o teléfono móvil a las piezas, disfrutando de una experiencia interactiva desconocida hasta la fecha, durante la cual es posible girar en pantalla la copia tridimensional del objeto, aumentar su tamaño para observarlo en detalle, o clicar notas desplegables situadas sobre él, que contienen textos e hipervínculos para ampliar la información sobre el mismo (Ubik & Kubišta, 2016).

Dentro de este tipo de webs, Sketchfab se ha convertido en uno de los principales referentes debido al gran número de modelos alojados en ella y a las funciones que incorpora, entre ellas la posibilidad de explorar los modelos 3D con los principales dispositivos de realidad virtual, incluidos los comercializados para teléfonos móviles, lo que añade un mayor atractivo a este tipo de herramientas digitales (Lloyd, 2016). Otra ventaja añadida es que los modelos 3D alojados en esta página pueden también insertarse directamente en las principales redes sociales como Facebook, Twitter, LinkedIn o Tumblr, para abrirlos dentro de ellas, lo que incrementa notablemente el abanico de potenciales usuarios y las posibilidades de difusión de estas colecciones científicas.

Con estas herramientas de difusión disponibles, diversos museos están comenzando a publicar copias digitales de algunas de sus obras con fines promocionales y divulgativos (Dall'Asta et al., 2016; Melchor et al., 2016). No obstante, en el ámbito científico apenas se ha comenzado a aprovechar el potencial de esta tecnología y todavía son escasos los ejemplos de publicación de colecciones con este objetivo.

El grupo de investigación Arte, Tecnología, Imagen y Conservación del Patrimonio Cultural, de la Universidad Complutense de Madrid, ha realizado diferentes estudios en los últimos años relacionados con la aplicación de las tecnologías de digitalización e impresión 3D a la conservación-restauración de colecciones históricas de



modelos didácticos tridimensionales para la enseñanza de la anatomía (Hernández-Muñoz et al., 2019; Hernández-Muñoz & Sánchez Ortiz, 2019; Sánchez Ortiz et al., 2021; Sterp et al., 2020). Como parte de estas investigaciones, recientemente ha estado colaborando con el Museo Olavide de la Fundación Piel Sana de la Academia Española de Dermatología y Venereología para analizar posibles aplicaciones de las tecnologías de digitalización e impresión 3D en la conservación y divulgación de su colección de modelos didácticos dermatológicos. Estas figuras, creadas con extraordinario detalle y realismo en cera de abejas policromada durante los siglos XIX y XX, estaban destinadas a la formación de los médicos en las enfermedades cutáneas y constituyen un notable ejemplo de cooperación entre el arte y la medicina con la finalidad de transmitir el conocimiento científico. Como fruto de estos trabajos, se ha creado un archivo de modelos virtuales, elaborados mediante fotogrametría y escaneo 3D, que servirán para difundir y poner en valor los fondos que conservan, así como para planificar nuevas estrategias de intervención que pudieran ser de utilidad para la recuperación de las múltiples figuras que presentan deterioros debido a su precario estado de conservación tras el cierre del museo a mediados del s. XX hasta su hallazgo casi cinco décadas después.

El Museo Olavide

El 26 de diciembre del 2005, en los sótanos del Hospital Niño Jesús de Madrid, un “tesoro” de más de 120 cajones es descubierto. En su interior, se hallaba la obra magnánima del dermatólogo José Eugenio Olavide: el llamado Museo Olavide. Enterrado en el olvido durante cerca de medio siglo, el museo apareció casi completo, embalado, latente como una verdadera “cápsula del tiempo”. La Academia Española de Dermatología y Venereología (AEDV), con el Dr. Conde-Salazar al frente, se hizo cargo del hallazgo, comenzando el Proyecto de Rescate y Patrimonialización destinado a devolver la vida al Museo Olavide (Museo Olavide de la Fundación Piel Sana de la AEDV, s.f.).

José Eugenio Olavide Landazábal nació en Madrid el 6 de septiembre de 1836. Es el llamado Padre de la Dermatología Española porque impulsó el estudio de esta disciplina en el país. Médico cirujano, ejerció su actividad profesional en el Hospital San Juan de Dios desde 1860, donde desarrolló su estudio y obra en torno a las enfermedades de la piel hasta el fin de su carrera. A partir de sus observaciones científicas, y con el firme propósito de la enseñanza, nacieron sus dos obras fundamentales: la obra escrita “Dermatología General y Clínica Iconográfica de las Enfermedades de la Piel o Dermatosis” y el museo de ceroplastias dermatológicas, Museo Olavide.

Fundado por Antón Martín, discípulo del hermano San Juan de Dios en 1552 y sito en la calle Atocha, el Hospital San Juan de Dios era el encargado de atender a los “llegados pobres” entonces referidos tanto a los enfermos de la piel como a los de patologías venéreas. Leprosos, tiñosos y galicosos eran los principales moradores de sus salas y un amplio abanico de enfermedades cutáneas se manifestaban en un ambiente, que, como afirma Justo Leal (1903) “aterra y apesadumbra”.

Según las investigaciones llevadas a cabo por Conde-Salazar y Heras-Mendoza (2007), el museo se inauguró el 26 de diciembre de 1882, denominándose entonces “Museo anatomo-patológico, cromolitográfico y microscópico del Hospital San Juan de Dios”. En 1901, tras el fallecimiento de Olavide, el museo cambió de nombre y a partir de entonces pasó a designarse “Museo Olavide”, en reconocimiento a su fundador.

Debido a que el museo tenía principalmente en su origen una función docente, se encargó la realización de múltiples modelos didácticos, conocidos como *moulages* por la técnica de moldeado con la que algunos de ellos

eran creados. Estas figuras de tamaño natural, representaban distintas regiones de la piel en las que se mostraban con gran realismo lesiones cutáneas de muy diverso origen. Estaban adheridas a un tablero enmarcado mediante un paño blanco que rodeaba al modelo en cuya parte visible existía una etiqueta con el número de la pieza y otra con información sobre la enfermedad representada, el nombre del centro sanitario y el autor de la obra. En la parte posterior de la tabla existía un cartel en el que se describía de forma minuciosa el historial clínico del paciente.

La palabra *moulage* proviene del francés *mouler* y significa moldear. Efectivamente, ninguna técnica artística fue tan específica, práctica y común como el uso del *moulage* que posibilitaba la expresión de un gran número de detalles representados con fidelidad al modelo. Y es en la rama médica de la Dermatología donde alcanza su mayor expresión, pues permitía reproducir las finas peculiaridades de las lesiones de la piel en un rango de veracidad mucho mayor que la ilustración. Su asombroso realismo se debía también a un policromado naturalista y a la incorporación, en ocasiones, de cabellos u ojos artificiales (Schnalke, 2004). Además, la cera como material mimético captura la forma, imita la textura y reproduce fielmente el color. Como afirma Ballestrero: “La creación de colecciones enteras por parte de los médicos se debe a este deseo de enseñar, a una gran audiencia, el fruto de sus descubrimientos en ‘carne y hueso’” (2013, p. 164).

El *moulage patológico* continuó con esta tradición pero dotando a la imagen de una mayor veracidad debido sobre todo al paso a la tridimensionalidad. Se produce una reformulación del objeto pero respetuosa tanto con las tradiciones representativas y los códigos propios de la ilustración científica en dos dimensiones como con las destrezas interpretativas de los estudiantes, ya bastante consolidadas en esa época. Gracias a la información táctil, la capacidad de asimilación de la información aportada por el modelo por parte del observador se ve fortalecida, tal y como argumenta Morente (2019, p. 86) “fue durante el S.XVIII cuando los cuerpos de las ilustraciones saltaron del papel a la corporeidad, y añadieron otro sentido más al de la vista materializado en las figuras de cera y que sé que sería de gran utilidad en el aprendizaje: el tacto”.

Para Schnalke (1995), el origen del modelado en cera dermatológico a nivel mundial lo debemos a Franz Heinrich Martens (1778-1805), Josep Towne (1806-1879) y Anton Elfinger (1821-1864), pero es a finales del siglo XIX, en Europa, cuando este alcanza su verdadera dimensión como artefacto didáctico gracias al trabajo de Jules Baretta (1833-1923), el prolífico ceroescultor del Hospital de Saint Louis en París. Su existencia, como bien apunta Sierra Valentí, es “testigo mudo de una época presidida por la Dermatología Clínica constituyendo un punto de confluencia entre la medicina y el arte” (2006, p. 47).

El descubrimiento de tratamientos eficaces contra los procesos venereológicos, como los salvarsanes y el bismuto, fármacos empleados frente a la sífilis, entre otras enfermedades, significó en la práctica el fin del Hospital San Juan de Dios y también del museo. La utilización masiva de la penicilina y sus excelentes resultados en el tratamiento de las enfermedades bacterianas, especialmente la sífilis, al tiempo con el desarrollo y perfeccionamiento de la fotografía en color, fueron otras de las circunstancias que contribuyeron a la pérdida de utilidad de los artefactos de cera como material didáctico. Es fácil, por tanto, deducir cómo fue la decadencia del Museo Olavide, que culminó con su cierre en 1966. Tras ello, la demolición del Hospital San Juan de Dios y la construcción en su lugar de la Ciudad Sanitaria Francisco Franco, hoy en día el Hospital Gregorio Marañón.

Rafael López Álvarez (1898-1987), el último ceroescultor que trabajó en el museo, fue quien se encargó de embalar todas las piezas que componían la colección en cajas de distintos tamaños rellenas de virutas de madera para su protección, así como de realizar el último inventario. A partir de aquel momento, las figuras y la documentación



que las acompañaban, comenzaron un largo peregrinaje y se documentaron hasta 4 lugares distintos de ubicación: el antiguo Hospital San Carlos, el Colegio La Paz, los sótanos del Hospital Gregorio Marañón y por último los almacenes de la antigua maternidad del Hospital Niño Jesús. Es a través del dossier gráfico, elaborado por la jefa de prensa del Hospital Gregorio Marañón, Isabel Julián, años más tarde (1997), que denunciaba la situación a las principales instituciones, donde se pudo seguir el viaje del museo embalado a través de los distintos locales, las condiciones de almacenamiento, así como el estado de conservación de las figuras (Quiroga, 1997). Gracias al interés de personas como Isabel Julián, y a aportaciones como esta, se han podido descifrar los años más oscuros y olvidados del Museo Olavide.

Actualmente el Museo posee 663 figuras de cera enmarcadas, 66 vaciados de yeso, 150 litografías, 40 acuarelas, 7 esculturas en yeso, 5 retratos médicos y más de 5.000 documentos gráficos entre los que se incluyen historiales clínicos, fotografías, libros y dibujos. Según el informe de Julián sobre el último inventario de Rafael López Álvarez se habrían perdido 31 figuras de cera enmarcadas, 33 vaciados de yeso, 2 mesas de haya, 2 mesas-vitrinas de cristal y 3 caballetes.

Artistas del Museo Olavide y técnica de elaboración

La mayor parte de la obra encontrada corresponde al escultor Enrique Zofío (1835-ca. 1915), que modeló sus piezas en la etapa más floreciente del museo. José Barta Bernadotta (1875-1955) y el último ceroescultor, el ya citado Rafael López Álvarez (1898-1987), completan el elenco de artistas dedicados a la producción de *moulages* en el Hospital San Juan de Dios (Conde-Salazar Gómez & Heras Mendaza, 2013).

Respecto al proceso de elaboración de las obras, podemos señalar la escasez de bibliografía de referencia debido a que las técnicas ceroplásticas eran celosamente guardadas por los escultores de cada museo. No obstante, tras un minucioso análisis de las piezas del Museo Olavide podemos deducir, de forma aproximada, el siguiente procedimiento (Aranda, et al., 2006).

1. Modelado del núcleo inicial: a partir de un material maleable y de bajo coste, por ejemplo la arcilla. Una vez elegida por el médico la lesión a representar, el escultor modelaba a pie de cama la patología indicada. Esta no solo incluía la zona afectada, sino que era una representación del área completa, en muchos casos el cuerpo entero, otorgando veracidad a la lesión e identidad al paciente.
2. Elaboración del molde de yeso: tras el núcleo inicial, tiene lugar la creación del negativo de yeso vertiéndolo en estado líquido sobre el núcleo hasta cubrirlo totalmente. Habitualmente se dividía en varias partes el molde mediante tabiques para hacer más fácil la extracción y el vaciado del molde.
3. Creación del modelo de cera: se realizaba mediante el vertido de la cera fundida sobre la cara interna del vaciado, previa impermeabilización con una sustancia jabonosa para evitar la completa adhesión de la cera-yeso. La figura se reforzaba por la parte posterior con telas impregnadas en cera fundida que se plegaban en los bordes para reforzarlos. Una vez que esta se enfriaba, se introducían los ojos de esmalte en las órbitas desde la parte interna del molde, donde se fijaban.
4. Adhesión del modelo al tablero enmarcado: utilizando un paño de tela blanco que rodeaba la escultura de cera por los bordes, se adhería esta al tablero.



5. Acabado de la cera: una vez extraído del molde el modelo de cera, se pulía, se repasaban los detalles y se policromaba. Para destacar aún más el realismo se añadían otros elementos tales como pelo o pestañas. Todos estos pasos eran seguidos por el médico especialista que señalaba en cada momento, el tamaño, la coloración y la textura adecuada de la lesión, por lo que cada detalle era realizado con sumo esmero.
6. Acabado de la pieza: para finalizar se encolaban dos etiquetas en la cara anterior del tablero, una numerativa en la parte superior, y otra identificativa en la zona inferior con el nombre de la clínica del doctor, diagnóstico y autor de la figura. El historial clínico se adjuntaba en la cara posterior de la obra.

Este era el procedimiento más habitual en las obras del primer ceroescultor del museo Enrique Zofío. Con los años, el método artístico pasó a simplificarse, disminuyendo el tiempo de ejecución y a su vez aumentando la calidad de la representación aunque fuese realizada de forma menos artesanal. Así, la mayor parte de las obras de José Barta se realizaron aplicando una gruesa capa de yeso directamente sobre la piel. Esto recoge, en una sola impresión, y de una forma más sutil y exacta toda la textura y naturaleza de la piel incluidos poros y pequeñas arrugas, sin mencionar, claro está, la lesión. De este modo, podían producirse de manera mecánica y más rápidamente artefactos veraces. Eso sí, el vaciado conseguido no era reutilizable por lo que las obras obtenidas por este tipo de procedimiento no eran reproducibles como en el caso de los vaciados de Zofío, cuyas esculturas podemos encontrar, además de en el Hospital San Juan de Dios, en el antiguo Hospital Militar de Madrid o en la Facultad de Medicina de Granada.

El éxito de las reproducciones se debía a una íntima colaboración entre el médico y el artista. La destreza del escultor debía estar sometida a la vigilancia del científico con el propósito de que el mensaje médico mantuviese intacta la realidad “objetiva” (Fakiner, 2014).

Respecto a la composición, documentos de archivos encontrados a partir de una lista de materiales elaborada el 10 de abril de 1891 por el ceroescultor Enrique Zofío, nos muestra la cera blanca de abejas como componente principal. El aguarrás, la estearina o el espermaceti en distintas concentraciones, también parecen formar parte en la elaboración de la pasta combinados entre sí para dar la consistencia adecuada. Como pigmentos figuran el negro de humo y albayalde o blanco de plomo. El barniz de cristal, el adhesivo de cola de pescado o la goma almáciga son otros de los componentes utilizados. Por último, cabe mencionar la petición de otros elementos necesarios para el acabado de las obras como pueden ser los ojos artificiales de esmalte y cristal o la tela de algodón blanco empleada tanto para dar una mayor consistencia al *moulage* como para fijarlo al tablero de madera.

Metodología

Debido a la fragilidad de los materiales con los que se elaboraron los modelos dermatológicos y a las condiciones en que se almacenaron durante décadas en diferentes instituciones durante la época en que el museo permaneció cerrado, muchas de las figuras resultaron dañadas e incluso algunas se perdieron. Desde su reapertura, se ha desarrollado una incesante labor de restauración de las esculturas que ha permitido exhibir en sus salas una importante cantidad de modelos totalmente recuperados. Una muestra de dichas esculturas didácticas se ha digitalizado mediante fotogrametría y escáner 3D de luz estructurada, creando un archivo digital de los mismos. Algunas de ellas se han publicado además en Sketchfab.com, plataforma web para la visualización de modelos 3D, con la intención

de difundir la colección y facilitar su accesibilidad. Por otra parte, para planificar lo más minuciosamente posible las intervenciones en los modelos dañados, se han digitalizado también algunas figuras seleccionadas, proponiéndose nuevas metodologías de conservación-restauración basadas en tecnologías digitales 3D.

Los modelos anatómicos se eligieron siguiendo un criterio de representatividad de las obras existentes en el museo. Las figuras se digitalizaron mediante fotogrametría y escaneo 3D.

Levantamiento fotogramétrico

El primer paso para generar la copia virtual en tres dimensiones mediante fotogrametría consistió en la captura de múltiples imágenes fotográficas alrededor del objeto utilizando una cámara Canon, modelos 7D Mark II y 5D, con objetivos de focal fija de 20 o 50 mm, dependiendo del tamaño del modelo. La escena fue iluminada mediante dos focos de luz no incandescente colocados a ambos lados del modelo. Salvo en los modelos de mayor tamaño, las figuras se introdujeron en una caja de luz para lograr una mejor dispersión de los rayos y una iluminación más homogénea y difusa. Las tomas se realizaron en modo manual, con una apertura de diafragma fija (f/8). Se utilizó una tarjeta de grises para corregir posteriormente el balance de blancos durante el revelado. Para evitar trepidaciones durante la captura de la imagen, se estabilizó la cámara mediante un trípode y se usó un cable disparador. Por otra parte, se utilizó un sistema de filtros polarizados para reducir el brillo de algunas piezas, especialmente las de cera barnizada, para evitar que interfiriese en el resultado final (figura 1).



Figura 1. Captura fotográfica con modelo ubicado sobre plataforma giratoria dentro de una caja de luz iluminada por dos focos

Fuente: elaboración propia



Todas las fotografías fueron reveladas en Adobe Camera Raw y posteriormente se almacenaron en formato JPG con la máxima calidad para su procesamiento en el programa informático Metashape, de la empresa Agisoft (figura 2).



Figura 2. Revelado de las imágenes en Adobe Camera Raw

Fuente: elaboración propia

Empleando este *software*, se procedió en primer lugar a la orientación de cada una de las tomas seleccionando el ajuste de máxima precisión (figura 3).

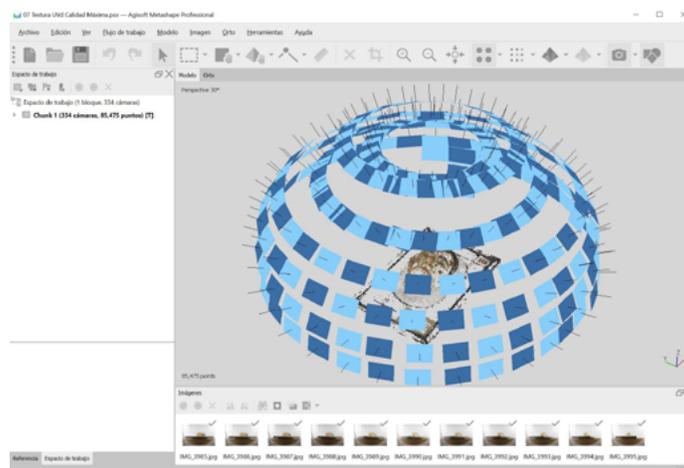


Figura 3. Orientación de fotos en Agisoft Metashape

Fuente: elaboración propia

El siguiente paso fue crear la nube de puntos densa, que ya contiene todos los puntos que van a ser considerados posteriormente para generar la malla 3D. En todos los casos, se empleó para su cálculo una calidad extra alta, la máxima disponible en el programa, y se aplicó un filtro de profundidad moderado. Una vez generada la nube densa, se volvió a limpiar esta, eliminando todos los puntos mal ubicados o que no se correspondían con el modelo, así como los producidos debido a algunos brillos residuales. Más tarde, se creó la malla 3D a partir de los puntos de la nube densa con el mayor número de caras posible en cada caso y calculando asimismo el color para cada vértice para obtener un objeto 3D policromado (figura 4).



Figura 4. Obtención del modelo 3D en Agisoft Metashape. De izquierda a derecha, nube de puntos densa, malla 3D y malla con textura aplicada sobre ella

Fuente: elaboración propia

Digitalización mediante escáner de luz estructurada

Debido a las diferentes características morfológicas de las figuras, se utilizaron dos modelos distintos de escáner 3D. Para la digitalización de aquellas esculturas que poseían un tamaño superior a 40 cm, se empleó un escáner Artec EVA, con una resolución 3D 0,2 mm y una precisión de puntos de 0,1 mm. Sin embargo, para las figuras de menor tamaño, especialmente aquellas que poseían pequeños detalles superficiales, se utilizó un escáner Artec Space Spider, con una resolución 3D de hasta 0.1 mm y una precisión volumétrica de 0,05 mm. Finalmente, en piezas de medianas o grandes dimensiones en las que era necesario registrar también algunas áreas con precisión, se utilizaron ambos dispositivos de forma combinada.

El método de registro en las figuras de menor volumen consistió en hacerlas rotar sobre una tabla giratoria manteniendo el escáner en una posición fija y desplazándolo solo lo necesario para orientarlo de forma perpendicular a la superficie del objeto en cada región. En las esculturas de mayor tamaño o en aquellas en las que no era aconsejable su desplazamiento por su fragilidad o debilidad estructural, se prefirió desplazar el escáner alrededor de ellas, manteniéndolas estáticas (figura 5).



Figura 5. Fase de registro empleando un escáner de luz estructurada Artec Eva

Fuente: elaboración propia

Los datos recogidos por cada uno de los escáneres fueron posteriormente editados en Artec Studio, un *software* específicamente diseñado para procesar la información de los dispositivos empleados. En dicho programa se realizó la alineación de las tomas, así como la orientación del modelo, el registro global o ubicación espacial precisa los puntos de la figura detectados, la reducción de ruido mediante la eliminación de puntos localizados en posiciones anómalas y la construcción de la malla poligonal. Finalmente, se creó la textura de color a partir de las fotografías capturadas por la cámara de los escáneres con una resolución de entre 8 y 16K (figura 6).

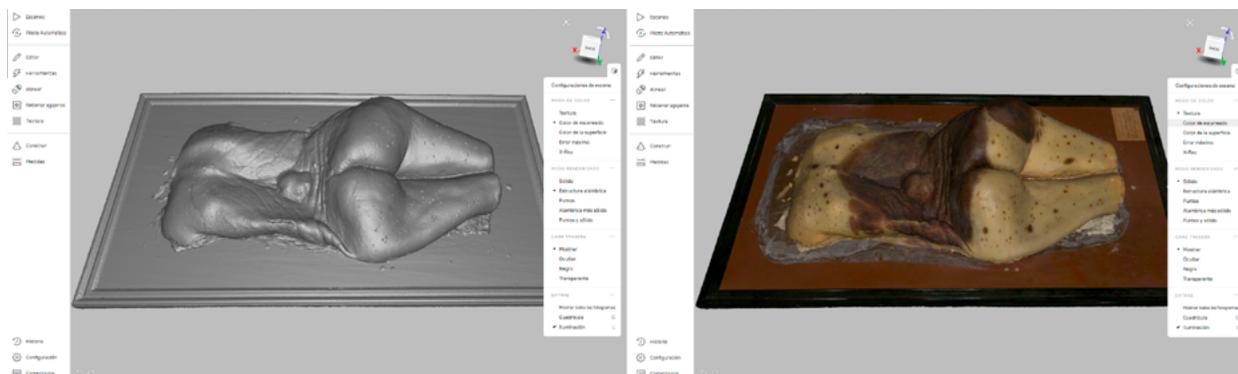


Figura 6. Procesamiento de datos en Artec Studio: malla poligonal (izquierda) y modelo 3D con textura de color

Fuente: elaboración propia

En algunos casos se decidió utilizar una combinación de los datos adquiridos por ambos escáneres para registrar los volúmenes generales del modelo pero también los detalles finos de algunas de sus áreas superficiales. En estas figuras se realizó un escaneo general de toda la obra con Artec Eva y posteriormente se capturaron las zonas más complejas con Artec Space Spider. Durante el procesamiento se crearon en primer lugar las mallas procedentes de ambos escáneres de forma independiente y, posteriormente, se alinearon y se fusionaron entre sí, eliminando previamente los fragmentos duplicados de menor resolución de la malla obtenida a partir de Artec Eva. Este proceso se lleva a cabo previo a la obtención de la textura y, tras combinar ambos modelos, se procede a crear esta a partir de las imágenes fotográficas tomadas por cada uno de los dos dispositivos.

Postprocesado para su publicación

Debido a que la malla generada mediante cualquiera de los dos métodos de digitalización 3D descritos es de muy alta densidad, se exportó el modelo 3D a ZBrush para realizar una reducción de polígonos con el *plugin Decimation Master*, reduciendo sensiblemente su número con el fin de que los modelos puedan ser correctamente visualizados en la plataforma Sketchfab.com y tarden poco tiempo en cargarse en la aplicación, especialmente en dispositivos móviles, donde resulta más crítico el tamaño del archivo. En algunos casos se realizó también una retopología del modelo, redistribuyendo dichos polígonos de forma más ordenada (figura 7).

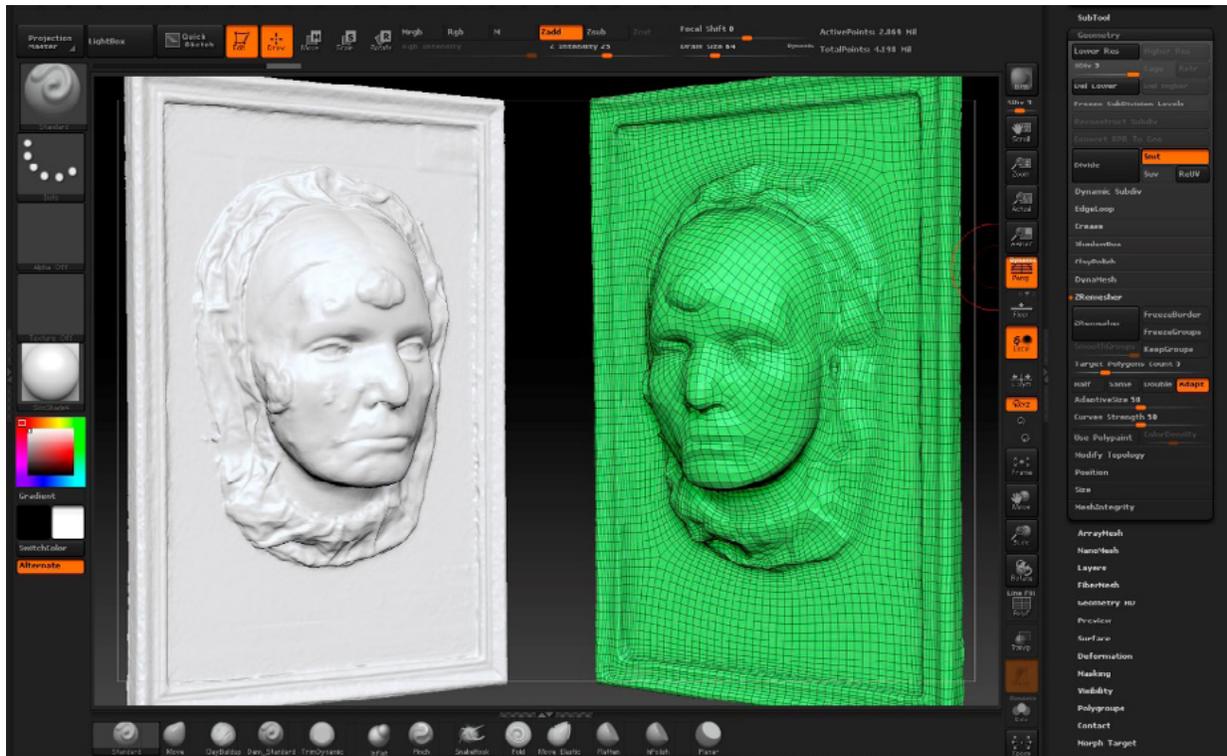


Figura 7. Retopología de la malla 3D en Pixologic ZBrush

Fuente: elaboración propia

Este proceso se inició con la exportación del modelo desde Agisoft Metashape en formato OBJ. Posteriormente, una vez importado en ZBrush, se realizó una copia del modelo y sobre esta se efectuó una retopología automática con *ZRemesher*, especificando un número de polígonos, entre 45.000 y 250.000, adecuado para su publicación. Lógicamente, al efectuar esta reducción drástica del número de caras del objeto se pierde mucha definición. Para recuperarla, a continuación, se subdividió esta malla para volver a elevar el número de polígonos que contenía y se proyectaron los detalles escultóricos finos de la malla original sobre el nuevo modelo. Esto nos proporcionó un modelo 3D con los polígonos mejor orientados, con un nivel de división inferior de muy baja resolución y un nivel superior conteniendo toda la definición original. A partir de esta malla se realizó el mapeado UV. Este proceso es necesario realizarlo previamente a la creación de la textura para así lograr una correcta asignación de la imagen de textura a la malla y evitar que se vea distorsionada, debido a la nueva distribución de polígonos. Asimismo, en estos casos, se crearon mapas de normales, un tipo de imagen que se asigna a un modelo con un número de polígonos muy reducido para que se muestre como si realmente tuviera una gran definición. Este mapa se obtuvo en ZBrush a partir del modelo de alta resolución y utilizando el plugin Multi Map Exporter, comparando el nivel de subdivisión más alto con el más bajo (figura 8). El modelo se exportó en su nivel de subdivisión más bajo en formato OBJ para obtener la textura de color en Metashape o en Artec Studio, según el caso.



Figura 8. Aplicación de mapa de normales al modelo: modelo de baja resolución sin mapa de normales (izquierda); mismo modelo con mapa de normales aplicado (centro); renderizado final de la figura (derecha)

Fuente: elaboración propia

Obtención de la textura de color

Con el fin de lograr la apariencia más realista posible del modelo, se generó una imagen de textura a partir de las fotografías tomadas por la cámara SLR, en el caso de la digitalización fotogramétrica, o por la cámara del escáner de luz estructurada.

En las esculturas digitalizadas mediante fotogrametría, se importó desde Metashape el modelo de baja resolución en formato OBJ, generado en ZBrush, quedando este alineado de forma automática con el modelo original. De esta forma, se pudo calcular la textura de color a partir de las imágenes fotográficas capturadas, indicando una resolución de 16384x16384 píxeles que posteriormente se redujo en Adobe Photoshop para su publicación en Sketchfab.com.

Las mallas 3D obtenidas a partir de los modelos escaneados se sometieron a un proceso de reducción de polígonos en Artec Studio mediante la función *Simplificación de malla* y, posteriormente, se calculó la textura con la misma resolución que los modelos fotogramétricos, reduciéndola finalmente a 8192x8192 píxeles previamente a su importación desde el visor de archivos de Internet.

Publicación y ajustes en Sketchfab

Finalmente, los modelos fueron subidos a la plataforma de Sketchfab.com, donde se especificaron todos los parámetros que determinan la apariencia final del modelo (figura 3).

En primer lugar, se exportaron todos los modelos al formato FBX y se cargaron en la aplicación acompañados de la carpeta que contenía las imágenes asociadas a las mallas 3D, tales como los mapas de textura o los mapas de normales.

Una vez importados a Sketchfab los archivos se introdujo la información básica del modelo, incluyendo el título, descripción, categoría y palabras clave para facilitar su localización en el buscador y aportar los datos descriptivos sobre la obra, su autor, localización, método de digitalización, etc. Posteriormente, se abrió el editor de ajustes 3D y

se comprobó que la disposición del objeto en la escena era correcta, realizando cambios en aquellos casos en que fue necesario en su ubicación y orientación en los ejes X, Y y Z. Para ejecutar giros o desplazamientos precisos se activó la función *Show advanced rotation*, que muestra unos ejes de rotación o de movimiento que se pueden arrastrar hasta la posición deseada.

El método de renderizado seleccionado fue *PBR (Physical Based Rendering)*, ya que permite una representación de los materiales basada en parámetros físicos y, por tanto, de gran verosimilitud.

Para dotar de una cierta sensación de perspectiva se utilizó el valor del campo de visión establecido por defecto, que es de 45°. De esta forma se obtiene una experiencia visual próxima a la real.

Como imagen de fondo, se seleccionó una fotografía gris neutro con el logotipo en marca de agua de la Universidad Complutense de Madrid ubicado en el centro y el del museo correspondiente en la esquina inferior izquierda. Se eligió este color para el fondo con el fin de que interfiriese lo menos posible con la textura cromática del modelo, favoreciendo su correcta percepción.

Los objetos se iluminaron mediante un sistema de dos focos de luz blanca de tipo direccional ubicados a cada lado de la figura, así como una fuente ambiental basada en una imagen HDR que envuelve completamente la escena y proyecta haces de luz sobre el modelo 3D en función del color y tonalidad de cada píxel. La imagen seleccionada fue una fotografía del interior de una sala con tonalidades neutras, tanto de las paredes, techo y mobiliario como de las luminarias, con el fin de no alterar el color del modelo anatómico. Se ajustaron los valores correspondientes a la intensidad y orientación de cada foco y también de la imagen HDR (figura 9).

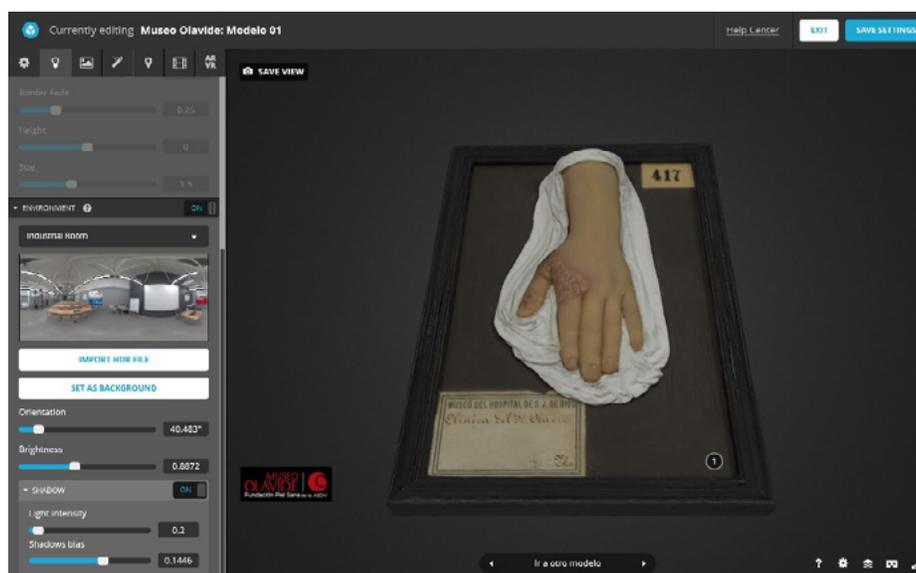


Figura 9. Configuración de parámetros de visualización en Sketchfab

Fuente: modelo 3D de elaboración propia publicado en sketchfab.com (<https://sketchfab.com/oscarhernandez/collections/museo-olavide>)

Aunque es posible crear sombras proyectadas desde los objetos sobre un plano teórico de apoyo, no se activó esta opción pues se consideró que distraía la atención del modelo. Sí se ajustaron los valores de sesgo de sombra mediante el parámetro *Shadow bias*.

En la configuración de los materiales, se tuvieron en cuenta las características físicas de los modelos, especialmente la superficie ligeramente brillante de la cera, ajustando el valor del canal *Specular* de forma adecuada.

Resultados

Se obtuvieron diez modelos tridimensionales a color en formato digital que representaban con gran precisión los detalles anatómicos presentes en las obras originales. Ocho de las figuras virtualizadas han sido publicadas en Sketchfab.com (figura 10), mientras que las dos restantes se están empleando como material de apoyo para planificar la intervención de conservación-restauración en la obra real.

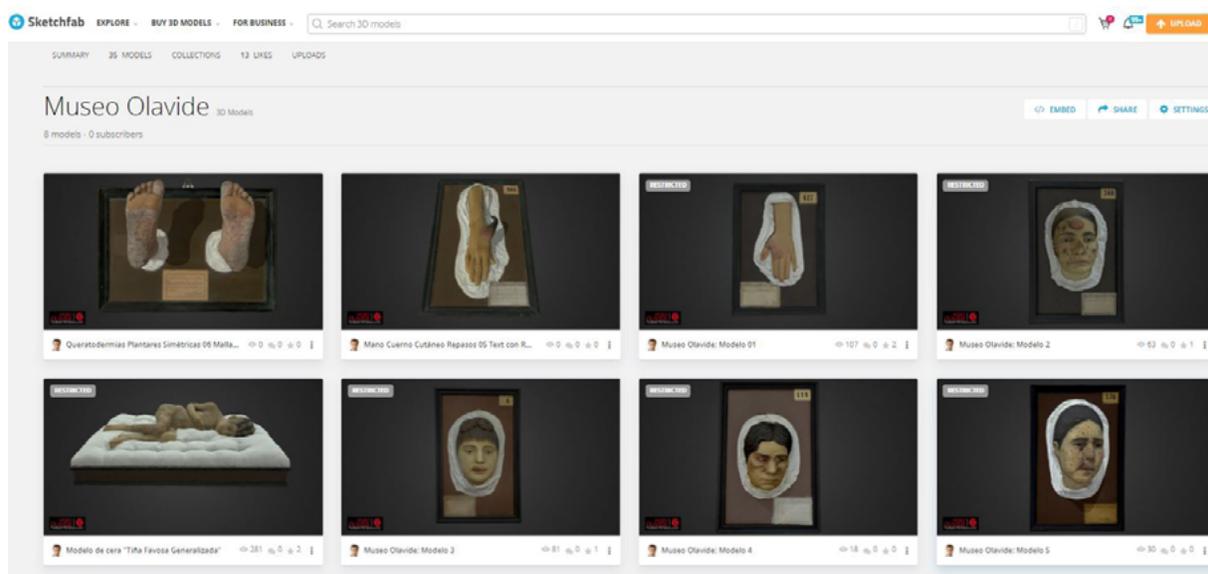


Figura 10. Modelos dermatológicos publicados en Sketchfab.com

Fuente: modelos 3D de elaboración propia publicados en sketchfab.com
 (<https://sketchfab.com/oscarhernandez/collections/museo-olavide>)

Las seis mallas 3D generadas mediante fotogrametría tenían una media de 2,5 millones de polígonos y las imágenes de textura creadas a partir de las tomas fotográficas tenían un tamaño de 8192x8192 píxeles. Dichas texturas recogían con bastante exactitud los colores correspondientes a las lesiones cutáneas representadas. Las mallas optimizadas para su publicación a partir de las obtenidas por fotogrametría tenían entre 45.000 y 250.000 polígonos y una textura de 2048x2048 píxeles y apenas era perceptible en ellas una disminución de calidad frente a las originales (figura 11).



Figura 11. Modelo 3D creado mediante fotogrametría y publicado en la plataforma Sketchfab mostrando el renderizado final (izquierda) y la malla poligonal (derecha)

Fuente: modelo 3D de elaboración propia publicado en sketchfab.com (<https://sketchfab.com/oscarhernandez/collections/museo-olavide>)

De los cuatro modelos digitalizados hasta la fecha mediante escáner de luz estructurada, dos de ellos han sido ya publicados y los otros dos, que se corresponden a figuras con importantes deterioros, están siendo actualmente empleados para planificar la metodología de intervención sobre las obras físicas, con el fin de recuperarlas para el museo. Estos últimos están siendo de gran ayuda para plantear nuevos enfoques de actuación basados en tecnologías de digitalización e impresión 3D. En cuanto a la calidad de los modelos escaneados, la definición ha sido mayor incluso que la lograda mediante fotogrametría, a lo que hay que sumar la mayor precisión volumétrica (figura 12). Sin embargo, la textura de color tiene una menor definición, como era de esperar por las características de la cámara incorporada en estos tipos de escáneres, que difícilmente pueden competir con las actuales SLR. No obstante, en próximos modelos se va a construir la textura por un método recién incorporado en Artec Studio 16, que permite emplear con ese fin, fotografías tomadas con una cámara convencional en lugar de la del propio dispositivo.



Figura 12. Modelo digitalizado utilizando un escáner de luz estructurada Artec Eva: malla 3D sin textura de color (izquierda); mismo modelo con textura aplicada (derecha)

Fuente: elaboración propia

La visualización en pantalla de las obras publicadas en la plataforma de Sketchfab.com ofrecía una experiencia muy próxima a la observación de los modelos de cera originales y permitía analizar con facilidad todos los detalles anatómicos y patológicos representados (figura 13).

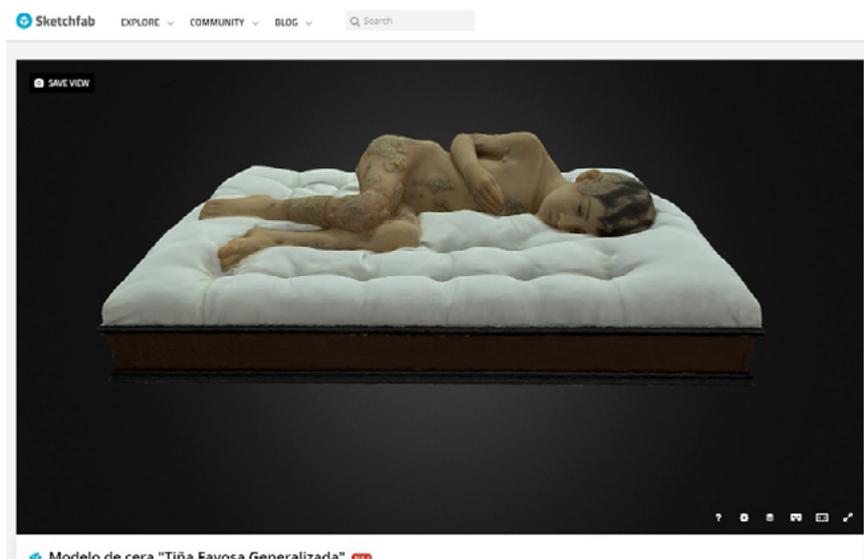


Figura 13. Modelo 3D creado mediante fotogrametría y publicado en Sketchfab.com

Fuente: modelo 3D de elaboración propia publicado en sketchfab.com (<https://sketchfab.com/oscarhernandez/collections/museo-olavide>)



Conclusiones

La digitalización mediante fotogrametría de dichos modelos anatómicos de cera permite un registro tridimensional de gran definición, tanto volumétrica como cromática, resultando clave para alcanzar dichos resultados el control de los brillos con filtros polarizadores.

El proceso de digitalización se ve simplificado aún más con el uso de escáneres de luz estructurada que permiten recortar sensiblemente el tiempo dedicado a la captura de información y aportan además una mayor precisión volumétrica al resultado. A esto hay que sumar que con estos dispositivos no es necesario emplear fuentes de iluminación especiales ni cajas de luz, por lo que resulta más sencilla la digitalización.

Las plataformas de Internet para la visualización de modelos 3D son una potente herramienta para la virtualización de modelos anatómicos de cera y permiten explorarlos en detalle con una finalidad didáctica, divulgativa o de investigación.

La posibilidad de publicar los modelos virtualizados directamente en las redes sociales ofrece nuevas oportunidades de difusión a gran escala de los modelos y de promoción de los museos científicos universitarios.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, dentro del Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i, Subprograma Estatal de Generación de Conocimiento, (PGC2018-098396-B-100), así como por la Beca Predoctoral FPI (ref. PRE2019-087870) financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España), el Fondo Social Europeo FSE y la Agencia Estatal de Investigación.

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Dr. Luis Conde-Salazar, Director del Museo Olavide, por la colaboración y el asesoramiento prestados durante la realización de esta investigación.

Referencias

1. Aranda, D., Maruri, A., & Mora, A. (2006). Restauración de las figuras. En L. Conde-Salazar Gómez (Ed.), *Piel de cera. Olavide, San Juan de Dios y el Museo* (pp. 49-55). Luzán ediciones.
2. Ballestrero, R. (2013). *Efigie, cadáver y cuerpo enfermo en la ceroplástica*. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/22304/>
3. Conde-Salazar Gómez, L., & Heras Mendaza, F. (2013). El Museo Olavide de figuras de cera de la dermatología española. Una reliquia del pasado y un ejemplo para el futuro. *Medicina Cutánea Ibero-Latino-Americana*, 41(5), pp. 193-196. <https://doi.org/10.4464/MC.2013.41.5.5088>
4. Conde-Salazar, L., & Heras-Mendoza, F. (2007). Museo Olavide (III): recuperación. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 98(3), pp. 209-212. <http://www.actasdermo.org/es-museo-olavide-iii-recuperacion-articulo-13101909>
5. Dall'Asta, E., Bruno, N., Bigliardi, G., Zerbi, A., & Roncella, R. (2016). Photogrammetric techniques for promotion of archaeological heritage: The archaeological museum of parma (Italy). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41, pp. 243-250. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-243-2016>

6. Fakiner, N. V. (2014). *Propiedades Materiales Y Experiencias Subjetivas: Los Modelos Anatómicos De Gustav Zeiller (1850-1904)*. [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. E-Prints Complutense.
7. Hernández-Muñoz, Ó., & Sánchez-Ortiz, A. (2019). Digitization and 3D printing for the reconstruction of volumetric losses in an anatomical wax model of the 18th century. *Conservar Patrimonio*, 30, pp. 59–72. <https://doi.org/10.14568/CP2018003>
8. Hernández-Muñoz, Ó., Sánchez Ortiz, A., & Matía Martín, P. (2019). Anatomía animal. Técnicas digitales para la reconstrucción escultórica de la apariencia original de un modelo de cera del siglo XIX. *Intervención, Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, 10(19), pp. 64–76. <https://doi.org/10.30763/intervencion.2019.19.209>
9. Julián Quiroga, I. (1997). *El Museo Olavide o el sueño del olvido*. [Informe no publicado] Gabinete de Prensa del Hospital Gregorio Marañón. Madrid.
10. Leal, J. (1903). Visita a un hospital. *Revista Nuevo Mundo*, 481, pp. 12-15.
11. Lloyd, J. (2016). Contextualizing 3D cultural heritage. *Lecture Notes in Computer Science (including sub-series Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10058 LNCS, pp. 859-868. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_69
12. Melchor, J. M., Martínez, J., Bonafe, C., & Cabrera, A. (2016). La virtualización en el Museo Arqueológico de Burriana (Castellón – España). En J. L. Lerma y M. Cabrelles (Eds.), *8th International congress on archaeology, computer graphics, cultural heritage and innovation* (pp. 78-84). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/arqueologica8.2016.3036>
13. Morente, I. (2019). Arte para la Anatomía. Materialidad didáctica en el real Colegio de cirugía de San Carlos de Madrid. En A. Z. José Pardo-Tomás, Mauricio Sánchez Menchero (Ed.), *Cuerpos mostrados: regímenes de exhibición de lo humano*. (pp. 79-96). Anthropos Editorial.
14. *Museo Olavide de la Fundación Piel Sana de la AEDV*. (s.f.). Recuperado 28 de enero de 2022, de <https://museoolavide.aedv.es/historia/recuperacion-del-museo>
15. Sánchez Ortiz, A., Hernández-Muñoz, Ó., & Sterp Moga, E. (2021). Flora Artefacta. Historia, Tecnología y Conservación de la Colección de Modelos Botánicos Brendel en la Universidad Complutense de Madrid. *Anales de Historia Del Arte*, 31, pp. 103–125. <https://doi.org/10.5209/ANHA.78052>
16. Schnalke, T. (1995). *Diseases in wax: The history of the medical moulage*. Chicago: Quintessence Pub. Co.
17. Schnalke, T. (2004). Casting Skin: Meaning for Doctors, Artists, and Patients. En Chadarevian, S. & Hopwood, N. (Eds.), *Models the third Dimension of Science*. Standford: Standford University Press.
18. Sierra Valentí, X. (2006). Los museos de cera dermatológicos. En L. Conde-Salazar Gómez (Ed.), *Piel de Cera. Olavide, San Juan de Dios y el Museo* (pp. 41-48). Luzán. N.º 5.
19. Sterp Moga, E., Hernández-Muñoz, Ó., & Sánchez-Ortiz, A. (2020). Application of light sources on photogrammetric models for the diagnosis and virtual restoration of objects in polychrome wax. *Conservar Patrimonio*. <https://doi.org/10.14568/cp2020021>
20. Ubik, S., & Kubišta, J. (2016). Interactive scalable visualizations of cultural heritage for distance access. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10059 LNCS, pp. 191-198. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48974-2_21