



ELABORACIÓN DE UN MAPA DE DAÑOS 3D COMO RECURSO PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UN BIEN CULTURAL

OBJETO DE ESTUDIO: *LA VIRGEN DE
LA CANDELA* DE FRANCISCO
HERNÁNDEZ FUENTES

AUTORA: AMANDA HERNÁNDEZ DEHON

TUTOR: MANUEL DRAGO DÍAZ ALEMÁN

GRADO EN RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE
BIENES CULTURALES

2019-2020



Facultad de Bellas Artes
Universidad de La Laguna

ELABORACIÓN DE UN MAPA DE DAÑOS 3D COMO RECURSO PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UN BIEN CULTURAL

OBJETO DE ESTUDIO: *LA VIRGEN DE LA
CANDELA* DE FRANCISCO HERNÁNDEZ FUENTES

AUTORA: AMANDA HERNÁNDEZ DEHON

TUTOR: MANUEL DRAGO DÍAZ ALEMÁN

GRADO EN RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES

2019-2020



Facultad de Bellas Artes
Universidad de La Laguna

RESUMEN

A medida que avanzan las tecnologías también progresan otros ámbitos, como es el caso de aquellos relacionados con el patrimonio histórico y artístico. Es por ello, que la restauración y conservación se apoya en los nuevos avances para progresar el tratamiento, la difusión y el mantenimiento de las obras culturales. En el siguiente trabajo se abarca el tema del uso de la digitalización centrada en la conservación y restauración de obras de arte. Asimismo, se utilizan dos sistemas de digitalización diferentes, los cuales consisten en un escáner 3D de luz estructurada y en el uso de técnicas fotogramétricas. Posteriormente, estos métodos son aplicados en una pieza denominada “La Virgen de la Candela” de Francisco Hernández Fuentes. Finalmente, el modelo generado funciona como un archivo documental para el análisis, conservación, restauración y divulgación de la obra artística.

PALABRAS CLAVE: Digitalización, Fotogrametría, Escáner 3D, Restauración, Conservación, Mapa de daños, Patrimonio, Arte.

ABSTRACT

As technologies advance other areas also progress, as is the case of those related to historical and artistic heritage. That is why the restoration and the conservation is supported in new advances to progress the treatment, dissemination and maintenance of cultural works. The following work covers the use of digitization focused on the conservation and restoration of works of art. As well, two different digitization systems are used, wich consist of a structured light 3D scanner and the use of photogrammetric techniques. Subsequently these methods are applied in a piece called “La Virgen de La Candela” by Francisco Hernández Fuentes. Finally, the generated model functions as a documentary archive for the analysis, conservation, restoration and dissemination of the artistic work.

KEY WORDS: Digitization, Photogrammetry, 3D Scanner, Restoration, Conservation, Damages Map, Heritage, Art.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi pareja, que gracias a él he podido elaborar este trabajo al presentarme al artista de la obra de estudio y también por su gran apoyo. Asimismo, agradecer a Francisco Hernández Fuentes, por ceder su obra y proporcionar bastante información sobre su vida y trabajos artísticos sin ningún problema.

También agradecer a mi tutor Manuel Drago Díaz Alemán, quién me ha guiado y supervisado el desarrollo de este trabajo. Además, gracias a su asignatura de “Digitalizado tridimensional y Patrimonio” he podido conocer el mundo de la digitalización y su aplicación en piezas culturales. Gracias también al equipo del Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital ULL, por su hospitalidad y también por ceder parte de su tecnología con la que se pudo elaborar gran parte de este TFG.

También agradecer a todos los autores de los artículos y publicaciones mencionados a lo largo del proyecto, que gracias a ello he podido apoyarme teóricamente.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. PLANTEAMIENTO GENERAL	9
2.1. Justificación.....	9
2.2. Objetivos.....	9
2.3. Referentes.....	10
2.4. Antecedentes.....	12
2.4.1 La digitalización.....	12
2.4.1.1 La digitalización del patrimonio cultural.....	12
2.4.1.2 La digitalización en la restauración y conservación.....	14
2.4.2 La metodología de la digitalización.....	15
2.4.2.1 La metodología del digitalizado de bienes culturales.....	16
2.4.2.2 Herramientas y técnicas de la digitalización.....	17
2.4.2.2.1 Escáneres 3D.....	18
2.4.2.2.1.1 Sistema de luz estructurada.....	18
2.4.2.2.1.2 Sistema láser.....	21
2.4.2.2.2 La fotogrametría.....	23
2.4.2.2.3 La videogrametría.....	24
2.4.2.2.4 La fotografía estereoscópica.....	25
2.4.2.2.5 RTI (<i>reflectance transformation imaging</i>).....	26
2.5. Metodología.....	27
2.6. Temporalización.....	28
3. CUERPO DEL TRABAJO	29
3.1 Objeto de estudio: La Virgen de la Candela de Francisco Hernández Fuentes.....	29
3.1.1 Francisco Hernández Fuentes.....	29
3.1.2 <i>La Virgen de la Candela</i>	32
3.1.2.1 Ficha técnica.....	33
3.1.2.2 Fotografías.....	34
3.1.2.3 Estado de conservación.....	39

3.1.3 Digitalizado de la obra escultórica.....	44
3.1.3.1 Digitalización con fotogrametría.....	44
3.1.3.2 Digitalización con escáner de luz estructurada: <i>EVA de Artec 3D</i>	49
3.1.3.3 Digitalización con escáner de luz estructurada: <i>EinScan de Shining 3D</i>	54
3.1.3.4 Comparativas y problemáticas de cada digitalización.....	56
3.1.3.5 Montajes de las piezas en <i>Blender</i>	64
3.1.3.6 Mapa de daños 3D y animación en <i>Blender</i>	66
4. RESULTADOS	68
5. CONCLUSIONES	80
6. BIBLIOGRAFÍA	81
7. ANEXOS	83

1. INTRODUCCIÓN

A medida que pasa el tiempo, surgen nuevos sistemas y técnicas que aportan la creación de nuevos métodos en numerosos ámbitos, como ocurre con la restauración y conservación de bienes culturales. En este campo, la digitalización se considera como un recurso, es decir, se trata de un medio que ayuda a la conservación y a la restauración de un bien cultural destacándose por ser no intrusivo. Por lo tanto, digitalizar supone un gran avance y apoyo para este ámbito, de manera que se producen nuevos aportes para la divulgación, investigación, conservación y restauración de los bienes culturales.

Es por ello, que en el siguiente trabajo se va a exponer un desarrollo sobre el tema de la digitalización, que conjuntamente se aplica lo estudiado sobre una pieza escultórica de bulto redondo. Asimismo, se destaca que la práctica llevada a cabo tenga un fin de conservar un bien cultural. Para ello, se utilizó una pieza denominada *La Virgen de La Candela* realizada por Francisco Hernández Fuentes, autor de origen canario. Se acentúa que se ha escogido esta obra ya que presenta varios deterioros que son importantes para la finalidad de este trabajo, que es la elaboración de un mapa de daños 3D. Además, también fue elegida por mostrar dificultades por su geometría, la cual supone una complicación a la hora de digitalizarla. Se ha empleado un total de dos técnicas y tres herramientas de digitalización: La fotogrametría, realizada a través de una cámara réflex *Nikon D3200*; y con el uso de un sistema de luz estructurada, ejecutándose mediante un escáner 3D como son los utilizados “EVA” de *Artec 3D* y “EinScan-SP” de *Shining 3D*. Conjuntamente, se utilizó el software adecuado para el procesado de datos obtenidos con cada herramienta para la realización del modelo 3D. El uso de estos se debe esencialmente para la comparación de los sistemas, además de decidir cuál de ellas es mejor para la digitalización de una obra escultórica en estas condiciones. Por último, se emplearon los modelos adecuados para la elaboración del mapa de daños 3D, el cual funciona como un recurso para divulgar y situar el estado de conservación y restauración de la obra.

2. PLANTEAMIENTO GENERAL

2.1. Justificación

El siguiente trabajo surge, principalmente, por el interés en el ámbito digital y artístico. En la actualidad, la digitalización está bastante presente como apoyo a la divulgación, conservación y restauración del patrimonio cultural. Asimismo, es un recurso bastante utilizado en diferentes áreas e instituciones, como es el caso de los museos. Es por ello, que el trabajo se centra en la digitalización de una obra artística de tipo escultórico, concretamente de *La Virgen de la Candela*, del artista canario Francisco Hernández Fuentes. Además en el trabajo se trata especialmente el estado de conservación de la pieza, de manera que esta información sea posteriormente difundida virtualmente para casos de exposición, restauración o análisis.

Por ello, se procede a utilizar diferentes técnicas de digitalización, dónde en cada una se destacan sus ventajas y dificultades producidas al digitalizar la pieza. Entre los sistemas se utilizan dos fundamentales y diferentes: la fotogrametría y el escáner 3D de luz estructurada.

Para la obtención de documentación, se realiza una entrevista a Francisco Hernández Fuentes que contiene los datos necesarios tanto de la pieza como de la historia del artista. En cuanto a la búsqueda de información general se investigan, tanto en biblioteca como en digital, aquellos escritos sobre la digitalización centrada en el patrimonio histórico y cultural. Aunque en algún caso específico, se trata de documentos de digitalización de ámbitos diferentes. Esto es debido a que, como ya se menciona anteriormente, este proceso se utiliza en varias áreas distintas pero que abarcan una misma finalidad, que es la de digitalizar algún objeto o sujeto con un propósito analítico, artístico, informativo, etc.

2.2. Objetivos

Los objetivos seguidos están relacionados con la digitalización de una obra, concretamente de *La Virgen de la Candela* realizada por Francisco Hernández Fuentes. Es por ello, que se pretende exponer a lo largo del trabajo información sobre la digitalización, tanto en términos generales como específicos, teniendo en cuenta siempre su importancia en el ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales. Además, se presentan datos sobre la vida y faceta artística de Francisco Hernández Fuentes como de su obra *La Virgen de la Candela*. Asimismo, se evalúa el estado de conservación de la pieza y se elabora un modelo 3D que sirva como recurso posterior frente a su conservación y restauración.

Objetivos generales:

- Dar a conocer el uso y la importancia de la digitalización en el ámbito de la restauración y conservación.
- Exponer diferentes métodos de digitalización existentes.
- Presentar información sobre el artista y su obra.
- Realizar un análisis sobre el estado de conservación de la escultura a trabajar.

Objetivos específicos:

- Utilizar diferentes métodos y herramientas de digitalización para modelar en 3D la obra artística.
- Elaborar una comparativa de los diferentes sistemas de digitalización utilizados sobre cada pieza.
- Realizar un mapa de daños 3D interactivo que muestre el estado de conservación de la obra escultórica.

2.3. Referentes

A lo largo del trabajo, se ha investigado varias fuentes que tenga información referente a la digitalización, conservación, restauración y de la obra a tratar.

Destacar, en primer lugar, todos aquellos datos cedidos por el artista Francisco Hernández Fuentes, los cuales provienen de otros medios o a través de la entrevista realizada. Gracias a ello, se pudo documentar de primera mano la vida del autor y su actuación en el mundo del arte, además de la elaboración, procesos y materiales de *La Virgen de la Candela*.

Por consiguiente, se ha visualizado varios artículos de revistas, libros y páginas online referentes al tema de la digitalización, especialmente dirigida en el ámbito de la conservación y restauración. Entre ellas, se destacan el libro de "Digitalización del patrimonio: archivos, bibliotecas y museos en la red" ⁽¹⁾, dónde se saca información, en términos generales, del uso de la digitalización en el patrimonio. También, se investigaron varios artículos publicados en las revistas *Virtual Archaeology Review* y *Arché*, dónde se pudo adquirir conocimientos y explicaciones sobre los diferentes métodos de digitalización y su aplicación en obras pertenecientes al patrimonio.

1. Josep Vives (coord) et al. *Digitalización del patrimonio: archivos, bibliotecas y museos en la red*. (Barcelona: Editorial UOC, 2009).

En estas revistas se pueden hallar los artículos realizados por Carlos Torres, J et.al. ⁽²⁾, Fina Escrivá y José Madrid ⁽³⁾, José Caro y Salvador Hansen ⁽⁴⁾, Pedro Ortiz y Beatriz del Pino ⁽⁵⁾, entre otros. Destacar también el texto ubicado en la página de *Factum Arte* ⁽⁶⁾, dónde se pudo conocer ciertas ventajas y desventajas del uso de la digitalización en concretas obras artísticas. El documento escrito por Vera Moitinho y Dirk Rieke-Zapp ⁽⁷⁾, también aparece mencionado a lo largo del trabajo por ser de gran ayuda para la explicación de los diferentes sistemas de digitalización, ya que los describen de manera sencilla y clara.

También recalcar a aquellas personas que escriben individualmente o en conjunto documentos sobre este tema. Entre ellas están las figuras de José Manuel Pereira ⁽⁸⁾ junto a la de Jesús Robledano ⁽⁹⁾, donde también se saca información sobre el significado de digitalizar, sus diferentes métodos y de su uso en el patrimonio.

-
2. J. Carlos Torres, P. Cano, F. Javier Melero, M. España Acebal y J. Moreno , “Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio”, *Virtual Archaeology Review*, no. 1, pp.51-54(2010)
 3. Fina Escrivá Estevan y José A. Madrid García, “El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio” *Arché*, no. 4 y 5, p.15(2010)
 4. José L. Caro y Salvador Hansen, “De la fotogrametría a la difusión del patrimonio arqueológico mediante game engines: Menga un caso de estudio”, *Virtual Archaeology Review*, vol. 6, no. 12, p.62 (2015)
 5. Pedro Ortiz Coder y Beatriz del Pino Espinosa, “Digitalización 3D automática con láser escáner, fotogrametría y videogrametría. El caso práctico del Templo de Diana (Mérida)”, *Virtual Archaeology Review*, vol. 4, no. 8, p.92 (2013)
 6. Factum arte, “Digitalización en 3D para conservación del patrimonio cultural”.
 7. Vera Moitinho de Almeida y Dirk Rieke-Zapp, “Generación de datos 3D con sistemas ópticos de medición de corto alcance”, en *Arqueología computacional: Nuevos enfoques para la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural*. (México: Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2017).
 8. José Manuel Pereira Uzal, “Digitalizar Vs Modelar”, *DigitalHeritage*
 9. José Manuel Pereira Uzal y Jesús Robledano Arillo, “Uso de tecnologías 3D en la digitalización y difusión de contenidos de alto valor patrimonial”, *El profesional de la información*, no. 3, pp.215-222(2013)

2.4. Antecedentes

2.4.1 La digitalización

La digitalización, en términos generales, es un proceso tecnológico que consiste en convertir un objeto físico en digital mediante el uso de diversas herramientas. De manera más específica, se entiende el uso de digitalizar como un proceso de conversión analógico-digital, dónde la señal analógica muestreada cuantifica unos valores, los cuales son codificados de manera digital ⁽¹⁰⁾. El objetivo que tiene la digitalización es el de mejorar el acceso a diferentes materiales u objetos, dónde estos pueden tomar diferentes formas como son los libros, la música, las fotografías, los modelos tridimensionales, las películas, las cartas, etc. El acceso se realiza mediante un medio electrónico-digital como puede ser un ordenador o la televisión. Es por ello que, a medida que pasan los años, su utilización se ha vuelto importante para diferentes ámbitos, como es el caso del estudio o del patrimonio cultural.

2.4.1.1 La digitalización del patrimonio cultural

La digitalización, en la actualidad, supone de gran importancia para la longevidad y difusión del patrimonio cultural, además de ser un proceso rápido y poco intrusivo. Es por ello, que varias instituciones apuestan por su utilización ya que aporta facilidad a la hora de acceder a las colecciones de un centro mediante vía online. Asimismo, se intenta que esta iniciativa consiga un espacio propio de manera virtual y que no sea un mero complemento de comunicación para la institución. En estos espacios se pueden incorporar varios elementos multimedia que aportan una información y divulgación óptima de las obras en forma de gráficos tridimensionales, fotografías, vídeos, animaciones, sonidos, texto, etc. Por lo tanto, en la actualidad se intenta avanzar y reinventar el sector patrimonial con las nuevas tecnologías venideras, las cuales ayudarán en la difusión del patrimonio de una manera más innovadora. También, aunque se hable de desarrollos se procura no dejar de lado las necesidades de ciertos públicos ⁽¹¹⁾. Por consiguiente, las nuevas tecnologías se pueden utilizar como instrumento para que ayuden a preservar las colecciones, como es el caso de la reconstrucción y representación 3D de elementos arquitectónicos, escultóricos, etcétera ⁽¹²⁾.

10. José Manuel Pereira Uzal, "Digitalizar Vs Modelar", *DigitalHeritage*, <http://www.jpereira.net/apuntes-breves/digitalizar-vs-modelar> (Consultado el 17-10-2019)

11. Josep Vives (coord) et al., "La virtualización de las instituciones en el patrimonio: navegando por el museo" en *Digitalización del patrimonio: archivos, bibliotecas y museos en la red*. (Barcelona: Editorial UOC, 2009), 109.

12. *Ibidem*, p. 116.

En el caso de los museos, las políticas dirigidas hacia la digitalización surgieron a partir de la última década del siglo XX. Es a partir de aquí que la difusión digital del patrimonio cultural adquiere un carácter primordial en las instituciones que se encargan de preservar la memoria (museos, archivos, bibliotecas). Asimismo, crece de importancia para la industria de la conservación del patrimonio. Existen varias propuestas que tienen como objetivo principal el de elaborar un inventario digital que recoja todas aquellas obras de manera virtualizada, como es el caso del proyecto *MICHAEL o Europeana*.

En el caso de España, el Ministerio de Cultura promueve el proyecto de *Red Digital de Museos Españoles*, que trata de utilizar el Sistema DOMUS (aplicación informática desarrollada por el Ministerio). Este sistema consiste en generar un modelo de información estructurado para facilitar el inventariado y catalogación de fondos museográficos y documentales. Por lo tanto, promueven la difusión de la información de los bienes ubicados en los centros que apoyan este proyecto. En el caso de Cataluña, existe el plan de *Museos en Línea*, el cual es de acceso público y proporcionan las colecciones de los museos catalanes ⁽¹³⁾.

La Comisión Europea utiliza el concepto de “objetos culturales” a cualquier tipo de documento en soporte digital. Estos se producen por el resultado de la digitalización de una obra no digital o de aquellas ya de *origen digital*. Dónde la digitalización de obras ha dado paso al concepto de colecciones digitales. Estas igualmente integran elementos virtualizados como ya digitales, además de innovar las formas de publicación, navegación, acceso, participación y colaboración.

Los organismos patrimoniales, por lo general, son sin ánimo de lucro. Por lo tanto, no obtienen las suficientes ganancias para el progreso de los puntos que se encargan estas fundaciones. En términos generales, se encargan de aspectos de finalidad artística y educativa, a la conservación, interpretación y gestión de los bienes patrimoniales. En la actualidad, el turismo cultural presenta uno de los sectores con mayor crecimiento, es por ello que puede motivar a las industrias patrimoniales a conseguir vías de cooperación para una mejora en su divulgación ⁽¹⁴⁾.

13. *Ibíd*em, p. 107-109.

14. *Ibíd*em, p. 110-111.

2.4.1.2 La digitalización en la restauración y conservación

Desde hace tiempo atrás, se ha utilizado varias técnicas y procesos diferentes para el ámbito de restauración y conservación. Entre ellas se puede encontrar la restauración virtual, la cual se plantea como una técnica para el tratamiento del patrimonio gráfico y documental. En este caso, se puede encontrar el *inpainting*, el cual es un proceso digital que mejora la calidad de una imagen fotográfica eliminando los deterioros originales de esta. Pero esto genera que solo afecte la restauración a la obra virtual mientras que la física sigue en las mismas condiciones de deterioro. Aunque son ideales para la preservación de información y para el apoyo a la hora de la restauración física de la obra a tratar. También hay casos de restauraciones que aplican el uso digital a la obra real, como son aquellas técnicas que recuperan la tonalidad de una obra. En estos procesos se apoyan de una imagen digital junto con su proyección sobre la pieza mediante el uso de luces LED ⁽¹⁵⁾.

La digitalización supone de gran importancia para este tipo de ámbito, ya que es un proceso que ayuda en varios aspectos de la restauración y conservación. Entre ellas se puede encontrar: una mayor aportación de información del bien cultural; una contribución a la elección de un método de tratamiento idóneo sin la necesidad de intervenir sobre él desde el principio; a la realización de una restauración virtual a modo de visualización o actuación posterior; a la proyección de la intervención futura de la pieza frente a conseguir subvenciones o la aprobación del público; a la contribución de la realización de un estudio previo sobre el estado de conservación; a la preservación de la pieza, entre otras.

Por consiguiente, aunque la digitalización suponga grandes avances para la conservación y restauración de los bienes culturales, también existen ciertas desventajas que hay que tener en cuenta. Como es la manipulación, el transporte y el estado del espacio de trabajo, ya que pueden generar ciertos problemas en la pieza y en su digitalización. Para ello existen unos pasos a seguir para prevenir este tipo de dificultades, los cuales se detallan en el apartado 3.2.1.

15. Fina Escrivá Estevan y José A. Madrid García, "El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio" *Arché*, no. 4 y 5, p.15(2010) https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30147/2010_04-05_011_020.pdf (Consultado el 01-11-2019)

2.4.2 La metodología de la digitalización

Como ya se ha mencionado, la utilización de las nuevas tecnologías favorece la conservación del patrimonio cultural. Ya que facilitan la elaboración de fichas técnicas, información sobre el estado de conservación, realización de estudios previos frente a intervenciones de restauración y conservación, visualización de medidas, volúmenes, materiales, etc. Para ello, se emplean varias técnicas y herramientas como son los escáneres tridimensionales, la fotogrametría, la fotografía digital,...⁽¹⁶⁾. Para ello, hay que tener en cuenta la dimensión del archivo a digitalizar, es decir, si son en dos dimensiones (2D) o tres dimensiones (3D). Esto es debido a que, dependiendo del tipo de objeto, esta pueda elaborarse con unas herramientas u otras.

En el caso de digitalización de objetos bidimensionales, como son los documentos o las fotografías, se destaca el uso de escáneres y cámaras digitales. La visualización de dicho objeto en el espacio digital tiende a ser realista, siempre teniendo en cuenta que los valores de las herramientas sean los correctos. Pero existen ciertos tipos de limitaciones, ya que no es posible representar todas las formas dimensionales de algunos documentos. Estos impedimentos pueden ser debidos especialmente al material intrínseco, como son los relieves, la textura,...; a elementos añadidos con cierto volumen, como por ejemplo son las encuadernaciones o los marcos; o a su estado de conservación, como son los dobleces, los rotos, etc. Asimismo, una reproducción en 2D supone una cierta limitación frente a una en 3D, ya que la visualización bidimensional funciona perfectamente como divulgador del contenido del objeto. Mientras que la tridimensional aporta mayor información sobre ese mismo material pero relacionándose este con el espacio, permitiendo una mayor comprensión del objeto. Es por ello, que se intenta que los objetos bidimensionales también sean digitalizados a través de la tecnología 3D, por su mayor aportación a la información y precisión. En este caso se puede utilizar diferentes herramientas como son la fotografía estereoscópica, los escáneres 3D o la RTI (*reflectance transformation imaging*)⁽¹⁷⁾.

16. Ibídem, p. 107-109.

17. José Manuel Pereira Uzal y Jesús Robledano Arillo, "Uso de tecnologías 3D en la digitalización y difusión de contenidos de alto valor patrimonial", *El profesional de la información*, no. 3, pp.215-222(2013) <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2013/mayo/04.pdf> (Consultado el 24-10-2019)

En cuanto a la digitalización de objetos tridimensionales, como es el caso de las esculturas o la arquitectura, se suele utilizar como herramientas la fotogrametría o los escáneres tridimensionales. Al igual que ocurre con los objetos 2D, su reproducción digital suele tener un acabado realista y contiene unas ciertas limitaciones aunque, por una parte, tienden a ser diferentes a las bidimensionales.

Antes de proceder con el digitalizado de una obra, se debe tener en cuenta el material intrínseco de esta, ya que la textura o algunos componentes que la conforman pueden generar complicaciones posteriores. Asimismo, hay que tener cuidado con factores externos como es la iluminación, ya que puede generar brillos y una diferencia de tonos cuando la pieza sea digitalizada. Hay también problemas referentes a la resolución del archivo o la precisión de las medidas del modelo, los cuales son generados principalmente por la tecnología del aparato. Estos pueden ser causados por los objetivos, los sensores, la superficie a escanear y los diferentes algoritmos del software a emplear ⁽¹⁸⁾. En referencia a su resolución, este valor puede variar también por la distancia de captura, teniendo en cuenta que los escáneres de corto alcance tienen una mayor definición a comparación de los de largo alcance. Mientras que su precisión es importante debido a que puede generar errores en los vértices del modelo ⁽¹⁹⁾.

2.4.2.1 La metodología del digitalizado de bienes culturales

Para el digitalizado de bienes culturales, hay que tener en cuenta varios puntos importantes antes de proceder a su virtualización, tanto en obras bidimensionales como tridimensionales:

Primeramente, el espacio de trabajo debe reunir unos requisitos previos para conservar la pieza en correctas condiciones y evitar así su deterioro. Para ello, el lugar tiene que tener una iluminación controlada y adecuada a la obra, estar limpio de suciedad y polvo, encontrarse libre de humedades, tener una temperatura controlada, y por último, realizarse la digitalización en un área de color neutro.

Conjuntamente, el personal a elaborar el proyecto debe estar cualificado, además de llevar una indumentaria correcta que proteja y no deje restos, como es el uso de una bata y guantes de un material específico para la manipulación de la pieza.

18. Factum arte, "Digitalización en 3D para conservación del patrimonio cultural", *Factum arte*, <http://www.factum-arte.com/pag/706/Digitalización-en-3D-para-conservació-del-patrimonio-cultural> (Consultado el 24-10-2019)

19. J. Carlos Torres, P. Cano, F. Javier Melero, M. España Acebal y J. Moreno, "Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio", *Virtual Archaeology Review*, no. 1, pp.51-54(2010) (Consultado el 24-10-2019)

Asimismo, el equipo de trabajo debe funcionar correctamente y debe ubicarse adecuadamente en el espacio. Es decir, que el equipo esté colocado de manera ordenada y que no interfiera con la obra ni con el trabajador.

En cuanto a la pieza, si es necesario, se le debe efectuar un tratamiento previo para su correcta conservación y digitalización. Este proceso consiste en realizar una limpieza superficial mecánica para eliminar el polvo y la suciedad depositada. A continuación, es destacable elaborar una planificación de las partes y planos a digitalizar, además de tener en cuenta aquellas zonas que pueden ser complicadas.

En casos de que la pieza deba transportarse de un lugar a otro, hay que tener en cuenta varios puntos: el estado de conservación de la obra, la condición ambiental a la que se va a someter y los diferentes sistemas de embalaje. Hay que tener en cuenta que todos estos pasos debe realizarlo el personal profesional adecuado. Ante todo hay que tomar consideración si la obra se va a trasladar de manera interna o externa. En caso de que salga de su ubicación original, se le debe realizar previamente un informe que detalle el estado de conservación. Esto se elabora fundamentalmente para controlar que la pieza, cuando esta salga de su lugar, no sufra ningún cambio o daños. Por consiguiente, para el transporte de la obra, esta debe encontrarse bien embalada con los materiales adecuados de conservación. En cuanto a la condición ambiental, es importante llevar a cabo una climatización de la pieza junto al embalaje cuando esta llegue a su destino para evitar posibles deterioros ⁽²⁰⁾.

2.4.2.2 Herramientas y técnicas de la digitalización

Como ya se ha mencionado en anteriores apartados, existen múltiples técnicas y herramientas que sirven a la hora de digitalizar un objeto real. Estos métodos pueden aplicarse con o sin contacto sobre la pieza. Pero, para casos de obras artísticas e históricas, se debe utilizar aquellas herramientas que no incluyan ningún contacto físico, ya que puede suponer daños en el objeto. Entre las utilizables para este tipo de piezas se pueden encontrar la fotogrametría, el uso de diferentes escáneres (luz estructurada, y láser), la videogrametría, la fotografía estereoscópica, entre otras.

20. Maite Moltó Orts, Juan Valcarcel Andrés y Julia Osca Pons , “La manipulación de obras de arte en exposiciones temporales”, *Arché*, no. 4 y 5, p.215-216(2010) https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30986/2010_04-05_215_220.pdf (Consultado el 1-11-2019)

2.4.2.2.1 Escáneres 3D

El escáner 3D es un aparato que captura la geometría y el color de una pieza, que posteriormente es modelado virtualmente. Existen varios tipos de escáneres en el mercado, dependiendo su uso del objeto que se vaya a capturar. Estos pueden diferenciarse entre sistemas activos (se proyecta una luz sobre el objeto) y pasivos (se utilizan con luz ambiental). Asimismo, los escáneres 3D se pueden dividir dependiendo de su distancia de captura, el cual puede ser de largo-medio o de corto alcance, además su utilización depende especialmente del tamaño y extensión del objeto. Aquellos de largo-medio alcance se suelen emplear para los objetos de gran tamaño, ya que generan modelos a gran escala con mayor facilidad, como son los edificios arquitectónicos. Pero tienen una limitación, y es que no registra los detalles más profundos del objeto. Conjuntamente, este tipo de escáneres suelen utilizar sistemas de tiempo de vuelo o de pulso láser. En cambio, los de corto alcance permiten registrar con mayor facilidad los detalles de la superficie de una pieza. Por lo que permite una mayor resolución, a comparación de los de largo-medio alcance, aunque no consigue escanear totalmente una superficie de gran tamaño. Por lo general este método se utiliza para reproducir los detalles de objetos pequeños o de zonas delimitadas de piezas mayores. Además, este tipo de escáneres suelen utilizar sistemas láseres o de luz estructurada ⁽²¹⁾.

2.4.2.2.1.1 Sistema de luz estructurada

Este tipo de sistema, como ya se mencionó anteriormente, se trata de un tipo de escáner sin contacto, activo y de corto alcance. En esta técnica se emite, sobre la obra a modelar, una serie de patrones de luz con una secuencia binaria a través de un proyector LCD. También, se encarga de registrar, mediante el uso de una cámara, la deformación que sufre el haz de luz durante su proceso de proyección. Este proceso es similar al principio de triangulación, ya que calcula la distancia de todos los puntos de la línea. La precisión y resolución del escaneado depende de la distancia entre el equipo y la pieza, el tamaño del objeto y del ángulo entre el proyector y la cámara ⁽²²⁾. Posteriormente, el software especializado procesa los datos obtenidos y genera digitalmente el modelo en tres dimensiones.

21. Factum arte. Op.cit.

22. Carlos León Robles, Juan Francisco Reinoso Gordo y Jesús Mataix Sanjuán, "Luz estructurada en la reconstrucción digital de detalles arquitectónicos", *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, no. 32, pp.199-200(2018) <https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/9810> (Consultado el 11-11-2019)

La ventaja que tiene el uso de este sistema es la velocidad en la que elabora el escaneado. Ya que, en vez de captar cada punto del patrón, permite escanear varios puntos a la vez o incluso todo el campo de visión. Asimismo, permite escanear objetos en movimiento a tiempo real ya que puede reducir o eliminar la deformación del movimiento ⁽²³⁾.

El proyector, por lo general, emite un haz de luz procedente del espectro visible. Existen varios sistemas que utilizan la proyección de franjas mediante una luz azul, ya que permiten controlar la luz ambiental y proporcionan mejores resultados frente a objetos reflectantes o transparentes. Pero para otros supuestos, se prefiere generalmente el escaneo con una fuente de luz blanca. En cuanto a la cámara, puede utilizarse aquellas que son de color, las cuales permiten capturar las formas y colores al mismo tiempo, o aquellas que son monocromáticas, las cuales capturan más luz y producen menos distorsión en los píxeles que las de color ⁽²⁴⁾.

Asimismo, hay que tener en cuenta que existen dos tipos de sistemas de luz estructurada: el básico y el de proyección de franjas:

El sistema básico es aquel que proyecta sobre la pieza un solo patrón binario, que es captado por dos cámaras como mínimo. Para calcular las coordenadas tridimensionales del objeto se suele aplicar unas técnicas de correlación de imagen, que se encargan de identificar puntos o zonas equivalentes en las imágenes generadas en las cámaras. Posteriormente, estas coordenadas son guardadas como nubes de puntos. Este tipo de sistema básico también tiene una dificultad, y es que los puntos generados para el cálculo de las coordenadas 3D es bastante menor al de los píxeles del sensor. Por lo que los datos obtenidos acaban teniendo una resolución menor que las imágenes originales. Por lo tanto, este sistema se suele utilizar para digitalizar objetos que no requieran una gran resolución, ya que los detalles más profundos terminan adquiriendo un acabado medio ⁽²⁵⁾.

-
23. Andreas Georgopoulos, Charalabod Loannidis, Artemis Valanis, "Assessing the performance of a structured light scanner", *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, no. 38, pp.250-254(2010) <https://pdfs.semanticscholar.org/18a2/1037a3a846f407d599bea3e5006eb32b3fce.pdf> (Consultado el 13-11-2019)
 24. Vera Moithinho de Almeida y Dirk Rieke-Zapp, "Generación de datos 3D con sistemas ópticos de medición de corto alcance", en *Arqueología computacional: Nuevos enfoques para la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural*. (México: Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2017), p. 98
 25. *Ibidem*, p.98-99

El sistema de proyección de franjas se encarga de proyectar una variación de múltiples franjas de onda sinusoidal sobre el objeto, donde luego la cámara registra estos haces de luz. Por consiguiente, los datos son guardados como una malla triangulada. Este método permite resolver una lectura 3D por píxel, generando detalles con una calidad y resolución con altos valores. Esto es debido a que este tipo de proyección aísla la pieza de la iluminación ambiental y de diferentes contrastes. Como dificultad, este sistema presenta una captación de datos más lenta que la básica. Por lo tanto, este método es mayormente utilizado cuando se quiere digitalizar una pieza con muchos detalles finos ⁽²⁶⁾.

Finalmente, este tipo de escáner también presenta unas limitaciones, entre las que se encuentran la sensibilidad de este frente a la luz ambiental y el correcto registro de las texturas. En cuanto a la iluminación cuando se halla en valores muy altos, impide que se capte bien los datos, además, de una correcta calibración del equipo. Por lo que en estos casos, es importante que la pieza se encuentre en un entorno donde la iluminación ambiental no se proyecte directamente o cambie sus niveles de manera excesiva. Hay casos donde las obras se hallan en el exterior y su traslado es imposible, por lo que para estas circunstancias es ideal realizar el escaneado, en momentos donde el sol no ilumine fuertemente o en áreas de sombra. En cuanto al registro de texturas, los equipos por lo general no tienen instalados unas cámaras con una elevada resolución, por lo que las texturas captadas no obtienen unos buenos valores. Como solución a estos casos, se presenta mejor el uso de la fotogrametría digital. Como ventaja, si se trata de captar una textura uniforme de una pieza, donde la fotogrametría no lo pueda detectar adecuadamente, este tipo de escáneres son más convenientes. Además de que tienen un menor coste que aquellos de punto láser ⁽²⁷⁾. Cuando se trata de escanear una superficie reflectante o transparente, como es el vidrio o el mármol, también puede presentar un problema, ya que su textura o material no se detecta correctamente. Para estos casos, existe una solución que es la de cubrir la pieza con spray blanqueador, pero no es funcional en todos los materiales ⁽²⁸⁾. Además, al digitalizar obras de patrimonio importantes a conservar, este tipo de solución debe evitarse ya que puede dañar o alterar el objeto.

26. *Ibíd*em, p.99

27. Carlos León Robles, et al., *Op.cit.*, p. 205

28. Vera Moithinho de Almeida y Dirk Rieke-Zapp, *Op.cit.*, p. 98.

2.4.2.2.1.2 Sistema láser

Otro sistema activo de escaneo 3D sin contacto es el escáner láser. Este tipo, como ya se trató anteriormente, es un método de escaneo activo, además, puede ser de corto o medio-largo alcance según el sistema empleado. Por lo general, este escáner se encarga de enviar ondas electromagnéticas, en forma de banda o pulso láser, sobre el objeto a tratar. Dónde, posteriormente, una cámara detecta la deformación del láser reflejado. Por último, el software especializado se encarga de generar el modelo tridimensional a partir de los datos capturados. Como ya se ha mencionado, este escáner puede dividirse en diferentes sistemas, los cuales son de tiempo de vuelo, triangulación y diferencia de fase.

El sistema de triangulación, es de corto alcance, y se encarga de utilizar un proyector que emite una o varias bandas de láser sobre el objeto, además de una cámara el cual registra la deformación del rayo láser reflejado. Posteriormente, el software especializado se encarga de utilizar el principio de triangulación para calcular las coordenadas 3D. Se denomina principio de triangulación a aquella técnica dónde el punto láser, la cámara y el escáner forman en total un triángulo (Fig.1). Por ello, se debe conocer la distancia entre el láser y la lente de la cámara, el ángulo del láser y la ubicación del punto de luz detectado. Este tipo de escáneres, si se comparan con los de luz estructurada, presentan menos precisión ya que generan archivos con una resolución menor y abarcan una mayor distorsión. Pero a comparación de los otros sistemas láseres (tiempo de vuelo y diferencia de fase) presenta una mayor exactitud, captando mejor los detalles del objeto ⁽²⁹⁾.

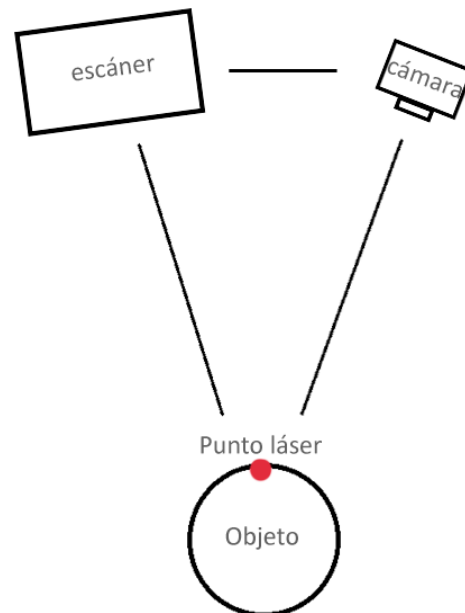


Fig.1. Sistema de triangulación de Escáner 3D

29. Ibídem, p. 99.

El sistema de tiempo de vuelo es de medio-largo alcance, y es bastante utilizado para digitalizar piezas procedentes del patrimonio arquitectónico. Estos suelen emitir un pulso láser, el cual es lanzado a través de un espejo rotatorio y es reflejado sobre la pieza, que posteriormente, retorna de nuevo hacia el escáner. Asimismo, se calcula el tiempo que tardó el pulso cuando salió del escáner hasta su regreso para permitir calcular la distancia para el digitalizado. Por último, la cámara se encarga de proporcionar el valor cromático de cada dato obtenido ⁽³⁰⁾. La precisión del escáner depende de la capacidad del dispositivo para medir el tiempo, por lo que a mayor precisión, frente al tiempo, será más preciso al medir su distancia. La principal ventaja que ofrece este sistema es la de poder digitalizar piezas de gran altura y que se hallan a distancias grandes. Es por ello, que se utiliza bastante para escanear estructuras arquitectónicas, además de ayudar en levantamientos topográficos. Pero también presenta unas limitaciones, las cuales se destaca por no permitir digitalizar con detalle aquellas piezas pequeñas o con decoraciones muy definidas. Además, también muestra problemas a la hora de su precisión, ya que puede tener dificultades al detectar el momento exacto del retorno del láser ⁽³¹⁾.

El sistema de diferencia de fase es de medio-largo alcance y, al igual que el anterior, se puede utilizar para la digitalización de edificios, aunque se destaca su uso para la realización de planos industriales. Este sistema se encarga de emitir una serie de ondas láser de diferentes longitudes de onda sobre la pieza, que posteriormente estas son reflejadas y detectadas por el escáner. Continuamente, un circuito se encarga de medir la diferencia de fase entre las ondas enviadas y recibidas, determinando así la distancia entre el objeto y el escáner. Por último, para sacar el valor cromático se utiliza una cámara métrica calibrada. La ventaja que presenta es la de tener bastante precisión, ya que permite adquirir datos rápidamente. Asimismo, tiene varias limitaciones las cuales son principalmente debidas por la distancia de trabajo, especialmente en aquellas de medio alcance. Como es el caso de las diferentes superficies del objeto que puede generar problemas en el reflejo de las ondas, generando así puntos de ruido en el modelo ⁽³²⁾.

30. Tecnitop, "Tiempo de vuelo" <https://tecnitop.com/es/tiempo-vuelo/> (Consultado el 20-11-19)

31. Ainara Contreras Echebarria, "Obtención del modelo 3d de la azotea de la escuela técnica superior de ingenieros de telecomunicación de la universidad politécnica de madrid, mediante tecnología escáner 3d". (Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2014), p.24

32. Tecnitop, "Diferencia de fase" <https://tecnitop.com/es/diferencia-fase/> (Consultado el 25-11-2019)

2.4.2.2.3 La fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que consiste en realizar diferentes mediciones métricas a partir de fotografías. La fotogrametría se utiliza bastante para obtener documentación al recrear digitalmente piezas del patrimonio artístico, histórico, arqueológico, etc. Asimismo también es utilizado para otros ámbitos como son la cartografía o la ingeniería civil.

Para el proceso de esta técnica se utiliza una herramienta fundamental, la cual se trata de una cámara. Este aparato no requiere que sea especial pero si tener un mínimo de calidad, especialmente para poder obtener unas imágenes con buen detalle que sirvan para el modelado posterior. Esta cámara puede girar libremente en el espacio 3D de medición o girarse manualmente hasta obtener las imágenes necesarias de todos sus ángulos y posiciones. La calibración de la cámara se puede realizar manualmente, según cada trabajo, o a través de un campo predeterminado. Aunque en encargos complicados se suele utilizar ciertas señalizaciones que controlan la calibración y la medición⁽³³⁾. Posteriormente, el software especializado, como es el *PhotoScan*, el *PhotoModeler*, el *Drone2Map*, el *Pix4D*, entre otros..., se encarga de elaborar el modelo digital sobreponiendo las fotografías capturadas según la detección de los puntos comunes de cada imagen. Tener en cuenta que previamente cada fotografía pasa por una edición, la cual se realiza manualmente en un programa de edición fotográfica, como es *Photoshop*. Dónde se descarta aquel espacio inservible de la fotografía para que el algoritmo del software encargado de elaborar el modelo tridimensional no lo tome en cuenta⁽³⁴⁾. Seguidamente, el programa genera una nube de puntos densa formada por los píxeles contenidos en las fotografías. Se denomina nube de puntos a una serie de multitudes coordenadas espaciales tipo XYZ. Dónde la precisión de cada modelo está condicionado por el número total de estas coordenadas. Además de conseguir fielmente las formas volumétricas, también se representa en gran medida los tonos originales del objeto. Esto es debido a que cada punto del modelo suele estar acompañado por su información colorimétrica, el cual es representado en el sistema RGB⁽³⁵⁾. Por último, hay que tener en cuenta que el modelo generado no tiene las medidas reales del objeto, sino que son relativas a este.

33. Vera Moithinho de Almeida y Dirk Rieke-Zapp, Op.cit., p. 99.

34. José L. Caro y Salvador Hansen, "De la fotogrametría a la difusión del patrimonio arqueológico mediante game engines: Menga un caso de estudio", *Virtual Archaeology Review*, vol. 6, no. 12, p.62 (2015) (Consultado el 28-11-2019)

35. José Manuel Pereira Uzal y Jesús Robledano Arillo. Op.cit, p.219

El uso de las técnicas fotogramétricas tiene la ventaja de digitalizar rápidamente parte del patrimonio que se halle en malas condiciones o se ubique en zonas de difícil acceso. Además, este se utiliza a menudo cuando no se puede disponer de escáneres 3D o cuando se tenga que digitalizar un objeto que se halle en un lugar con actividad en constante movimiento. Asimismo, permite escanear superficies translúcidas como es el mármol. Pero este proceso no se suele utilizar cuando se necesite capturar en alta definición aquellas superficies oscuras o reflectantes, ya que pueden presentar problemas posteriores ⁽³⁶⁾.

2.4.2.2.4 La videogrametría

La videogrametría es similar a la fotogrametría, ya que es una técnica que consiste en realizar diferentes mediciones métricas pero elaboradas a partir de un video. Este sistema es utilizado en varios ámbitos, a parte del patrimonio cultural, como son el de la salud o el deportivo. Ya que además de reconstruir tridimensionalmente, también funciona para realizar análisis bidimensionales del movimiento ⁽³⁷⁾.

Para este método, se basa en la formulación y los diferentes algoritmos de la visión computacional. El video se representa mediante una sucesión de fotogramas, que puede ser de 25 a 60 frames, aunque existen más valores en la actualidad pero no son los más convencionales. Los fotogramas tienen una configuración parecida al de las fotografías, es por ello que su tratamiento es similar ⁽³⁸⁾. Para este proceso, se utiliza también una cámara la cual esté capacitada para grabar video. Para el digitalizado, primeramente, se realiza un video sobre el objeto capturando todos sus ángulos de visión. Después, el software especializado se encarga de rastrear los puntos similares a través de la secuencia de fotogramas del video. Para este proceso se utiliza el método de DLT (*transformación lineal directa*), el cual se trata de ecuaciones lineales que relacionan las coordenadas de cada imagen con un punto en su ubicación espacial ⁽³⁹⁾.

36. Factum Arte, Op.cit.

37. Christian Andrés Díaz, Andrés Torres, José Ignacio Ramírez, Luisa Fernanda García, Natalia Álvarez, "Descripción de un dispositivo destinado al análisis de la marcha en dos dimensiones, CineMED", *Escuela de ingeniería de Antioquia*, no. 5 (2006) (Consultado el 01-12-2019)

38. Pedro Ortiz Coder y Beatriz del Pino Espinosa, "Digitalización 3D automática con láser escáner, fotogrametría y videogrametría. El caso práctico del Templo de Diana (Mérida)", *Virtual Archaeology Review*, vol. 4, no. 8, p.92 (2013) (Consultado el 01-12-2019)

39. Christian Andrés Díaz, et al., Op.cit.

La videogrametría es una técnica que se utiliza para elaborar digitalizaciones de manera rápida. Pero, a diferencia de la fotogrametría, este método presenta una resolución inferior, ya que no se muestra de manera totalmente homogénea. Asimismo, su precisión no es adecuada para obtener una digitalización de una pieza de manera profesional. Por lo tanto, su uso se limita solo a trabajos rápidos y que tengan una finalidad como visualización previa ⁽⁴⁰⁾.

2.4.2.2.5 La fotografía estereoscópica

La fotografía estereoscópica es una técnica que produce modelos en formato raster bidimensionales. Esta configuración se destaca en organizar un área cuadrículada en una matriz de píxeles o celdas. Además, esta técnica se encarga de generar imágenes 3D aplicando el mismo principio de la visión estereoscópica humana. Pero el modelo no obtiene información de sus volúmenes de manera calibrada. Por lo tanto, esta técnica no puede generar modelos precisos y geométricos en tres dimensiones. A parte de esto, es de gran utilidad para la realización de análisis espaciales sobre la superficie de objetos de dos dimensiones, como son los documentos o las pinturas. Esto es posible ya que pueden generar al espectador una ilusión de tridimensionalidad ⁽⁴¹⁾.

Para esta técnica se debe obtener dos imágenes de una misma escena, capturando cada una en un desplazamiento de seis centímetros y medio. Posteriormente, un mecanismo especializado se encarga de visualizar y aportar la ilusión óptica dándole la forma de tres dimensiones. Mediante el uso de la técnica de los anaglifos y de los pares estereoscópicos es posible digitalizar y difundir este tipo de imágenes de manera fácil. Los anaglifos se encargan de superponer las dos fotografías estereoscópicas sobre una misma superficie, diferenciando ligeramente el registro de cada una mediante el uso de tinte rojo y cian. Posteriormente, se produce la ilusión de tridimensionalidad al visualizarse las imágenes mediante el uso de unas gafas con filtros especiales. Pero puede producirse que el espectador no observe correctamente los colores de la pieza debido a las diferentes capacidades de la visión humana. Los pares estereoscópicos se encargan de contener dos imágenes una junto a la otra sin separación alguna entre las dos. Continuamente, a través de un visor estereoscópico o de un procedimiento de visión cruzada se produce la sensación de tridimensionalidad. Pero tiene sus inconvenientes, y es que la resolución espacial es escasa y mínima, por lo que su análisis es limitado ⁽⁴¹⁾.

40. Pedro Ortiz Coder y Beatriz del Pino Espinosa, Op.cit.

41. José Manuel Pereira Uzal y Jesús Robledano Arillo, Op.cit. p. 218

2.4.2.2.6 RTI (*reflectance transformation imaging*)

La RTI es un método de fotografía que se encarga de capturar la forma y los colores superficiales de un objeto. Como ocurre igual que la fotografía estereoscópica, se trata de un sistema que representa imágenes bidimensionales en formato raster. Esta técnica utiliza una iluminación interactiva sobre el objeto desde varias direcciones. Para ello, previamente se realiza varias capturas fotográficas de la pieza, la cual cada una está iluminada por una fuente de luz proyectada desde diferentes ángulos. Además, se produce una serie de imágenes del mismo objeto con diferentes brillos y sombras. Posteriormente, se sintetiza matemáticamente la información de cada imagen capturada. Cada RTI es similar a una imagen bidimensional, pero la información se deriva a tener forma tridimensional. Dónde cada pixel de la fotografía es codificado, generando que la imagen RTI determine la reflectancia de la luz incidida en la pieza. Por lo tanto, termina visualizándose en un programa específico. Después el usuario es capaz de iluminar la imagen RTI de manera interactiva y analizar los diferentes aspectos y detalles de la pieza virtualmente ⁽⁴²⁾.

42. Cultural Heritage Imaging, "Reflectance Transformation Imaging", *Cultural Heritage Imaging*, <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/index.html> (Consultado el 02-12-2019)

2.5. Metodología

Para la elaboración del siguiente trabajo se ha procedido a seguir una serie de pasos, los cuales continúan el siguiente progreso:

En primer lugar, se ha realizado una búsqueda de una pieza artística escultórica que presente unas circunstancias concretas para la elaboración del trabajo. Estas se destacan que la obra presente unas condiciones geométricas complicadas y un mal estado de conservación. Es por ello, que se escoge la pieza de Francisco Hernández Fuentes denominada *La Virgen de La Candela*. Asimismo, se realiza una entrevista al autor para conocer los detalles sobre su vida y faceta artística, además de la obtención de datos sobre la obra escultórica cedida para el trabajo.

Se procede a realizar una búsqueda bibliográfica sobre los términos generales y específicos de la digitalización, además de su actuación en el mundo del patrimonio cultural. Tratando especialmente documentación relacionada con el ámbito de la restauración y conservación.

En segundo lugar, se realiza la digitalización de cada parte de la pieza mediante el uso de tres herramientas y dos técnicas: Escaneado mediante el uso del escáner "EVA" de *Artec 3D* y "EinScan-SP" de *Shining 3D* (Escáneres 3D de luz estructurada) y fotogrametría elaborada a través de una cámara Nikon D3200. Consecuentemente cada digitalizado se apoya de un software especializado, en el caso de los escáneres se utilizan *Artec Studio 9* de *Artec 3D* y *EinScan Software* de *Shining 3D*, mientras que en el caso de la fotogrametría se maneja *PhotoScan*, producida por la marca *Agisoft*.

Una vez finalizado cada digitalizado, se elabora una comparativa de estos dos procesos, recalcando las ventajas e inconvenientes de cada uno con la pieza a tratar. A continuación se escoge la digitalización mejor elaborada para luego realizar el mapa de daños 3D con la ayuda del programa de modelado y animación *Blender*. Asimismo se procede, con el uso del mismo software, a reconstruir cada parte de la pieza digitalizada para conseguir una visualización completa de la obra.

2.6. Temporalización

En el siguiente esquema se detalla el tiempo total de cada paso seguido para la realización del TFG. Detallar que el siguiente trabajo se elabora en varios meses desde enero del año 2019 hasta marzo de 2020.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Octubre	Noviembre
Búsqueda de la pieza						
Obtención de documentación						
Entrevista al artista						
Elaboración de la fotogrametría						
Elaboración del escaneado						
Elaboración del informe						
Entrega y exposición del TFG						

	Diciembre	Enero (2020)	Febrero (2020)	Marzo (2020)	Junio (2020)
Búsqueda de la pieza					
Obtención de documentación					
Entrevista al artista					
Elaboración de la fotogrametría					
Elaboración del escaneado					
Elaboración del montaje y animación					
Elaboración del informe					
Entrega y exposición del TFG					

3. CUERPO DEL TRABAJO

3.1 Objeto de estudio: La *Virgen de la Candela* de Francisco Hernández Fuentes

3.1.1 Francisco Hernández Fuentes

Francisco Hernández Fuentes nace el 14 de diciembre del año 1949 en el municipio de Los Realejos en Santa Cruz de Tenerife. Se licencia en Magisterio en Educación Infantil en la Universidad de La Laguna sobre el año 1975 y ejerce como maestro en educación infantil. Anteriormente, trabajaba en variadas labores pero ninguna relacionada con el arte. Realizaba un ingreso universitario en estudios artísticos pero lo abandonó por diferencias con la enseñanza dada. En cambio, nunca renunció su pasión por el arte y elaboraba multitudes de obras de variados temas y formas a lo largo de los años. Entre ellas se pueden hallar poemas, pinturas, esculturas, grabados,... todas relacionadas con temas canarios, religiosos y mitológicos. En cuanto al estilo se le caracteriza por interpretar el surrealismo en sus obras.



Fig.2. *Francisco Hernández Fuentes*

Sus trabajos artísticos empezaron por influencia e inspiración de libros y láminas sobre el arte, pero especialmente fue por su madre Asunción Fuentes Delgado, pintora, escritora y poeta. Ella empezaba en el mundo artístico practicando con el dibujo al retocar fotografías en el Estudio Benítez. Además, Asunción ayudó como correctora a Francisco en la elaboración de su propio arte.

Ha llegado a vender parte de sus obras al público, además de elaborar piezas y encargos para familiares y amigos. También ha llevado a cabo múltiples exposiciones en las Islas Canarias, tanto en solitario como en conjunto. Por ejemplo, entre ellas se encuentran en colectivo la denominada "G3family" la cual fue realizada en la Sala de Exposiciones del ISTIC en San Cristóbal de La Laguna, dónde se expuso pinturas pertenecientes a las tres generaciones de pintores de la familia: Asunción Fuentes, Francisco Hernández y Yaiza Hernández. "Canto al Vino" organizadas tanto en La Laguna, Tenerife, como en Telde, Gran Canaria, dónde se exponen obras relacionadas con el vino y canarias. "Hilos de oro" producida en Tacoronte, Tenerife, dónde se exponen obras de diferentes artistas canarios. En individual, se exhiben sus obras en numerosos lugares como en la sala de Arte Sara en Güimar, Tenerife, en el Casino de

San Agustín en Los Realejos, Tenerife, en el Liceo Taoro en La Orotava, Tenerife, en la Sala de Arte Gregorio Toledo en Mazo, La Palma, entre otras.

Asimismo, también ha realizado una serie de murales expuestas en el Eurohotel en el Puerto de La Cruz, en la Iglesia de la Virgen de Fátima en la Parroquia de la Ferruja y en la Casa Consistorial de Güimar. Todas aquellas documentaciones cedidas sobre el artista y todas sus exposiciones se pueden hallar en el apartado de anexos (Pág.83) para mayor información.



Fig.3. Exposición de sus esculturas en la Casa de la Cultura de Los Realejos. 2018.



Fig.4. “Los Duendes” Pintura elaborada con técnicas mixtas sobre cretona.



Fig.5. “Entre dos luces” Pintura elaborada con técnicas mixtas sobre arpillera.



Fig. 6. “La Sabina” Escultura elaborada en terracota con pátinas de acrílico



Fig. 7. "El Hierro. La isla fragmentada" Dibujo hecho con bolígrafo de tinta negra.



Fig. 8. "El Llanto del Mencey" Grabado realizado con tinta negra.



Fig. 9. "Entre dos aguas" Pintura acrílica



Fig.10. "Cristo de los Cardones" Pintura acrílica

3.1.2 La Virgen de la Candela

La Virgen de la Candela, también denominada como *La Virgen de la Candelaria*, como bien indica el nombre personifica a la Virgen de Candelaria junto al Niño Jesús. Esta representación tiene su origen en la isla de Tenerife, España. Su nombre se deriva de candelero o candela, debido a la vela que porta la imagen en su mano derecha, el cual representa la luz santa que guía hacia el buen camino y a la redención. La idea principal que tenía Francisco de plasmar en esta pieza era la de crear un diseño de una lámpara. Es por ello, que en la base de la virgen se puede observar ciertos huecos, dónde supuestamente pasaría la iluminación del interior al exterior.

Esta pieza escultórica fue elaborada en el año 2016, la cual está realizada en técnicas mixtas, concretamente en arcilla cocida, escayola y silicona. La obra originalmente fue elaborada totalmente en arcilla, concretamente en terracota. Pero la pieza del pájaro, en la actualidad, fue realizada por una segunda vez por el mismo artista. Esto fue debido a que el ave original se terminó destruyendo por causas desconocidas. Es por ello, que la pieza actual se encuentra elaborada en otros materiales diferentes, concretamente en arcilla y una parte de escayola. Asimismo, la silicona de tonos negros fue añadida como apoyo entre la base y el cuerpo de la virgen. En la figura 11 se muestra una imagen de la pieza originalmente antes de proceder con su capa pictórica. Pero concretar que la siguiente fotografía ha sido editada digitalmente para recrear un acabado en su base en formas vegetales, que finalmente el autor no decidió elaborarlo. Su acabado pictórico se basa en acrílicos y pátinas de tonos verdosos, dorados, negros y plateados.



Fig.11. "La Virgen de la Candela" antes de su acabado final

Por consiguiente, se trata de una pieza dividida en dos partes: Una parte alta que se trata de "La Virgen y el Niño" y una parte baja refiriéndonos a su "Base". Este punto se puede aclarar con mejor visión en el apartado "3.3.2.2 Fotografías". Asimismo, la siguiente obra se halla totalmente hueca, con un tamaño total que ronda los 85 x 28 x 22 cm aprox., dónde el grosor de la capa arcillosa varía de tamaño desde unos 1,5 a 5 cm aproximadamente. Las medidas concretas de cada parte de la pieza tratadas para la práctica del trabajo se detallan en el apartado 3.3.2.1.

3.1.2.1 Ficha técnica

A continuación, se expone una ficha técnica en la que se recaban los datos básicos e importantes sobre la pieza:

- ❖ **Nombre:** *La Virgen de la Candela*
- ❖ **Autor:** Francisco Hernández Fuentes
- ❖ **Cronología:** 2016
- ❖ **Tipología:** Escultura de bulto redondo
- ❖ **Materia:** Arcilla cocida, escayola y silicona
- ❖ **Estilo:** Surrealismo
- ❖ **Dimensiones:** Virgen y el Niño: 36 x 28 x 20'5 cm aprox.
Mano: 7 x 8 x 16'5 cm
Ave: 2,5 x 4,5 x 3,8 cm
Base: 49 x 23'3 x 22 cm aprox.
- ❖ **Municipio:** Los Realejos
- ❖ **Provincia:** Santa Cruz de Tenerife
- ❖ **Propietario:** Francisco Hernández Fuentes
- ❖ **Descripción:** La escultura se muestra de pie portando en su brazo y mano derecha al Niño Jesús. Mientras que su brazo izquierdo está en posición de 90 grados y su mano se halla con la palma hacia arriba en posición de portar algún objeto. La Virgen lleva una larga melena ondulada y porta un ropaje similar a un vestido, la cual se muestra de manera escotada por la parte delantera. En cuanto a su cintura, se muestra una especie de cinto que simula en textura a una cuerda, la cual sujeta y cierra el vestido de la Virgen. En la zona de la base de la pieza, se representa el resto del ropaje, la cual se muestra con varias aperturas. En cuanto al Niño Jesús se muestra desnudo sentado encima de los brazos de la Virgen, portando en su mano derecha el ave que representa al espíritu santo. Asimismo, lleva una cabellera corta y ondulada. Estas dos figuras se representan con sus tonos de piel en oscuro, concretamente en negro. Mientras que lo demás, se presenta con unos tonos verdosos, negros y dorados. En cambio, el ave se muestra también con unos colores plateados.

3.1.2.2 Fotografías

En las siguientes imágenes se puede observar los lados fundamentales de cada parte de la obra a digitalizar. Se tratan de manera independiente debido a que cada una de estas piezas se han desprendido o separado, y por su importancia para la práctica a tratar. Asimismo, destacar que se puede apreciar ciertos factores de deterioro que se dejaron por su importancia al digitalizarlo posteriormente.

La Virgen y el Niño:



Fig.12. La Virgen y el Niño, vista delantera



Fig.13. La Virgen y el Niño, vista lateral izquierdo



Fig.14. La Virgen y el Niño, vista trasera



Fig.15. La Virgen y el Niño, vista lateral derecho



Fig.16. La Virgen y el Niño, vista superior



Fig.17. La Virgen y el Niño, vista inferior

Mano izquierda:



Fig.18. Mano izquierda, vista delantera



Fig.19. Mano izquierda, vista trasera



Fig.20. *Mano izquierda, vista lateral izquierdo*



Fig.21. *Mano izquierda, vista lateral derecho*



Fig. 22. *Mano izquierda, vista superior*



Fig.23. *Mano izquierda, vista inferior*

Ave:



Fig. 23. Ave, vista delantera



Fig. 24. Ave, vista lateral izquierdo



Fig. 25. Ave, vista trasera



Fig. 26. Ave, vista lateral derecho



Fig. 27. Ave, vista superior



Fig. 28. Ave, vista inferior

Base:



Fig. 29. Base, vista delantera



Fig. 30. Base, vista lateral izquierdo



Fig. 31. Base, vista trasera



Fig. 32. Base, vista lateral derecho



Fig. 33. Base, vista superior



Fig. 34. Base, vista inferior

3.1.2.3 Estado de conservación

Como ya se ha mencionado anteriormente, la pieza a tratar se encuentra en un mal estado de conservación. Es por ello, que en este apartado se trata de manera más detallada estos factores y dónde se ubican.

En primer lugar, destacar la aparición de contaminación ambiental, concretamente de una capa de polvo bastante notoria en la superficie de toda la pieza. Especialmente se observa en aquellas zonas de la piel de La Virgen y el Niño por poseer unos tonos más oscuros (Fig.35).



Fig. 35. Foto detalle del polvo del pecho de la virgen y el Niño.

También, se observan múltiples grietas, de variados tamaños, que pueden haber sido producidas por cambios bruscos ambientales en la temperatura y la humedad o por problemas intrínsecos del material empleado. Al ser una pieza de arcilla cocida, también puede haberse generado sus grietas a la hora de la cocción o durante la fabricación de la pieza.

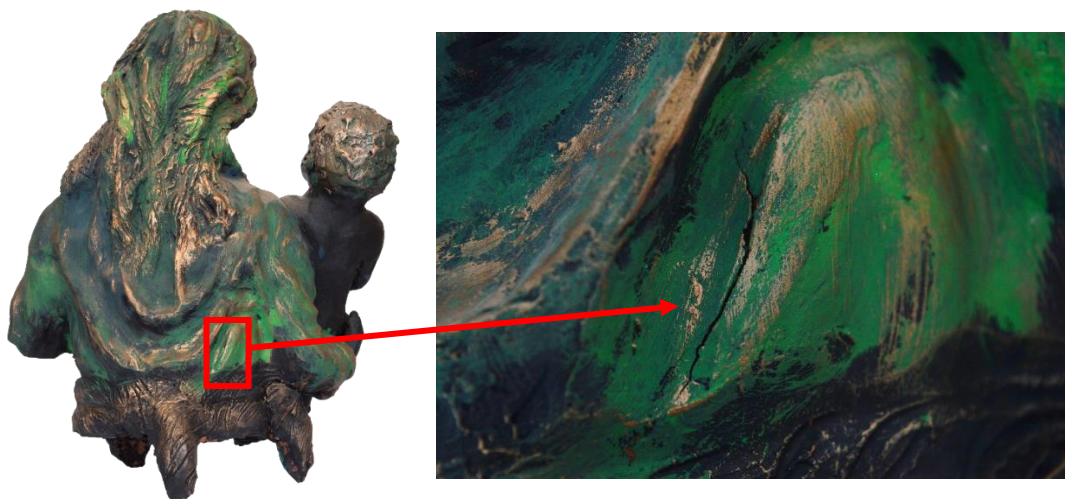


Fig. 36. Foto detalle de la grieta ubicada en la zona trasera de la virgen y el Niño.

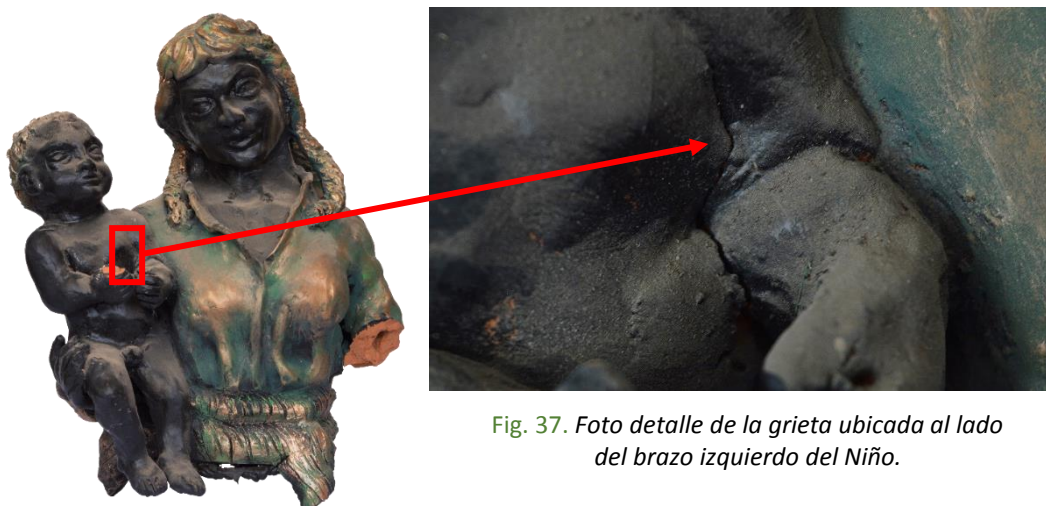


Fig. 37. Foto detalle de la grieta ubicada al lado del brazo izquierdo del Niño.

Asimismo, se presentan desprendimientos tanto de partes de la arcilla como de la silicona añadida (Fig.40.) y del acabado pictórico. Esto puede ser originado por las causas anteriores ya mencionadas, como también de algún posible golpe recibido. En el caso del desprendimiento de la mano izquierda, se cree que fue ocasionado por la ruptura total de una grieta ya localizada en su momento. Esto se debe a que se puede observar parte de la policromía aplicada sobre la pieza en el interior de esta (Fig.38).

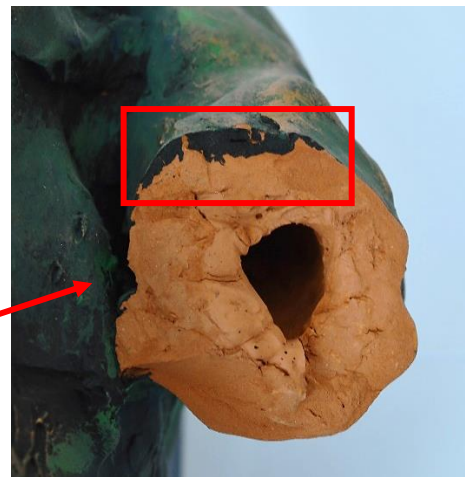


Fig. 38. Foto detalle del brazo de la virgen dónde se muestra el desprendimiento producido, además se localiza una parte de policromía en su interior.



Fig. 39. Foto detalle superior del desprendimiento del ave de la mano derecha del Niño Jesús, y vista de polvo acumulado.

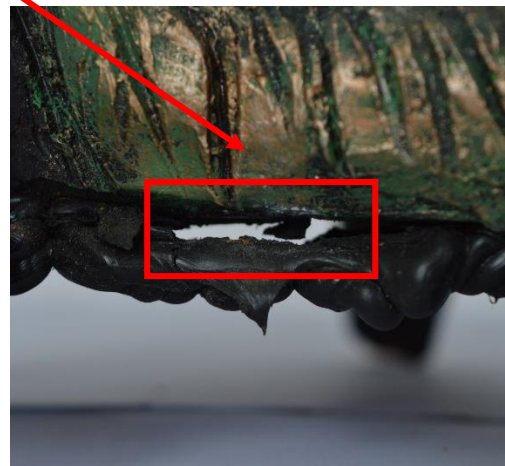


Fig. 40. Foto detalle del desprendimiento de la silicona en la zona inferior de la virgen.



Fig. 41. Foto detalle del desprendimiento de la capa pictórica en la parte inferior de la virgen

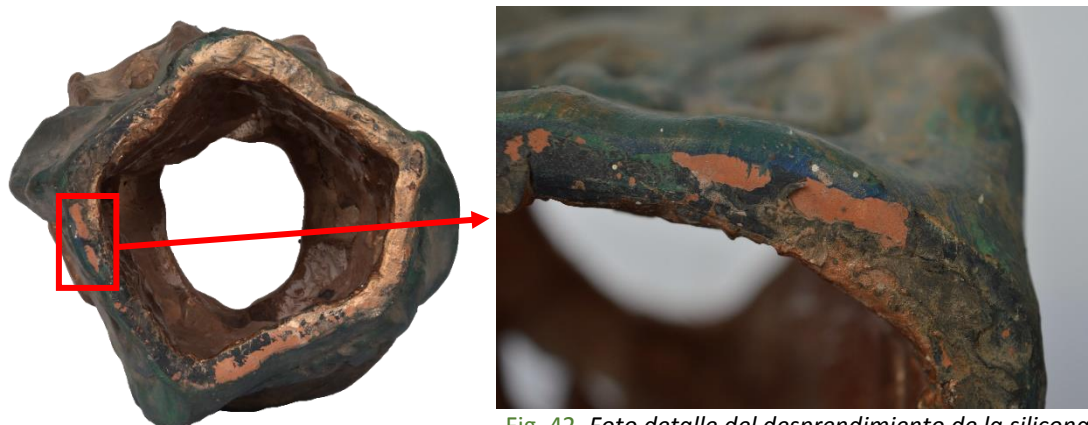


Fig. 42. Foto detalle del desprendimiento de la silicona en la arcilla en la zona superior de la base

Por último, también son visibles por toda la pieza restos de elementos de insectos como del propio invertebrado, que en este caso se trata de arañas. Su aparición es causada por el indebido ambiente y el mal estado de conservación que ha sido sometida la pieza. Ya que este tipo de factor aparece en lugares con una falta de higiene, dónde exista algún cambio notable en la temperatura o humedad y en zonas donde son visibles grietas o aperturas dónde puedan entrar dichos insectos.



Fig. 43. Foto detalle de restos de telaraña en la pierna derecha del Niño Jesús.

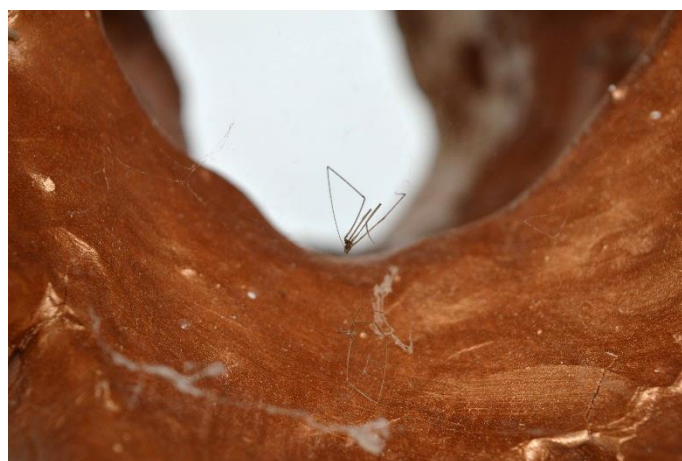


Fig. 44. Foto detalle del resto de una araña en el interior de la base

3.1.3 Digitalizado de la obra escultórica

Para el digitalizado de la obra, se trabajan con diferentes herramientas y procesos. Esto es debido a que se intenta obtener el mejor resultado y conocer el mejor método para digitalizar la *Virgen de La Candela*. Entre ellos, se hallan la fotogrametría, realizada a través de una cámara réflex *Nikon D3200* y con la ayuda de un trípode marca *Hama*, y el escaneado, realizado mediante el uso de escáneres de luz estructurada, dónde se utilizaron dos diferentes: *Eva* de *Artec 3D* y *EinScan-SP* de *Shining 3D*. Asimismo, en cada proceso se utilizaron softwares distintos para el posterior modelado 3D, dónde en la fotogrametría se emplea *PhotoScan* perteneciente a la empresa *Agisoft*, mientras que con el escáner se utilizaron *Artec Studio 9* de *Artec 3D* y *EinScan Software* de *Shining 3D*.

Conjuntamente, estos trabajos son realizados en un mismo entorno, concretamente en un laboratorio de fabricación digital ubicado en la Universidad de La Laguna, denominado Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital ULL (FabLab) perteneciente al Servicio General de Apoyo a la Investigación (SEGA).

3.1.3.1 Digitalización con fotogrametría

En primer lugar, se procede a digitalizar la pieza mediante la técnica de fotogrametría. Para ello, se ha apoyado cada parte de la pieza a tratar en una mesa giratoria, la cual ayuda a fotografiar todos los ángulos y posiciones de la obra escultórica. Asimismo, se gira la mesa unos 30 grados y se va fotografiando a medida que se va rotando. Además, se coloca una plancha de tonos neutros que sirva como fondo y, sobre la mesa, se aplican folios blancos que faciliten el trabajo de post-procesado.



Fig. 45. Espacio de trabajo para la fotogrametría

Conjuntamente, la calibración de la cámara se realiza manualmente, pero esta se mantiene igual para todas las tomas fotográficas:

Distancia focal: 45 mm – 55 mm
Apertura: F 7.1
Exposición: 1/10 s
Balance de blancos: Auto
ISO: 100
Formato: .jpeg

Destacar que se ha realizado más de una fotografía a un mismo ángulo y posición, debido a que en una sola toma no se obtenía un buen enfoque de toda la pieza. Es por ello, que la distancia focal empleada va variando según cada fotografía. Por lo tanto, se ha elaborado una media de 2-3 fotos por cada perspectiva, que posteriormente con el programa adecuado, estas puedan solaparse y obtener una imagen general con una definición mayor. Esta técnica se conoce como *Focus stacking*, el cual consiste en realizar varias fotografías de un mismo plano con enfoques diferentes, permitiendo después unir las y obtener una imagen enfocada desde el primer plano hasta el fondo.

Antes del digitalizado de la pieza, se procede a realizarle una edición fotográfica a cada toma capturada. Este proceso se realiza mediante un programa que permita la edición de gráficos, es por ello que se utiliza *Photoshop CS6* perteneciente a *Adobe Inc.* Primeramente, como ya se ha mencionado, se ha procedido con la aplicación de la técnica *Focus stacking* a cada posición tomada. Para ello, se deben apilar todas las fotografías en un solo documento, es decir, colocar en el apartado de capas todas las fotografías de una misma perspectiva. Después, se procede con el alineamiento de todas estas capas mediante la función del mismo nombre ubicado en el menú de edición. En este apartado se

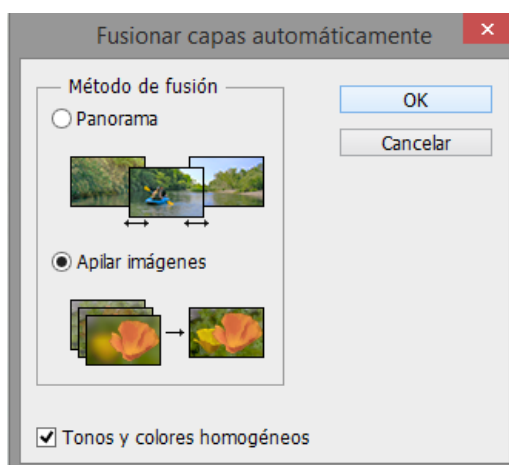


Fig. 46. Fusión de las fotografías

escoge la función de que alinee automáticamente. Por último, se aplica el *Focus stacking* mediante la función de fusionar imágenes en el menú edición. En este apartado, se selecciona como método de fusión el apilamiento de imágenes, además de escoger que los tonos y colores permanezcan homogéneos tras la unión (Fig.46).

Una vez realizado el paso anterior en todas las imágenes, se empieza con la eliminación del fondo de cada fotografía. Este paso sirve para que no se tome en cuenta elementos externos a la obra cuando esta se vaya a generar digitalmente en 3D. Para ello, se distingue la obra del fondo mediante el uso de la herramienta selección. Posteriormente, se genera un canal alfa el cual almacena solo el área seleccionada, es decir, permanece en la imagen solamente la pieza. Finalmente, se guarda cada documento en formato .TIFF, el cual se encarga de almacenar imágenes de mapa de bits.

Seguidamente, se empieza con el modelado tridimensional de la obra mediante el uso del programa *PhotoScan* de *Agisoft*. Primeramente, se colocan todos los archivos .TIFF y se importan todas las máscaras de la pieza a digitalizar. Luego, se selecciona el alineamiento de fotos, el cual se realiza en una calidad alta. Tener en cuenta que en cada pieza se fotografía tanto la parte superior como la inferior de esta, es por ello, que cada una se alinea de forma individual. Esto se debe a que estas dos no se pueden unir desde un principio a causa de no tener puntos comunes para alinear. Aunque su uso depende del estado de cada obra, además de ser más laborioso, supone una mejora en cuanto a calidad ya que permite digitalizar áreas mayores y complicadas. Una vez ya alineadas, se produce una nube de puntos, el cual se trata de un conjunto de vértices posicionado en un sistema de coordenadas tridimensional (Fig.47). Por lo general, se generan mayores puntos de los necesarios, los cuales producen problemas en el modelado posterior. Es por ello, que estos pueden ser eliminados previamente con la ayuda de la herramienta de selección del propio software. Cuando se finalice con este proceso, se realiza la elaboración de la nube densa, esta se trata de una nube de puntos con mayor densidad, la cual permite una mejor visualización del modelo, tanto de la geometría como de su textura (Fig.48).

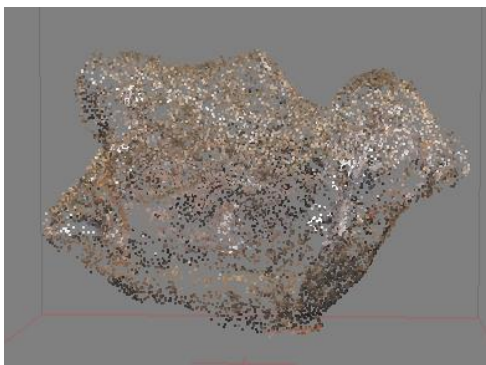


Fig. 47. Nube de puntos del ave

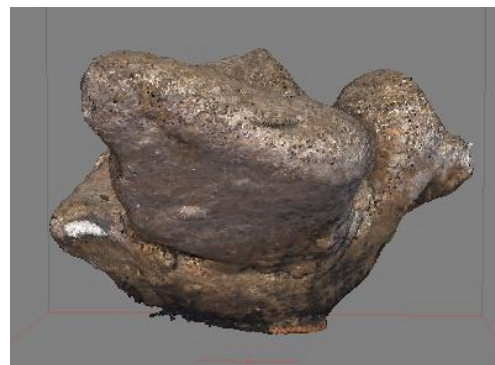


Fig. 48. Nube de puntos densa del ave

Una vez que cada parte se encuentre alineada, se procede con la fusión de estas en un mismo archivo. Para este paso, se realiza un alineamiento de las nubes de puntos y, posteriormente, se fusionan convirtiéndolas en una sola.

A continuación, se empieza con la creación de la malla del modelo, el cual se representa poligonalmente en forma de pequeños triángulos (Fig.49). En este proceso se debe indicar que se realice a partir de la nube densa, para que obtenga un modelo con altos polígonos. En caso de que la malla presente huecos, estas pueden cerrarse utilizando el comando correspondiente ubicado en el apartado de herramientas.

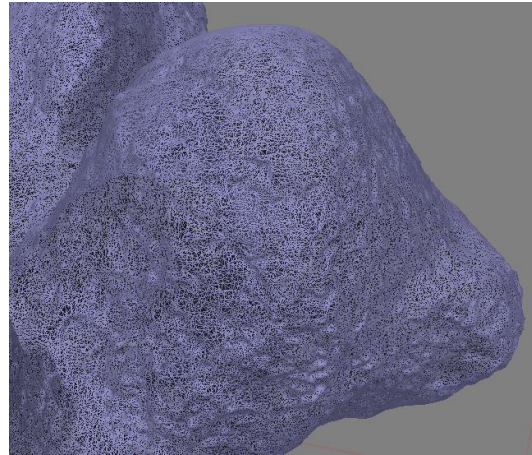


Fig. 49. Detalle de la malla del ave

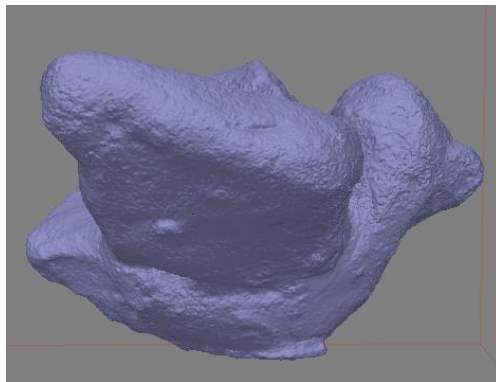


Fig. 50. Vista de la malla sólida del ave



Fig. 51. Vista de la malla sólida y con color del ave

Varias veces, los polígonos de la malla pueden presentar altos valores para poder trabajarlos correctamente en programas de edición 3D. Es por ello, que existe la función, en el propio software, que permite reducir los polígonos totales. En el caso de la *Virgen de la Candela*, se ha utilizado esta disminución en todas las piezas.

Después, se realiza la creación de la textura del modelo, las cuales se generan a partir de las fotografías realizadas anteriormente. Para ello, se selecciona la acción correspondiente la cual se encarga de producir la textura de forma genérica en todo el modelo (Fig.52). Además, se habilita que el propio software rellene con textura sobre aquellos huecos existentes previamente cerrados con la malla.

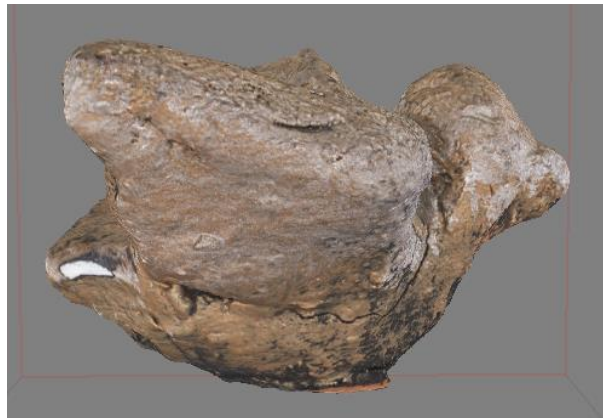


Fig. 52. Vista de la textura del ave

Por último, se exporta el modelo y la textura en un archivo idóneo para utilizarlo en otros programas de edición. En este caso, se exporta el modelo con una extensión .OBJ, mientras que la textura se exporta en .PNG (Fig.53).



Fig. 53. Vista de la textura exportada del ave

3.1.3.2 Digitalización con escáner de luz estructurada: *EVA* de *Artec 3D*

A continuación, se elabora el digitalizado de la pieza mediante el uso de un escáner de luz estructurada, concretamente del escáner *EVA* de *Artec 3D*. Conjuntamente, estos escaneos se tratan en el software *Artec Studio 10 Professional*, procedente de la misma compañía que el aparato.

El escáner *EVA* permite elaborar modelos 3D de manera sencilla ya que no se necesitan conocimientos o habilidades para su utilización. Además, fue diseñado de manera que el usuario lo utilice manualmente, es por ello que se presenta con un tamaño pequeño y un peso ligero. Asimismo, el escáner puede capturar tanto escenas y objetos rígidos como aquellos en movimiento. Según el tamaño de la pieza, se pueden utilizar diferentes modelos de escáner: L (grande), M (mediano), S (pequeño) y Spider (igual que el S pero con mayor resolución y precisión). En cuestión al escáner *EVA*, este se considera como un escáner de tipo M, es por ello que es ideal para capturar piezas con un tamaño mediano, como es la obra del caso de estudio. Igualmente, debido a su capacidad de escaneo y rastreo de textura, se consideran muy versátiles ya que permiten capturar objetos imposibles para otro tipo de escáner, como son los objetos planos o con una geometría repetitiva. Además, permite combinar varios escaneos de una sola escena, mejorando así los resultados con una mayor precisión.

Digitalización de la *Virgen de La Candela*

En cuanto a la práctica, primeramente se procede a realizar los diferentes escaneados de la pieza. Para ello, se coloca cada parte de la obra, de manera individual, en una mesa giratoria. Posteriormente, se conecta el escáner *EVA* al ordenador dónde se vaya a tratar la digitalización. Conjuntamente, se enciende el software especializado con los parámetros esenciales para el escaneado, dónde se destacan los siguientes:

Características a seguir: Geometría + Textura
Velocidad del escaneo: 10 FPS
Profundidad de campo: 400 mm de cerca y 1000 mm de lejos
Brillo de textura: Bajo
Sensibilidad: Normal

También destacar que se deja activado el flash del escáner para permitir que escanee correctamente, ya que la luz ambiental no ilumina en buenas condiciones. Las texturas, por lo general, en todos los fotogramas son capturadas a color, pero estas son almacenadas en una escala de grises. Pero este proceso no afecta a su textura final, ya que este se puede presentar en colores.

Una vez elegidos los parámetros, se coloca el escáner frente al objeto a una distancia óptima, ni muy cerca ni muy lejos. Ya que al estar a una distancia muy próxima, genera que la pieza no se capture correctamente, mientras que si se posiciona de manera lejana, pueden surgir interferencias que complican el procesado y el resultado del modelo. Asimismo, el escáner EVA se utiliza de manera manual y alzada. Luego, se procede a rotar la mesa manualmente a medida que se vaya escaneando la pieza, ya que supone un proceso más sencillo y preciso. Seguidamente, se intenta que cada escaneo realizado se solape de manera que, posteriormente, se puedan fusionar por sus partes similares.

Tras ello, se finaliza obteniendo varios escaneos, los cuales dependen en número según cada parte de la pieza capturada. En el caso de la Virgen y el Niño, se consigue un total de 13, mientras que con la base se obtuvo un total de 14 y con la mano un total de 12. En cuestión con el ave, este al ser una pieza pequeña, no se puede capturar correctamente en este tipo de escáneres, por ello, se digitaliza dicha pieza con un escáner diferente. Mediante el escaneo, puede producirse la generación de objetos o escenas no deseadas, pero estas pueden eliminarse manualmente con las herramientas que proporciona el propio software. Por lo general, se han formado varias capturas dónde sale la mesa giratoria, es por ello que esta fue eliminada en cada escaneo con la herramienta borrador ubicada en el apartado de edición (Fig.54).

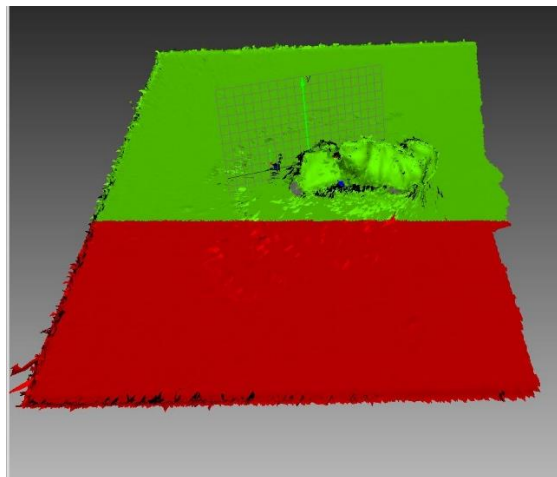


Fig. 54. Ejemplo de un escaneado de la mano y la mesa. El área roja es la seleccionada a eliminar con el borrador rectangular.

Una vez limpia cada una de las capturas, se procede con el alineamiento de estas. Para este paso, se utiliza la herramienta alinear y se seleccionan los escaneos a unir. Estos son divididos en dos grupos: en escaneos alineados (registrados) y en aquellos no alineados. El primer grupo, contiene solo un escaneo de todos aquellos ya alineados previamente, el cual se representa de color azul, mientras que el segundo grupo se trata de una sola captura la cual se muestra en color verde (Fig. 55). Para proceder con la alineación, se puede realizar a través de varios pasos: Por arrastre (mediante el arrastre manual de un modelo a otro), de manera rígida (se colocan puntos de referencia similares en cada escaneo, de modo que el software se encargue luego de alinear por estos puntos.), mediante textura (el software alinea las capturas mediante su similitud en texturas), no rígida (parecida a la rígida pero alinea pudiendo deformar los datos para mejorar la convergencia entre los modelos), y alineación restringida (modo bastante preciso que permite alinear una superficie dentro de otra). En el caso de nuestra pieza, se escoge el método de alineamiento rígido, ya que es el método más universal de utilizar además de que actúa correctamente. Para ello, se escogen puntos similares de referencia en cada captura de la pieza, que por lo general, se ayuda de aquellas zonas con geometrías más marcadas, como son los pliegues (Fig. 55).

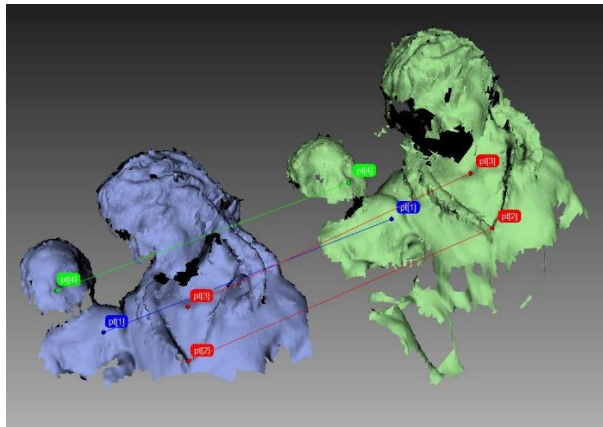


Fig. 55. Alineamiento de dos escaneos de la Virgen y el Niño.

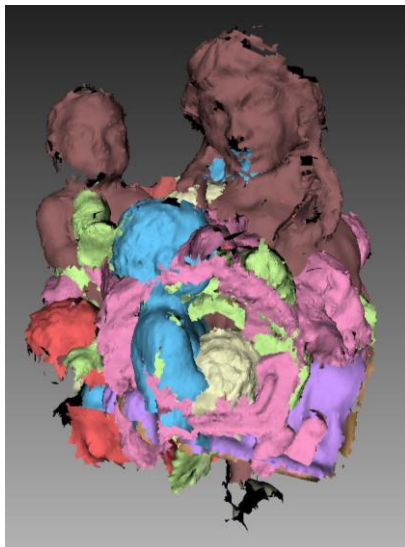


Fig. 56. Todos los escaneos de La Virgen y el Niño sin alinear.

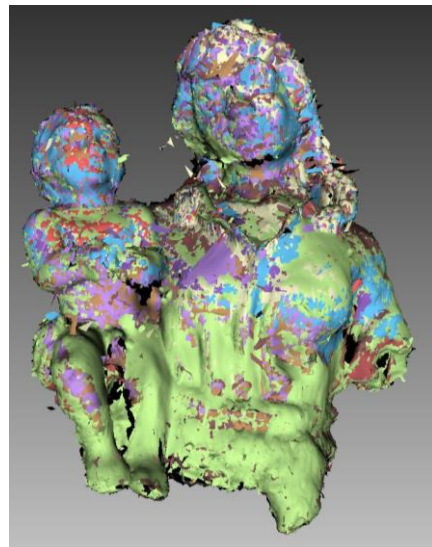


Fig. 57. Todos los escaneos de La Virgen y el Niño alineados.

Una vez ya alineados todos los escaneos, lo siguiente a realizar es el registro global del modelo. Este se encarga de seleccionar un grupo de puntos geométricos de cada fotograma, que luego comparan obteniendo información de las posiciones relativas de cada captura. Por lo tanto, es un proceso que optimiza la posición corrigiendo los errores que se hayan producido durante la alineación. Para ello, se escoge la herramienta de registro global aplicándole el parámetro de que rastree algorítmicamente solo la geometría. Este parámetro se elige debido a que la pieza presenta una geometría compleja, además de que muestra una mayor velocidad en su registro.

Tras el registro global y que el modelo se presente de manera correcta, se procede con la fusión de todos los escaneos en un solo modelo poligonal de tres dimensiones. Para ello, se puede fusionar de tres maneras distintas: Fusión rápida (realiza modelos rápidos pero produce resultados ruidosos, por lo que requiere más tiempo de post-procesamiento), Suavizado (No es una función muy rápida pero produce modelos más suaves y menos ruidosos) o Fusión dura (es la mejor para la reconstrucción de detalles finos y con bordes afilados, además permite crear mallas con huecos



Fig. 58. Vista general de la fusión dura de La Virgen y el Niño

rellenados. Aunque puede aumentar el ruido de datos muy ruidosos y se trata de un proceso más lento a comparación de la fusión rápida). En el caso de las piezas, se prueba con una fusión rápida pero esta presentaba fallos (Fig. 59. Pág. 52) por lo que se termina utilizando la fusión dura por presentar mejores características finales en este tipo de objetos (Fig. 58). Asimismo, el relleno de los huecos del modelo se han tratado durante este tipo de fusión mediante sus algoritmos de relleno por radio (crea una malla en los agujeros inferiores al radio aplicado) y *watertight* (elabora una malla con todos los agujeros rellenos). En el caso de por radio su valor aplicado ha sido de un máximo de 5, los cuales afectan a las piezas de la mano y la Virgen y el Niño. Mientras que la base se ha relleno con *watertight*, debido a que presenta un acabado final superior que con el anterior parámetro (Fig. 60. Pág.52).

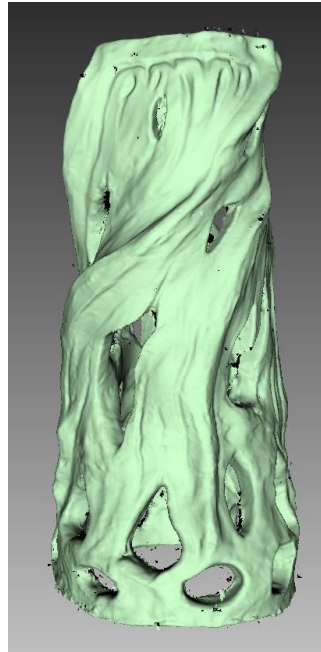


Fig. 59. Vista de la fusión rápida de la base

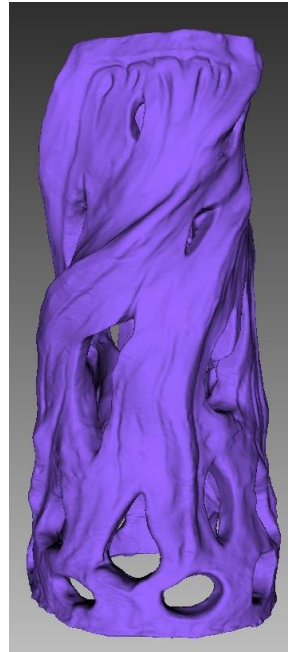


Fig. 60. Vista de la fusión dura+watertight de la base

En caso de que se produzcan defectos en la superficie del modelo tras la fusión final, existen una serie de herramientas de post-procesado que puede ayudar a mitigar estos errores. Pero en este caso no se han generado desperfectos por lo que no se han utilizado.

Una vez ya obtenido el modelo 3D después de la alineación y la fusión, se le puede generar una textura (Fig. 61). El escáner está equipado con una cámara adicional de color, permitiendo capturar superficies con textura. Por lo tanto, para mapearlas en el modelo, se aplican con la herramienta correspondiente en el panel del software. Posteriormente, se selecciona la fusión realizada previamente a la que se le quiere aplicar la textura, y después, se selecciona los escaneos de los que se quiere partir para la generación de dicha textura. Una vez terminado, se procede con la exportación del modelo en diferentes archivos para su utilización posterior. En este caso, se exporta el modelo en un archivo .OBJ (formato que contiene las coordenadas 3D de un modelo), mientras que su textura se halla en .PNG (formato gráfico de archivos de mapa de bits).



Fig. 61. Vista de la textura de la base

3.1.3.3 Digitalización con escáner de luz estructurada: *EinScan-SP* de *Shining 3D*

A continuación, se ha utilizado un escáner de luz estructurada, concretamente de *EinScan-SP* de *Shining 3D*, el cual también se trabaja con el software del mismo, denominado *Artec Studio 10 Professional*.

EinScan-SP ofrece unas buenas características frente a la proporción de datos de alta precisión, además de realizar escaneos relativamente rápidos. Admite escanear en color y tiene un rango de escaneado de pequeña a gran escala. Permite calibrar, alinear y fusionar automáticamente de manera sencilla. Asimismo, ofrece una plataforma giratoria de 360 grados el cual rota automáticamente mientras se escanea el objeto. También, brinda una gran calidad y buena comunicación con una impresora 3D. Por último, especificar que no posee láseres sino una luz blanca del espectro visible, por lo que no es dañino para el ojo humano.

Concretar también que este método sólo se ha utilizado para digitalizar la pieza del ave, debido a que no se pudo escanear correctamente en el anterior proceso a causa de sus pequeñas dimensiones.

Digitalización del ave de *La Virgen de La Candela*

Primeramente, se instala el hardware en una zona libre de otros elementos cerca del ordenador. Una vez enchufado se procede con el calibrado general como del balance de blancos desde el programa. Esto debe realizarse para que se pueda escanear correctamente la geometría del objeto como de su textura. Una vez que este todo en orden, se sitúa la pieza del ave en el centro de la plataforma giratoria y se procede con su escaneo automático.

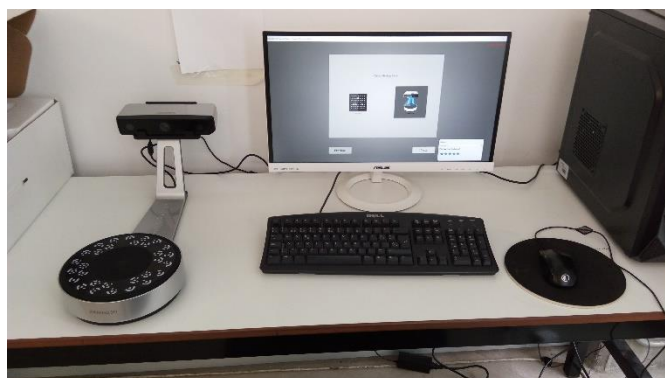


Fig. 62. Espacio de trabajo con el escáner *EinScan-Sp*.

Seguidamente, se aplica un valor para que la plataforma gire en unos grados específicos durante cada escaneado. En este caso, se añade un valor que gire aproximadamente unos 30 grados en cada toma. Por lo general, se ha realizado un total de cuatro escaneos que tomase en cuenta todos los ángulos del ave, los cuales generaron a su vez un total de 89 archivos por cada captura. Asimismo, estos escaneos forman una nube de puntos, los cuales presentan un solapamiento en cada uno (Fig. 63). Al igual que en los anteriores procesos, esto sirve para que las capturas puedan alinearse correctamente. Además, el alineamiento se produce de forma automática entre cada toma. En caso de que surjan elementos extraños, estos pueden eliminarse previamente una vez realizado el escaneo completo. Para ello, se selecciona la zona a retirar y se cliquea la herramienta correspondiente.

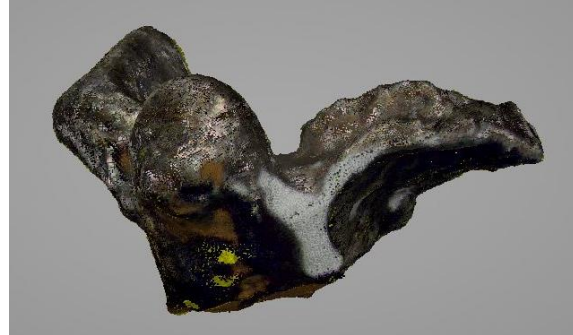


Fig. 63. Nube de puntos del ave. Se puede observar en la parte inferior, de color verde, una falta de escaneo la cual se trata posteriormente.

Una vez realizado los cuatro escaneos, estos se alinean también de manera automática. Seguidamente, se procede a realizar la malla del modelo seleccionando la herramienta del mismo nombre. En este paso, te dan a elegir dos tipos de mallados: con o sin *watertight*. En este caso, se elige la opción de elaboración con *watertight*. En este lugar, también es posible realizar una simplificación del modelo, además de cerrar los agujeros que hayan podido formarse. Una vez formada la malla, se genera la textura ya previamente detectada durante el escaneo. Como ya se ha mencionado, este escáner ofrece una alta precisión, por lo que el modelo generado obtiene la resolución del objeto original. Por último, se exporta el archivo 3D en formato .OBJ, mientras que la textura en .PNG.

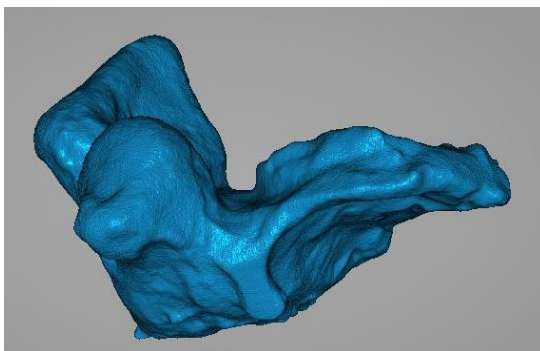


Fig. 64. Malla con watertight del ave

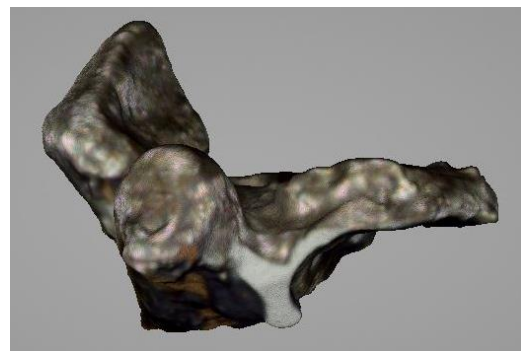


Fig. 65. Textura del ave

3.1.3.4 Comparativas y problemáticas de cada digitalización.

Se ha empleado diferentes métodos de digitalización para la realización de un modelo 3D, debido a que cada uno ofrece unas características y formas de trabajar concretas. Igualmente, se destaca que cada sistema empleado depende también de la pieza a tratar, ya que es importante evaluar tanto la forma, creación o ubicación de una obra para su correcta elaboración 3D. Es por ello, que se han utilizado varias digitalizaciones sobre *La Virgen de la Candela*, especialmente, para poder comparar y ver las problemáticas surgidas en el proceso de cada una.

En primer lugar, cabe destacar el tiempo empleado, ya que un sistema puede llevar más tiempo en un proceso concreto que en otros. A continuación, se elabora una tabla dónde se expone el tiempo empleado en cada sistema y proceso. Además, destacar que la digitalización elaborada se divide en cuatro (La Virgen y el Niño, Base, Ave y Mano), por lo que el tiempo empleado es mayor que al tratar una obra única. Conjuntamente, dejar constancia que en cada pieza este valor puede variar debido al tamaño y superficie de cada una, además del estado del equipo informático. Por lo tanto, en la siguiente tabla se calcula un tiempo total aproximado de cada sistema utilizado sobre todas las piezas de *La Virgen de la Candela*.

	Fotogrametría	Escáner luz estructurada: EVA	Escáner de luz estructurada: EinScan-SP
Software	PhotoScan	Artec Studio	EinScan Software
Piezas	4	3 (Virgen y el Niño, Base y Mano)	1 (Ave)
Calibrado	2 min	-	5 min
Toma de datos	8 horas	1'30 hora	1 hora
Post-procesado	16 horas	4 horas	-
Alineación	2 horas	1'30 horas	Automática
Malla	1 hora	6 horas	30 min
Textura	45 min	30 min	15 min
Exportación	1 min	1 min	30s
Duración general aproximada	27 horas	14 horas	2 horas

Tras ello, se destaca el proceso fotogramétrico como el sistema que más tiempo genera para la elaboración de un modelo tridimensional. Especialmente esto es debido al tiempo de post-procesado, el cual lo conforman aquellos procesos de *photo-stacking* y la eliminación del fondo con *Photoshop CS6*. En cambio, con el escáner *EVA* este valor es menor, ya que el proceso es más rápido y se trabaja directamente sobre una nube de puntos. Dónde en este método, sólo se eliminaba los elementos que no formaban parte de la pieza, como es el caso de la mesa giratoria. En el caso de *EinScan-SP*, no hubo la presencia de ningún elemento externo, por lo que no hizo falta un post-procesado del modelo. También, se destaca como la toma de datos dura más en la fotogrametría, ya que se debe hacer varias fotografías de todos los ángulos y posiciones de cada pieza. Mientras que los escáneres captan tridimensionalmente y proporcionan directamente el modelo en el software adecuado. En cuanto a la alineación, en el sistema fotogramétrico se encarga de realizarlo el propio software, al igual que con *EinScan-Sp*, pero se diferencian en que este último lo hace de manera automática al terminar el escaneado. Mientras que con el escáner *EVA*, lo realiza uno manualmente desde el software especializado, siendo este menos preciso. En cuanto a la elaboración de la malla, este toma más duración a partir del programa *Artec Studio*, ya que supone dos procesos: uno de registro y otro de fusión, mientras que en los otros dos sistemas se producen relativamente más rápidos. Por último, a la hora de la creación de la textura y la exportación, actúan los tres de manera similar en cuanto a su duración.

En segundo lugar, se debe tratar la capacidad de cada método de digitalización, es decir, decidir cuál es más preciso y respetable frente a *La Virgen de la Candela*. Al ser esta una pieza dividida en cuatro, debido a sus desprendimientos, no presentan un tamaño y volúmenes similares. Por lo tanto, cada sistema no actúa por igual con cada parte. Como es por ejemplo, el caso de la digitalización del ave, el cual se intentaba capturar a través con el escáner *EVA*. Pero al ser este para objetos medianos, no lo escaneaba correctamente por ser una pieza pequeña. Y por consiguiente, al no poder obtener varias capturas con un solapamiento, estos no se pueden alinear debidamente (Fig. 66). Mientras que con *EinScan-SP*, al ser más indicado para piezas más pequeñas-medianas, si pudo capturar y alinear correctamente toda la obra.

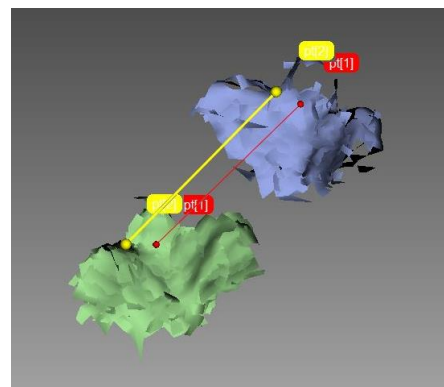


Fig. 66. Intento de alineación de los escáneres de la parte superior del ave. Se puede observar que no presentan muchos puntos de referencia dónde alinear.

A continuación, se procede a realizar una tabla dónde se comenta, de forma general, el resultado de cada sistema empleado sobre *La Virgen de la Candela*.

	Fotogrametría	Escáner luz estructurada: EVA	Escáner de luz estructurada: EinScan-SP
Software	PhotoScan	Artec Studio	EinScan Software
Piezas	4	3 (Virgen y el Niño, base y mano)	1 (Ave)
Nube de puntos	Media	Media	Buena
Alineación	Media-Mala	Buena	Muy buena
Malla	Media	Buena	Muy buena
Textura	Muy buena	Media	Mala
Resultado final	Medio	Bueno	Bueno

Seguidamente, se expone de forma más detallada todos los resultados obtenidos, destacando sus ventajas y desventajas producidas.

En primer lugar, la nube de puntos formada por cada sistema se muestra de manera distinta. A través de la fotogrametría, esta se presenta de manera ligera a comparación de los escáneres, además de mostrarse varios puntos atípicos. En cuestión del escáner *EVA*, su formación de puntos es menor que la anterior, aunque se observa con una mayor densidad debida a los múltiples escaneados, no obstante también presenta la aparición de varios puntos innecesarios (Fig. 67). Mientras que con *EinScan-Sp*, contiene una mayor cantidad de puntos y no se observan aquellos atípicos como en los anteriores procesos.

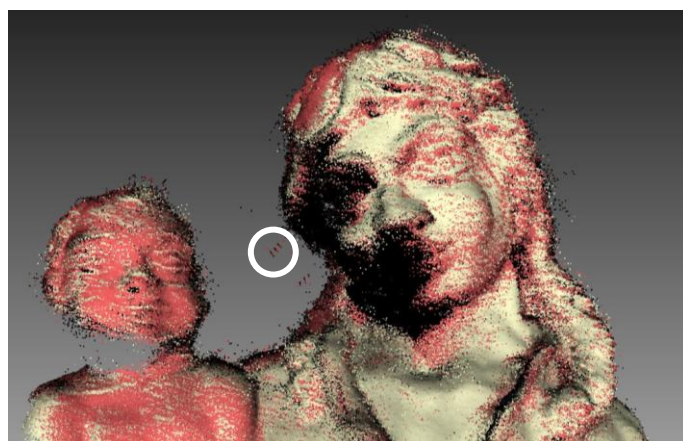


Fig. 67. Vista de la nube de puntos de *La Virgen y el Niño*, los cuales conforman dos escaneos. En el círculo blanco se expone, como ejemplo, la vista de puntos innecesarios.

En cuanto a la alineación, se muestra mejor en *EinScan Software*, ya que lo realiza automáticamente y de manera adecuada. También, el alineado con *Artec Studio* es bastante bueno, aunque en este caso se elabora de manera manual, por lo que se le debe dedicar más tiempo. En cuanto con *PhotoScan*, este proceso se ejecuta directamente con el software generando en ocasiones mal alineados, como es el caso de la base (Fig. 68).



Fig. 68. Detalle del mal alineado producido en la base. Se observa en los agujeros de la pieza elementos que no se ubican en este lugar.

Asimismo, la creación de la malla de las piezas varía según el método empleado. Esta malla consta de vértices y triángulos formados tras la creación de la nube de puntos. Por lo tanto, la cantidad de números de puntos adquiridos, además de su ubicación en el espacio, puede variar la calidad de la malla resultante. A continuación, se expone una tabla con el total de vértices (V) y triángulos (T) obtenidos en cada pieza y digitalización.

	Fotogrametría (PhotoScan)	Escáner luz estructurada: EVA (Artec Studio)	Escáner de luz estructurada: EinScan- SP (EinScan Software)
Base	V: 1,073,587 T: 2,139,730	V: 791,501 T: 1,583,106	-
Virgen y el Niño	V: 854,224 T: 1,707,334	V: 491,187 T: 977,556	-
Mano	V: 476,266 T: 952,479	V: 47,330 T: 94,652	-
Ave	V: 315,770 T: 631,495	-	V: 1,455,761 T: 2,911,522

Como se puede observar en la tabla, el modelo con mayor número de polígonos es aquella realizada con *EinScan Software*, incluso para ser de las piezas más pequeñas. Este modelo puede observarse con una resolución geométrica más similar y definida a la obra original (Fig. 69 Pág. 59). Seguidamente, en cuanto al mayor número de vértices, se hallan aquellas realizadas con *PhotoScan*. En este proceso la malla se percibe similar a la anterior, aunque con peor calidad (Fig. 70 Pág.59). Por último, se encuentran las elaboradas con *Artec Studio*, estas en cambio, se aprecian más lisas que las anteriores (Fig. 71 y 72). Además, debido a

la dificultad de la toma de datos de cada sistema, se pueden presentar varios fallos y pérdidas de información. Estos son avistados y producidos por el sistema de fotogrametría, fundamentalmente visibles en las piezas más grandes debido a su compleja geometría, como es la Virgen y el Niño (Fig. 73. Pág.60) y la Base. También, pueden producirse en los escáneres de luz estructurada, pero ocurren en menor medida (Fig. 74. Pág.60). Además, son más fáciles de tratar debido a las herramientas proporcionadas por el software.

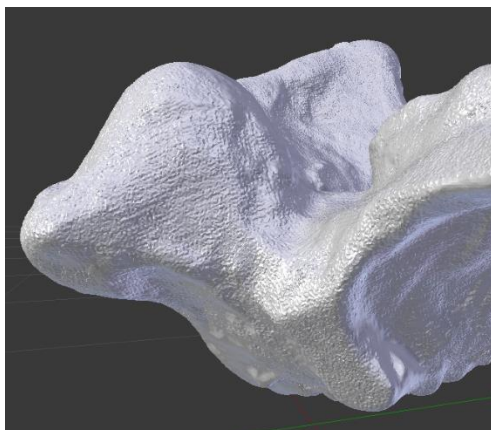


Fig. 69. Detalle de la malla de la cabeza del ave con EinScan-SP. Se aprecia una superficie más definida.

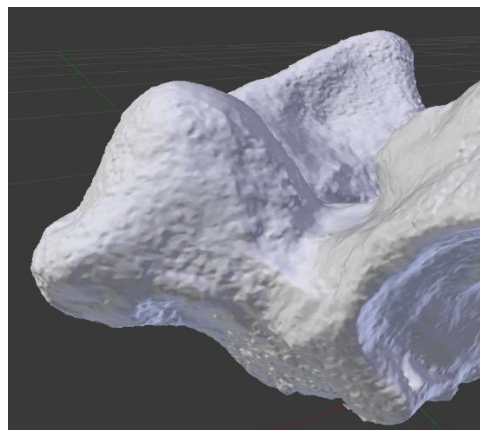


Fig. 70. Detalle de la malla de la cabeza del ave con PhotoScan. Se aprecia una superficie menos definida

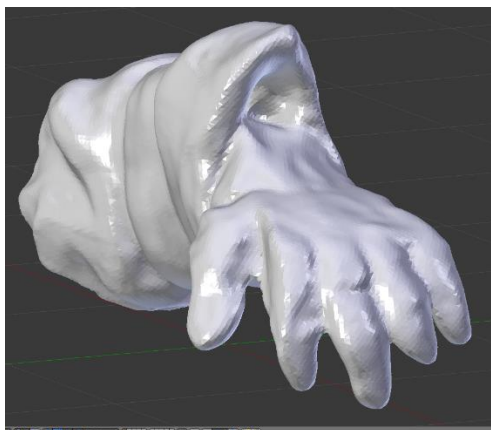


Fig. 71. Malla de la mano con Artec Studio. Se aprecia una superficie más lisa.

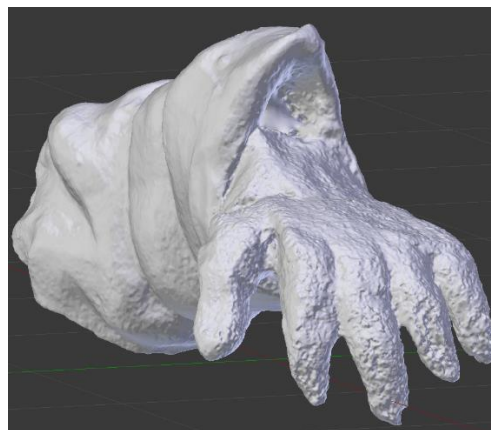


Fig. 72. Malla de la mano con PhotoScan. Se aprecia una superficie más rugosa.

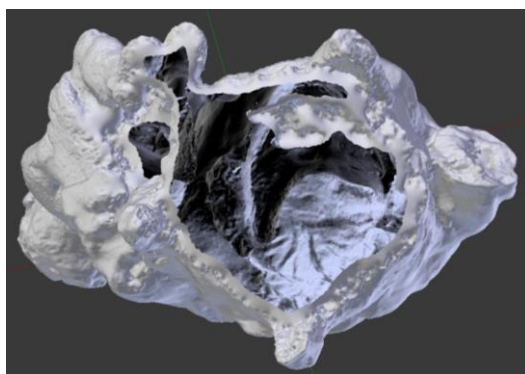


Fig. 73. Vista inferior de la malla de la Virgen y el Niño hecha con PhotoScan. Se observan huecos que no se han podido realizar

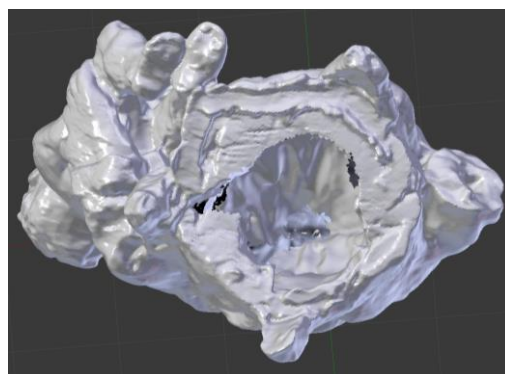


Fig. 74. Vista inferior de la malla de la Virgen y el Niño hecha con Artec Studio. Se aprecia una mejora aunque sigue presenciándose pequeños huecos.

En cuanto a la textura, también se detectan diferencias producidas por cada método utilizado. Generalmente, estas pueden exportarse en diferentes formatos gráficos, dónde en este caso se utiliza el .PNG. Aunque se utilice el mismo formato, las dimensiones de los píxeles (D) y el peso del archivo (P) pueden variar según el sistema utilizado:

	Fotogrametría (PhotoScan)	Escáner luz estructurada: EVA (Artec Studio)	Escáner de luz estructurada: EinScan- SP (EinScan Software)
Base	D: 4096 x 4096 P: 23 MB	D: 8192 x 8192 P: 37 MB	-
Virgen y el Niño	D: 4096 x 4096 P: 22,7 MB	D: 8192 x 8192 P: 29,3 MB	-
Mano	D: 4096 x 4096 P: 17,3 MB	D: 8192 x 8192 P: 13,1 MB	-
Ave	D: 4096 x 4096 P: 15,2 MB	-	D: 551 x 547 P: 191 KB

Las dimensiones son mayores en las texturas generadas a través del escáner EVA y menores con EinScan-SP. Por lo general, estas se mantienen con el mismo tamaño, tanto de largo como de ancho, en cambio, a través con EinScan este valor difiere. En cuanto al peso, es normal que cuanto mayor sea las dimensiones del archivo el total aumente. Aunque en este caso también varía por la calidad de la obtención de la textura durante la toma de datos. En el caso de la fotogrametría, existieron varias pérdidas de información del modelo ya mencionadas anteriormente. Es por ello, que estos defectos también surgieron a la hora de la creación de las texturas. Por lo tanto, el peso de las imágenes de la fotogrametría se ven inferiores por este caso. Finalmente, se da a entender

que el proceso fotogramétrico es el que menores dimensiones tiene pero mayor es la cantidad de información que genera en su textura, a diferencia de aquellos realizados con el escáner *EVA*. Esto es posible detectarlo en la comparación de los valores de la mano, la cual se presenta con mayor peso en fotogrametría. Esto se debe a que no se observaron pérdidas en el modelo de la mano durante este proceso, a diferencia de La Virgen y el Niño o la base.

Por consiguiente, el tono de la superficie también varía en cada proceso. Aquel método con una textura más similar a la original es aquella realizada con fotogrametría, aunque no actúa por igual en todas las piezas. Esto ocurre especialmente con la base, la cual no ha sido bien elaborada a través de este sistema. Por lo tanto, su textura final también se ve afectada presentándose con unos tonos más insaturados que el original y sin brillos (Fig. 75). En cambio, la textura generada a través de *Artec Studio* se muestra con ese tono saturado y respetando sus brillos más parecidos a la pieza original. Pero este sistema presenta un problema, y es que todas las texturas finales se hallan oscuras (Fig. 76. Fig.80 y 82 Pág.62). Esto es debido a la luz que proyecta el escáner, ya que emite seguidamente una luz blanca que produce sombras en la pieza, las cuales terminan siendo escaneadas.



Fig. 75. Textura de la base hecha con PhotoScan



Fig. 76. Textura de la base hecha con Artec Studio

Sobre la textura del ave generada con *EinScan*, esta se muestra bastante pobre ya que ha producido cambios en sus tonos además de una superficie moteada (Fig. 78), la cual no aparece en la pieza original. Estos problemas pueden haber surgido debido a la emisión de la luz estructurada además de los patrones RGB sobre la pieza.

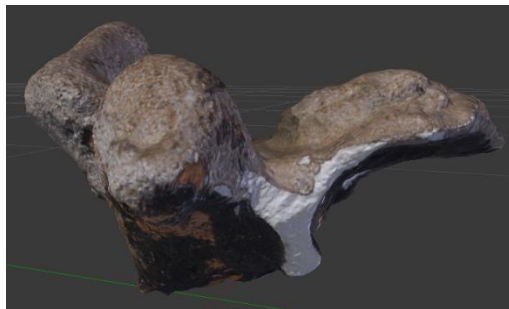


Fig. 77. Textura del ave hecha con PhotoScan

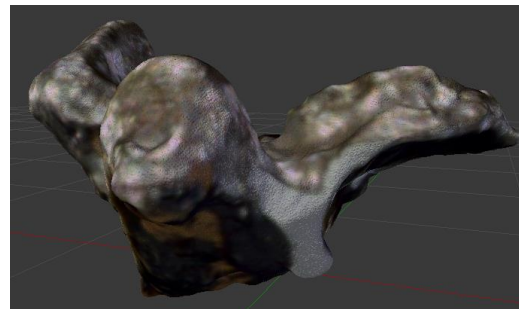


Fig. 78. Textura del ave hecha con EinScan

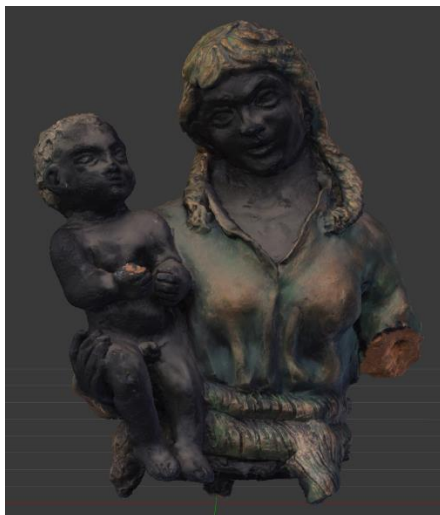


Fig. 79. Textura de la Virgen y el Niño con PhotoScan

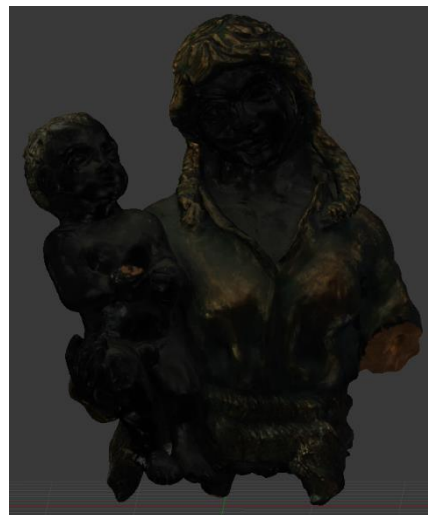


Fig. 80. Textura de la Virgen y el Niño con Artec Studio



Fig. 81. Textura de la mano con PhotoScan



Fig. 82. Textura de la mano con Artec Studio

Por último, cabe destacar que las medidas de los modelos producidos difieren según el sistema empleado. Lo ideal, según la circunstancia, es obtener un modelo a escala 1:1, es decir que tenga las mismas medidas que el objeto físico. En el caso de los escáneres de luz estructurada, estos mantienen la escala aunque con algún pequeño margen de error. En cambio, el sistema fotogramétrico, no toma en cuenta las medidas reales y realiza los modelos con un tamaño mucho más pequeño que el objeto original.

Finalmente, una vez ya comparado todos los modelos y a pesar de las problemáticas surgidas, se escogen aquellos para la realización del montaje posterior. Consecuentemente, el sistema de luz estructurada con escáner EVA es el que recrea con mayor similitud, a pesar de los errores que presenta con la textura. En este caso, la fotogrametría es la mejor opción para elaborar texturas más equivalentes pero más problemática a la hora de crear correctas geometrías. Por lo tanto, se escogen La Virgen y el Niño, la base y la mano hechas con el escáner EVA, mientras que el ave se escoge aquella realizada con fotogrametría.

3.1.3.5 Montaje de las piezas en *Blender*

Como ya se ha mencionado, se montan todas las piezas digitalizadas para recrear una visión de la pieza en su totalidad. Para ello, se apoya de un programa especialmente dedicado a la edición de modelos y a la creación de animación como es el *Blender*, desarrollado por la fundación del mismo nombre.

En dicho programa, se importan los modelos previamente guardados en .OBJ a través del menú archivo. Continuamente, se coloca el modelo correctamente en las coordenadas X, Y, Z con la ayuda de las herramientas rotar y escalar. También, se tiene en cuenta que la dirección del modelo es incorrecta en aquellos elaborados a través del escáner EVA. Es por ello que estos son tratados a través de la herramienta espejo, el cual se encarga de cambiar la dirección según un eje seleccionado, que en este caso se trata del eje X. A continuación, se suben las texturas de cada pieza elaboradas en .PNG a través del apartado material ubicado en la interfaz de edición. Tener en cuenta que las texturas hechas con Artec Studio salieron muy oscuras (Fig. 82 Pág. 62), por ello estas son tratadas con *Photoshop CS6*. En este programa se utiliza las herramientas adecuadas



Fig. 83. Textura con más brillo de la mano retocada con *PhotoShop CS6*

para subir el brillo a cada imagen de manera que sean más vistosas, siempre respetando en lo posible, los tonos originales. Tras ello, las texturas cargadas en *Blender* se observan con mayor claridad (Fig. 83 Pág. 63).

A continuación, se procede con la unión de las partes digitalizadas de forma manual. Para este proceso también se ayuda de las herramientas rotar y escalar, para que coincidan correctamente debido a las diferencias de tamaños y posiciones (Fig. 84). Una vez ya montadas todas las piezas, se comprueba que todo esté correctamente. En este proceso se observa como hay fallos en las texturas (Fig. 85). Para ello, estas son tratadas a través del modo de pintar textura, dónde se utiliza la herramienta clonar para tratar los errores con tonos similares y con suavizar, la cual se utiliza para pulir aquellos puntos de textura muy marcada (Fig. 86).



Fig. 84. Unión de la mano de la virgen

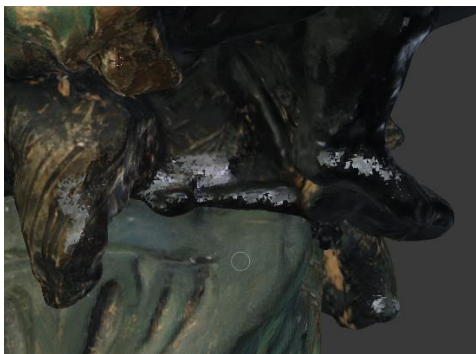


Fig. 85. Detalle del error visto en la textura

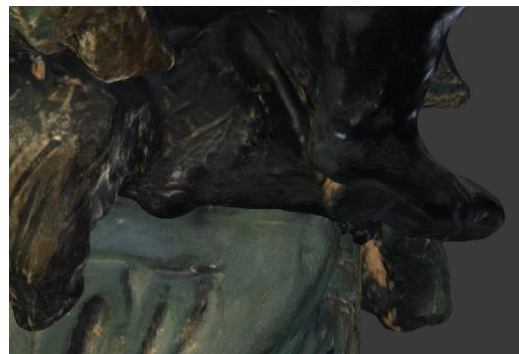


Fig. 86. Detalle del error la textura corregida

3.1.3.6 Mapa de daños 3D y animación en *Blender*

Por último, se elabora digitalmente un mapa de daños que indique los deterioros descubiertos en la pieza del caso de estudio. Además, se realiza una animación de cada modelo para que muestre estos desperfectos. Para estos dos procesos, se utiliza también el programa de edición *Blender*.

En primer lugar, para la creación del mapa de daños 3D, se dividen los diferentes deterioros en varios colores para que estos sean localizados fácilmente. Por lo tanto, se diferencian de la siguiente manera:

Color	Deterioro
Rojo	Desprendimiento pictórico
Verde	Grietas
Azul	Polvo acumulado
Púrpura	Agente biológico

Posteriormente, se edita la textura de cada modelo según los tonos correspondientes mediante la herramienta específica para ello. Para este paso, se emplea un pincel digital con el que se colorea encima del desperfecto. Hay que tener en cuenta, que el tono utilizado no solapa totalmente la pieza, es decir, no se muestra de manera opaca sino translúcida. Se utiliza de esta manera para que el espectador pueda observar la textura de la obra digitalizada adecuadamente (Fig. 87).

Destacar que el agente de deterioro de polvo acumulado se detecta por toda la pieza, por lo que el tono correspondiente se ha aplicado también por todo el modelo. Por consiguiente, en este deterioro se aprecian dos grados de acumulación: uno mayor y otro menor. Por lo tanto, el color azul superpuesto se diferencia en dos tonos: uno más opaco y otro más translúcido (Fig. 87).



Fig. 87. Detalle de los tonos aplicados sobre la pieza digitalizada.

Una vez terminado el mapa de daños, se realiza la animación de todas las piezas por separado y, también, de la pieza en su totalidad.

Primeramente, se decide que la animación se elabore de manera rotatoria exponiendo los diferentes ángulos de la obra. Estas vistas también dependen de las dimensiones de cada pieza digitalizada. Por lo tanto, hay piezas en la que se dividen en tres vistas (inferior, alzado y superior) y otras en dos (inferior y superior). Para este proceso, se añaden varios key frames que hagan rotar el modelo, además de otros que hagan mover y rotar la cámara. También, se tiene en cuenta que estos sean colocados justo en el momento adecuado durante la animación total. Estos pueden ser editados y comprobados en la línea de tiempo que proporciona *Blender*, por lo que se puede decidir fácilmente cuándo se producen las acciones en un espacio de tiempo determinado.

Por último, se exportan las animaciones realizadas en el formato de vídeo .AVI, que posteriormente serán montadas en una misma representación con la ayuda de un programa de edición de vídeo llamado *Sony Vegas Pro 11*.

4. RESULTADOS

En este trabajo, el principal objetivo era digitalizar una pieza que se hallara en malas condiciones, para poder obtener un trabajo con fines de conservación, documentación y visualización. Además, se tuvo en cuenta que el objeto de estudio presente una forma complicada, para poder probar diferentes sistemas de digitalización y decidir cuál de ellas resulta más idónea para este tipo de escultura.

Por ello, se ha llevado a cabo una digitalización de la pieza denominada *La Virgen de la Candela* realizada por Francisco Hernández Fuentes. Como dicha obra se encontraba en un mal estado de conservación, se ha obtenido un total de cuatro modelos divididos según sus partes desprendidas, que después han sido montados para proyectar una visión total de la pieza. Para este propósito, se han utilizado diferentes sistemas y herramientas tanto de digitalización como de edición. Entre ellas se destacan el uso de escáneres de luz estructurada, *Eva* y *EinScan-SP*, y sus correspondientes programas, además del uso del sistema fotogramétrico junto con el software *PhotoScan*. También, se recalca el uso de *Blender* para la edición en cuanto al montaje de la pieza, realización del mapa de daños y animación de los modelos obtenidos. Consecuentemente, como se digitalizan diferentes partes, que varían en tamaño y composición, se dificulta la elección de un sistema ideal para la digitalización de *La Virgen de la Candela*. Los resultados obtenidos en cada sistema son comparados y explicados previamente en el apartado 3.1.3.4, pero se concluye a modo resumen que el sistema fotogramétrico elabora modelos con una textura fiel al original pero genera problemas con la geometría, además de ser uno de los sistemas que más tiempo requiere. En cambio, el escáner *EinScan-SP* produce rápidamente y fielmente la geometría de piezas pequeñas pero origina una textura totalmente diferente. Por último, los modelos realizados a través del escáner *EVA*, son aquellos que recrean con mayor similitud la pieza original, a pesar de los problemas surgidos con la textura, aunque estos son corregidos posteriormente con la ayuda de *Photoshop CS6*. Por lo tanto, para el montaje de las piezas y la creación del mapa de daños 3D se han utilizado los modelos que reflejen mayor similitud al original y no generen tantas dificultades. Entre ellos están los realizados a través del escáner *EVA*, los cuales se componen de las piezas de La Virgen y el Niño, la base y la mano, y en el caso del ave se ha utilizado aquella elaborada con fotogrametría.

A continuación, se expone una serie de imágenes de las múltiples perspectivas de los modelos y dónde se aprecia el resultado visual de cada sistema empleado.

Primeramente, se observa el modelo de La Virgen y el Niño realizados con un escáner de luz estructurada (*EVA*) y con fotogrametría. En estos se ve, de forma general, diferencias en su textura y geometría, siendo superior la realizada con escáner ya que respeta los tonos y brillos originales de la pieza, y permite mayor obtención geométrica. En cambio, la textura realizada con fotogrametría se presenta de manera más suave con

unos tonos insaturados, además de ciertas faltas geométricas especialmente observables en su vista inferior (Fig. 99. Pág.70).



Fig. 88. La Virgen y el Niño hecho con escáner EVA, vista superior.



Fig. 89. La Virgen y el Niño hecho con fotogrametría, vista superior.

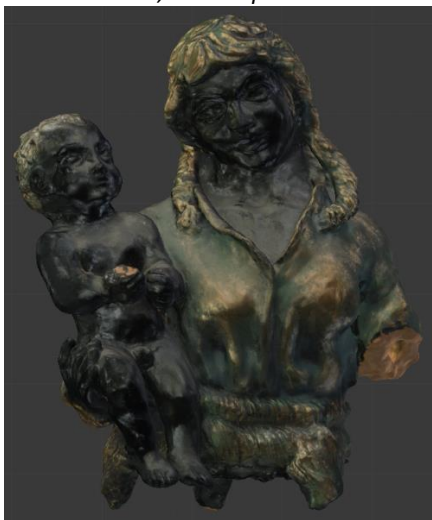


Fig. 90. La Virgen y el Niño hecho con escáner EVA, vista frontal.

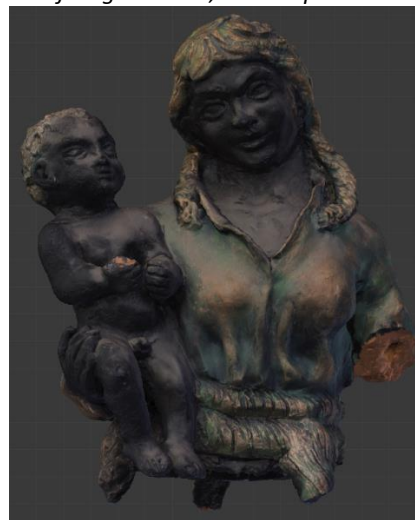


Fig. 91. La Virgen y el Niño hecho con fotogrametría, vista frontal.

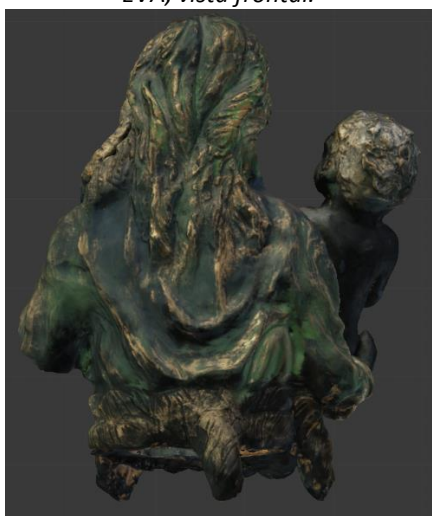


Fig. 92. La Virgen y el Niño hecho con escáner EVA, vista trasera.

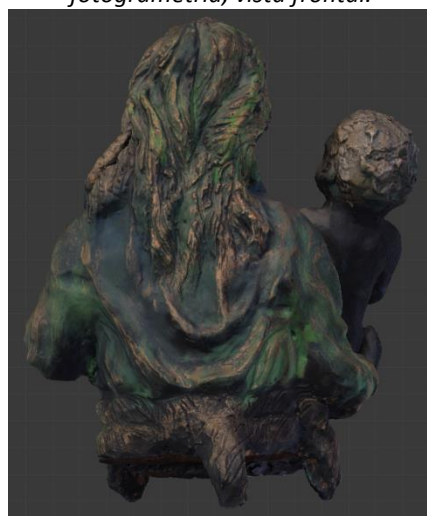


Fig. 93. La Virgen y el Niño hecho con fotogrametría, vista trasera.

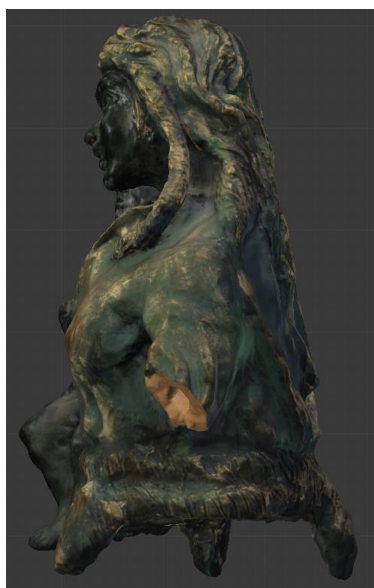


Fig. 94. La Virgen y el Niño hecho con escáner EVA, vista lateral izquierdo.

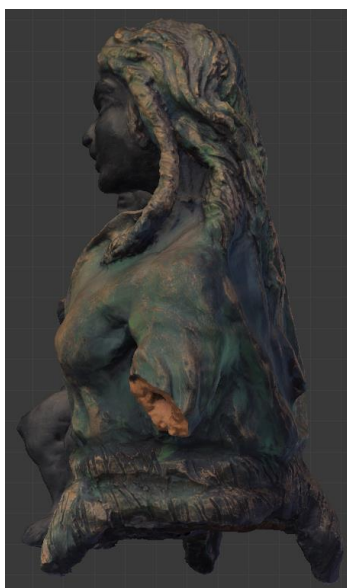


Fig. 95. La Virgen y el Niño hecho con fotogrametría, vista lateral izquierdo.



Fig. 96. La Virgen y el Niño hecho con escáner EVA, vista lateral derecho.

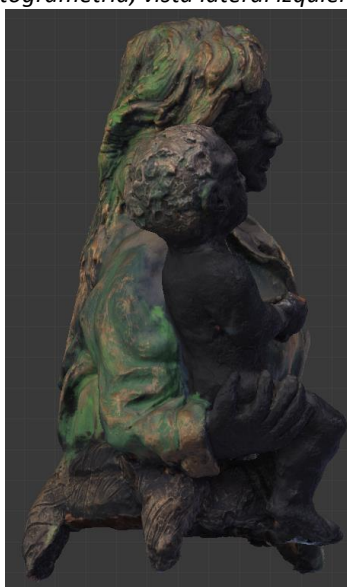


Fig. 97. La Virgen y el Niño hecho con fotogrametría, vista lateral derecho.

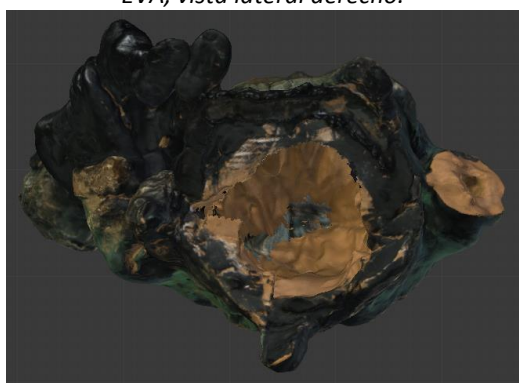


Fig. 98. La Virgen y el Niño hecho con escáner EVA, vista inferior.

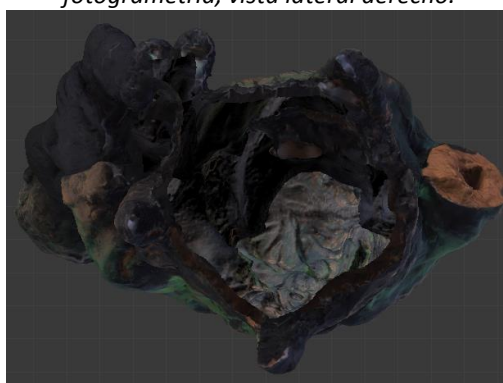


Fig. 99. La Virgen y el Niño hecho con fotogrametría, vista inferior.

Seguidamente se encuentra la mano, aquí ocurre que la geometría elaborada con el escáner de luz estructurada es mucho más lisa que la producida con fotogrametría. En cuanto su textura se observa lo mismo que sucede con La Virgen y el Niño, en cuanto sus tonos y brillos, pero se destaca la fotogrametría por producir en la mano una textura más detallada.



Fig. 100. Mano con escáner EVA, vista frontal.

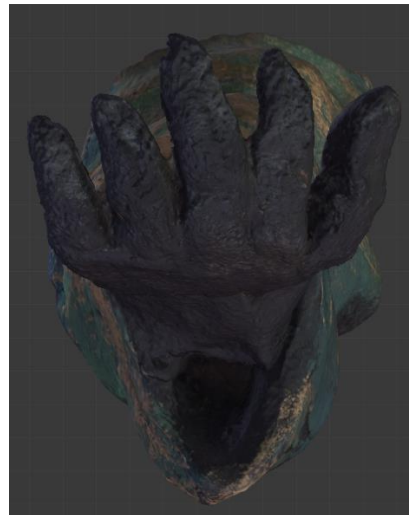


Fig. 101. Mano con fotogrametría, vista frontal.

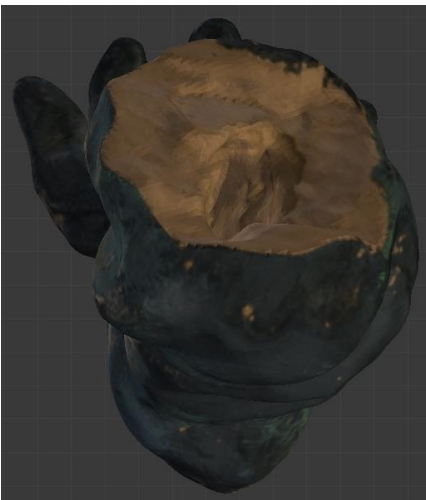


Fig. 102. Mano con escáner EVA, vista trasera.

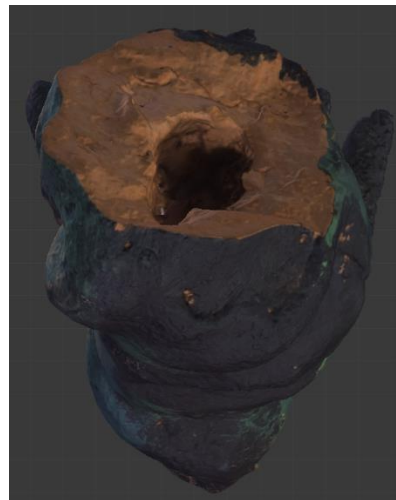


Fig. 103. Mano con fotogrametría, vista trasera.

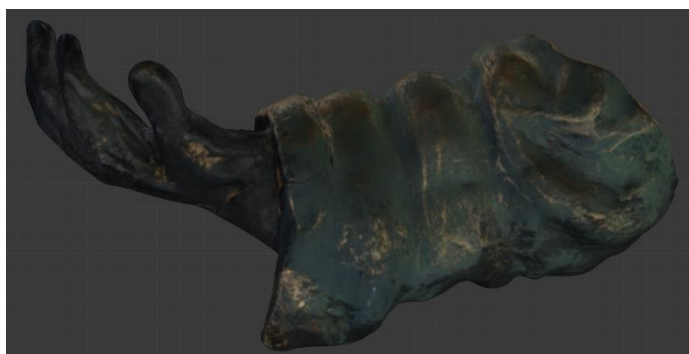


Fig. 104. Mano con escáner EVA, vista lateral izquierdo.

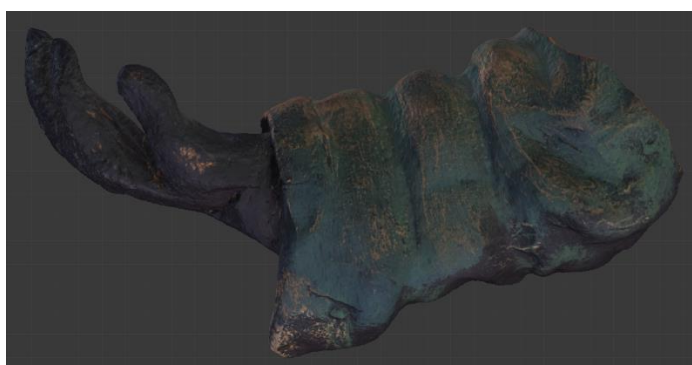


Fig. 105. Mano con fotogrametría, vista lateral izquierdo.

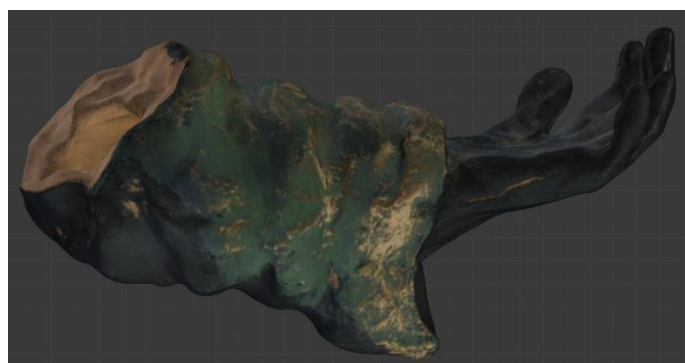


Fig. 106. Mano con escáner EVA, vista lateral derecho.

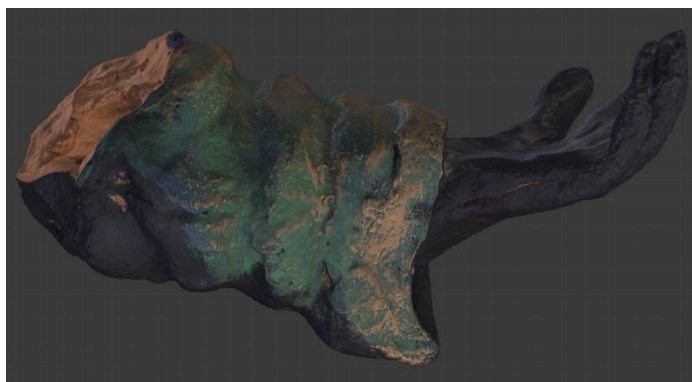


Fig. 107. Mano con fotogrametría, vista lateral derecho.

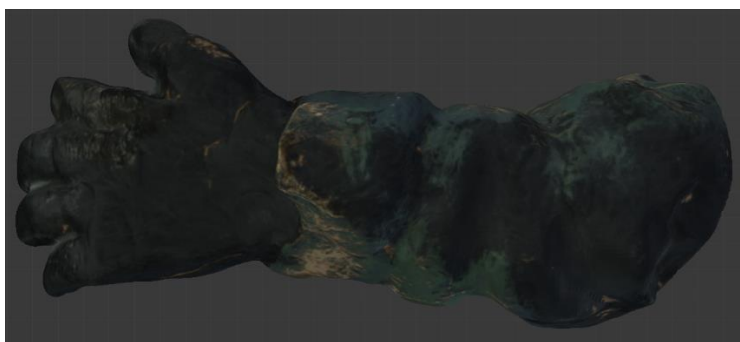


Fig. 108. Mano con escáner EVA, vista inferior.

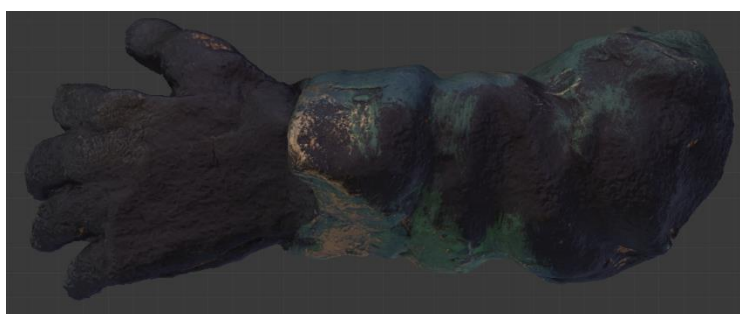


Fig. 109. Mano con fotogrametría, vista inferior.

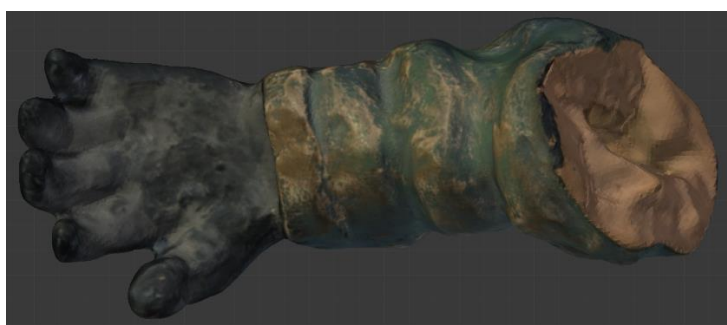


Fig. 110. Mano con escáner EVA, vista superior.

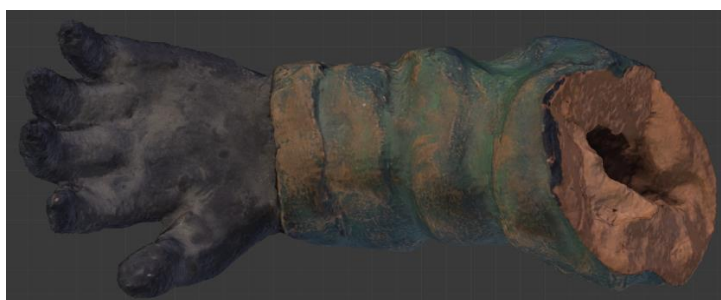


Fig. 111. Mano con fotogrametría, vista superior.

Posteriormente se encuentra el ave, en este caso, la geometría de ambos modelos son adecuados pero se diferencian claramente en sus texturas. Aquella realizada con fotogrametría se observa de manera correcta y detallada, en cambio, la elaborada con el escáner de luz estructurada (*EinScan-SP*) se halla poco cuidada mostrándose unos tonos y una superficie diferente al original.

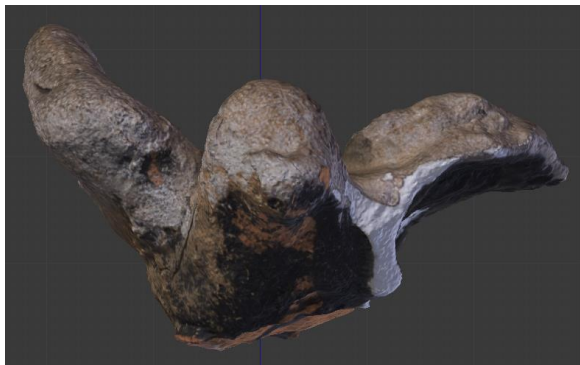


Fig. 112. Ave con fotogrametría, vista frontal.

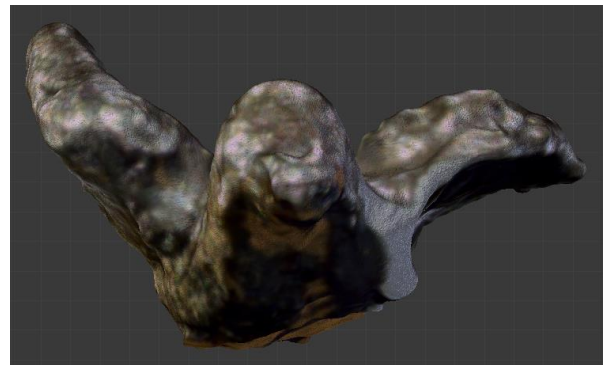


Fig. 113. Ave con EinScan-SP, vista frontal.

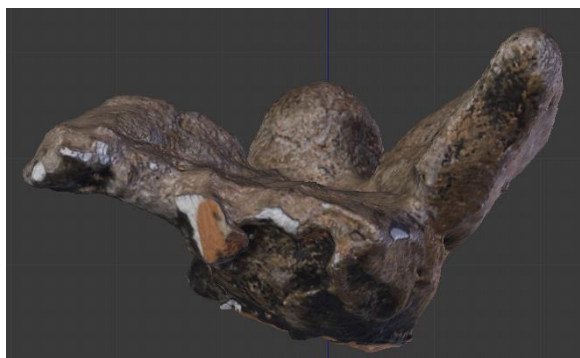


Fig. 114. Ave con fotogrametría, vista trasera.

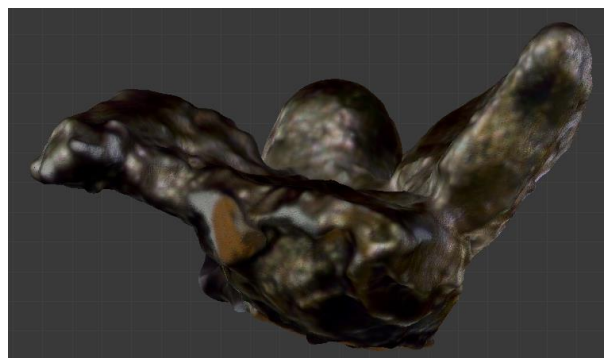


Fig. 115. Ave con EinScan-SP, vista trasera.

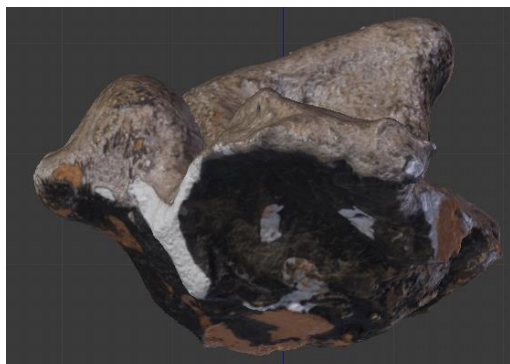


Fig. 116. Ave con fotogrametría, vista lateral izquierdo.

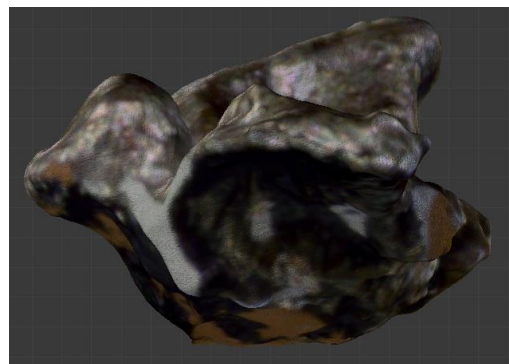


Fig. 117. Ave con EinScan-SP, vista lateral izquierdo.

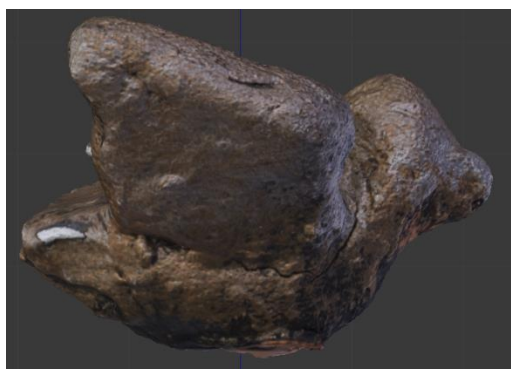


Fig. 118. Ave con fotogrametría, vista lateral derecho.

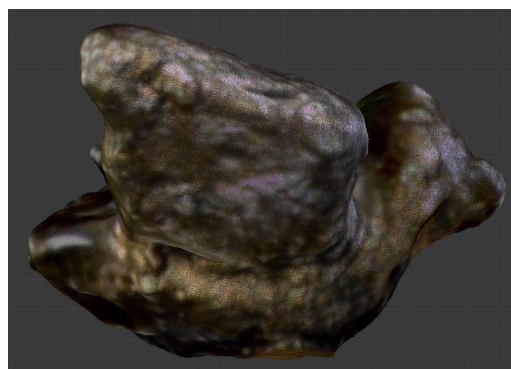


Fig. 119. Ave con EinScan-SP, vista lateral derecho.

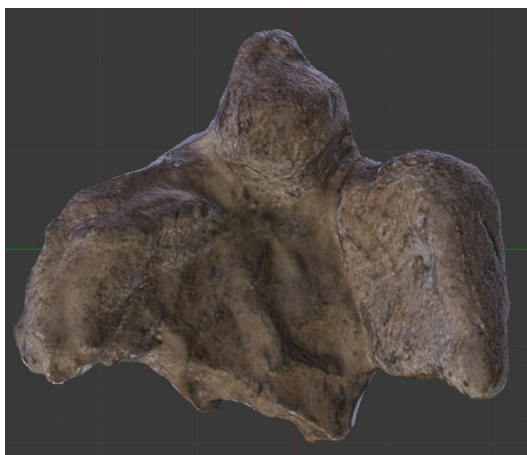


Fig. 120. Ave con fotogrametría, vista superior.

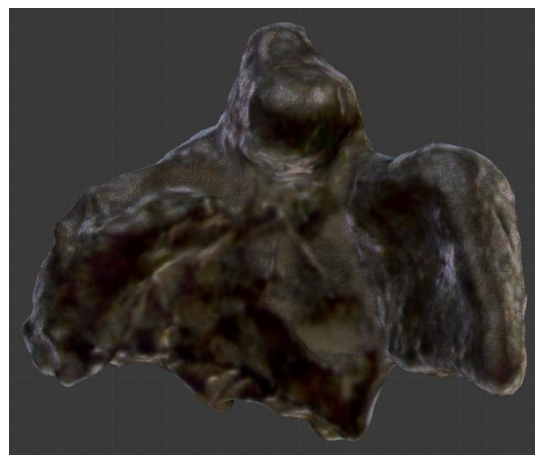


Fig. 121. Ave con EinScan-SP, vista superior.

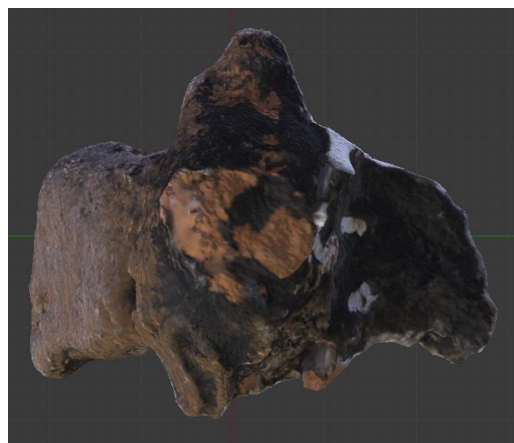


Fig. 122. Ave con fotogrametría, vista inferior.

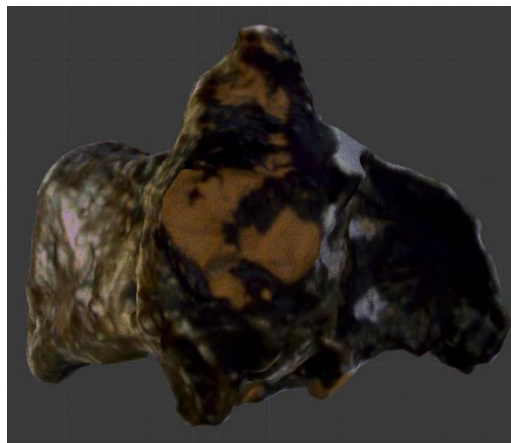


Fig. 123. Ave con EinScan-SP, vista inferior.

Por último se halla la base, dónde se destaca aquella elaborada con el escáner de luz estructurada (EVA), ya que el modelo se presenta similar al original. En cambio, la realizada con fotogrametría tiene múltiples fallos ya que su textura se observa insaturada y muy plana, además de que su geometría se produce de manera errónea generando un solapamiento de algunas partes que incluye el velado de los agujeros. En esto último, se ha intentado abrir las aberturas de la mejor manera posible pero sigue presentándose serios problemas en el modelo.



Fig. 124. Base con escáner EVA, vista frontal.



Fig. 125. Base con escáner EVA, vista trasera.



Fig. 126. Base con escáner EVA, vista lateral izquierdo.



Fig. 127. Base con escáner EVA, vista lateral derecho.



Fig. 128. Base con fotogrametría, vista frontal.



Fig. 129. Base con fotogrametría, vista trasera.



Fig. 130. Base con fotogrametría, vista lateral izquierdo.

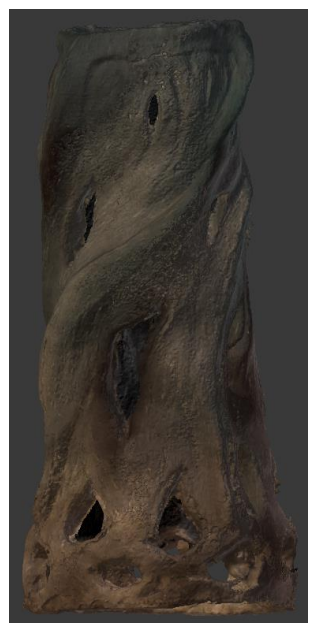


Fig. 131. Base con fotogrametría, vista lateral derecho.

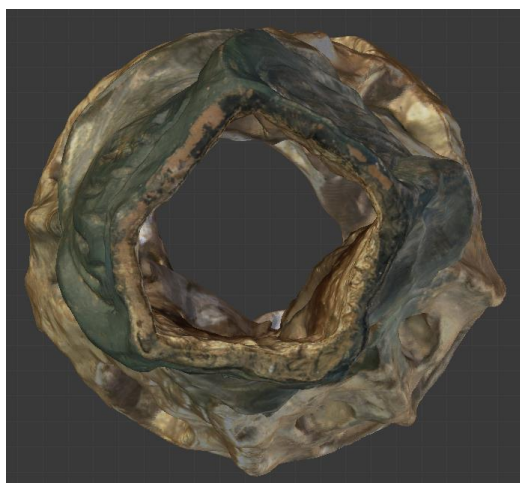


Fig. 132. Base con escáner EVA, vista superior.

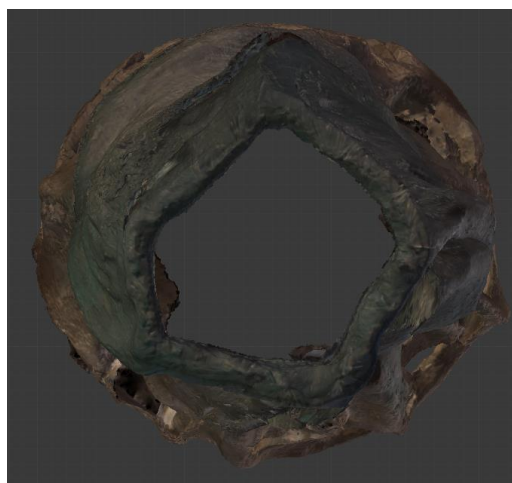


Fig. 133. Base con fotogrametría, vista superior.

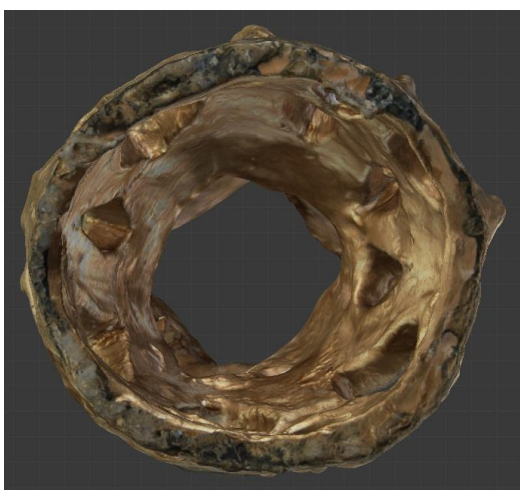


Fig. 134. Base con escáner EVA, vista inferior.



Fig. 135. Base con fotogrametría, vista inferior.

Como ya se ha mencionado, los modelos idóneos son escogidos para ser montados a través del programa *Blender* y poder reflejar con totalidad la pieza (Fig. 136-139. Pág. 78). Posteriormente, se elabora el mapa de daños 3D que exponga, a través de unos colores escogidos, la ubicación de cada deterioro sobre la pieza digitalizada (Fig. 140-143. Pág. 78).



Fig. 136. La Virgen de la Candela, vista de frente.



Fig. 137. La Virgen de la Candela, vista lateral izquierdo.

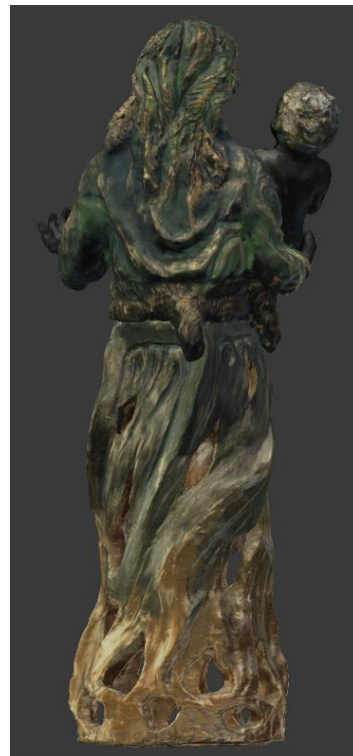


Fig. 138. La Virgen de la Candela, vista trasera.

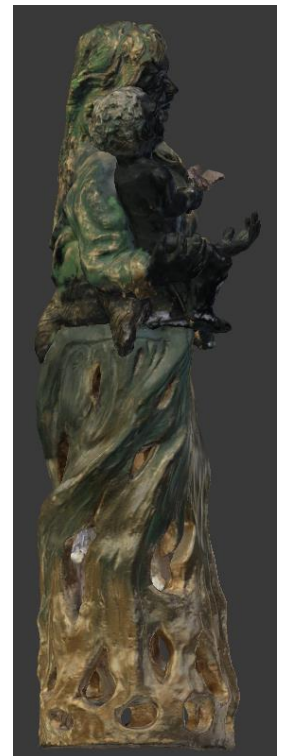


Fig. 139. La Virgen de la Candela, vista lateral derecho.



Fig. 140. La Virgen de la Candela con mapa de daños, vista de frente.



Fig. 141. La Virgen de la Candela con mapa de daños, vista lateral izquierdo.



Fig. 142. La Virgen de la Candela con mapa de daños, vista trasera.



Fig. 143. La Virgen de la Candela con mapa de daños, vista lateral derecho.

Finalmente, para la correcta visualización y difusión del mapa de daños 3D y el correspondiente objeto de estudio, se ha elaborado una animación con el software *Blender*. En este proceso, se anima cada modelo de forma individual y de forma conjunta, para una mayor observación de sus piezas y deterioros. Una vez finalizado, se procede con el montaje de cada animación en un programa de edición de vídeo llamado *Sony Vegas Pro 11*. En este paso, se le añade una leyenda con la denominación de cada deterioro según el tono utilizado para la identificación correcta del mapa de daños (Fig. 96).

En el siguiente enlace se puede observar el vídeo elaborado del mapa de daños 3D de *La Virgen de la Candela*: <https://www.youtube.com/watch?v=wb1rIGC23tc>.

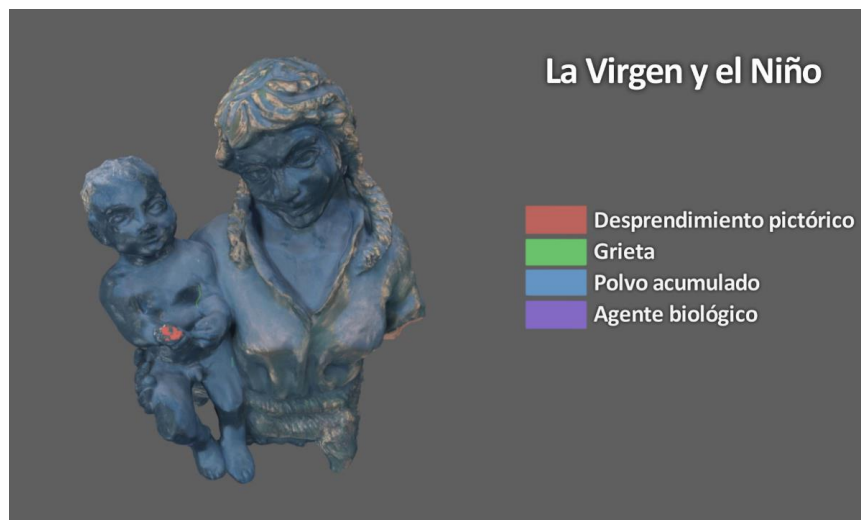


Fig. 144. Fragmento del vídeo dónde se aprecia la leyenda del mapa de daños.

5. CONCLUSIONES

La digitalización es un método que apoya bastante a la conservación, restauración y divulgación de los bienes culturales. Al ser este un proceso que va evolucionando a lo largo de los años y tiene gran importancia en la vida diaria, su utilización en estos ámbitos puede desarrollarse favoreciendo este sector en muchos aspectos. Por lo tanto, es de importancia incluir la digitalización en los procedimientos de conservación y restauración, aunque también tenga sus limitaciones.

Como bien se ha mostrado, digitalizar una pieza artística actualmente también tiene sus desventajas, como son las dificultades a la hora de plasmar diferentes texturas y geometrías, recrear con total fidelidad la obra física, los problemas que surgen con los sistemas empleados, no poder digitalizar cualquier pieza ya que depende de su ubicación, estado de conservación, etc.

A pesar de todo, con los recursos actuales es posible digitalizar, generalmente, un bien cultural de manera correcta que permita llevar a cabo la idea principal, que es la de divulgar y conservar el patrimonio. Además, gracias a que es posible digitalizar con varios métodos diferentes, este proceso no se limita tanto económicamente, aunque es lógico que los modernos avances tecnológicos que permitan mayor resolución requieran de un coste superior.

Por lo tanto, en el siguiente trabajo se destacan aquellos modelos elaborados a través de un sistema de luz estructurada, concretamente con el escáner *EVA*. Este sistema produce una mejor resolución geométrica que con los otros métodos, pero supone ciertos inconvenientes a la hora de la texturización. En cambio, en este último paso son mejores aquellos elaborados a través del proceso fotogramétrico. Consecuentemente, existe un enfrentamiento en elegir la mejor opción ya que cada una presenta sus propios problemas, que en este caso, se optó por escoger el sistema de luz estructurada a través del *EVA*. Además, también es importante tener en cuenta el tiempo de trabajo necesario, ya que cada método requiere una cierta temporalización. En nuestro caso, la fotogrametría supuso un mayor tiempo que con los otros sistemas, siendo bastante más agotador. También, es significativo el precio de cada uno, ya que un sistema de luz estructurada es mucho más costoso que el sistema fotogramétrico, por lo que depende del presupuesto de cada uno.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Andrés Díaz, Christian; Torres, Andrés; Ignacio Ramírez, José; Fernanda García, Luisa; Álvarez, Natalia. “Descripción de un dispositivo destinado al análisis de la marcha en dos dimensiones, CineMED”, *Escuela de ingeniería de Antioquia*, no. 5 (2006) (Consultado el 01-12-2019)
- Carlos Torres, J., Cano P., Javier Melero F., España Acebal M., Moreno J. “Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio”, *Virtual Archaeology Review*, no. 1, pp.51-54(2010) <https://polipapers.upv.es/index.php/var/article/view/4768> (Consultado el 24-10-2019)
- Caro, José L., Hansen, Salvador. “De la fotogrametría a la difusión del patrimonio arqueológico mediante game engines: Menga un caso de estudio”, *Virtual Archaeology Review*, vol. 6, no. 12, p.p58-68(2015) (Consultado el 28-11-2019)
- Contreras Echebarria, Ainara. “Obtención del modelo 3d de la azotea de la escuela técnica superior de ingenieros de telecomunicación de la universidad politécnica de madrid, mediante tecnología escáner 3d” (Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2014), p.24
- Cultural Heritage Imaging, “Reflectance Transformation Imaging”, *Cultural Heritage Imaging*, <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/index.html> (Consultado el 02-12-2019)
- Escrivá Estevan, Fina y Madrid García, José A. “El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio” *Arché*, no. 4 y 5, pp.11-20(2010) https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30147/2010_04-05_011_020.pdf (Consultado el 01-11-2019)
- Factum arte, “Digitalización en 3D para conservación del patrimonio cultural”, *Factum arte*, <http://www.factum-arte.com/pag/706/Digitalización-en-3D-para-conservació-del-patrimonio-cultural> (Consultado el 24-10-2019)
- Georgopoulos, Andreas; Ioannidis, Charalabod; Valanis, Artemis. “Assessing the performance of a structured light scanner”, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, no. 38, pp.250-254(2010) <https://pdfs.semanticscholar.org/18a2/1037a3a846f407d599bea3e5006eb32b3f3e.pdf> (Consultado el 13-11-2019)
- León Robles, Carlos; Reinoso Gordo, Juan Francisco y Mataix Sanjuán, Jesús. “Luz estructurada en la reconstrucción digital de detalles arquitectónicos”, *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, no. 32, pp.198-207(2018) <https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/9810> (Consultado el 11-11-2019)
- Moithinho de Almeida, Vera; Rieke-Zapp, Dirk. “Generación de datos 3D con sistemas ópticos de medición de corto alcance”, en *Arqueología computacional:*

Nuevos enfoques para la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural. (México: Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2017), pp. 93-109.

- Moltó Orts, Maite; Valcarcel Andrés, Juan y Osca Pons, Julia. “La manipulación de obras de arte en exposiciones temporales”, *Arché*, no. 4 y 5, pp.215-220(2010) https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30986/2010_04-05_215_220.pdf (Consultado el 1-11-2019)
- Ortiz Coder, Pedro y del Pino Espinosa, Beatriz. “Digitalización 3D automática con láser escáner, fotogrametría y videogrametría. El caso práctico del Templo de Diana (Mérida)”, *Virtual Archaeology Review*, vol. 4, no. 8, p.92 (2013) (Consultado el 01-12-2019)
- Pereira Uzal, José Manuel y Robledano Arillo, Jesús. “Uso de tecnologías 3D en la digitalización y difusión de contenidos de alto valor patrimonial”, *El profesional de la información*, no. 3, pp.215-223(2013) <http://www.elprofesionaldeinformacion.com/contenidos/2013/mayo/04.pdf> (Consultado el 24-10-2019)
- Pereira Uzal, José Manuel. “Digitalizar Vs Modelar”, *DigitalHeritage*, <http://www.jpereira.net/apuntes-breves/digitalizar-vs-modelar> (Consultado el 17-10-2019)
- Tecnitop, “Diferencia de fase” <https://tecnitop.com/es/diferencia-fase/> (Consultado el 25-11-2019)
- Tecnitop, “Tiempo de vuelo” <https://tecnitop.com/es/tiempo-vuelo/> (Consultado el 20-11-2019)
- Vives, Josep (coord); Alberch, Ramon; Álvarez, Javier; Cuevas, Aurora; Labastida, Ignasi; Munilla, Glòria; Pérez, Dora; Portús, M^a Dolores; Prats, Jordi; Rovira, Anna; Rius, Toni y Solanilla, Laura. “La virtualización de las instituciones en el patrimonio: navegando por el museo” en *Digitalización del patrimonio: archivos, bibliotecas y museos en la red*. 107-121 pp. Barcelona: Editorial UOC, 2009.

7. ANEXOS

En este apartado se expone la documentación cedida por el propio artista de la obra de estudio, y de aquellas fichas técnicas de las herramientas utilizadas.

- Exposiciones, tanto individuales como colectivas, y murales realizados por Francisco Hernández Fuentes junto con su localización:

CURRÍCULO

MURALES

- EUROHOTEL- PUERTO DE LA CRUZ
- IGLESIA DE LA VIRGEN DE FATIMA- PARROQUIA DE LA FERRUJA
- EXPOCISIÓN DE MURALES - CASA CONSISTORIAL DE GÜIMAR

EXPOCISIONES COLECTIVAS

- SALA DE ARTE Y CULTURA - GARACHICO
- HOMENAJE AL MENCEY BENCOMO – LA OROTAVA
- REAL CLUB NÁUTICO DE TENERIFE- S/C DE TENERIFE
- ARTE 93- LA LAGUNA
- COLECTIVA A FAVOR DE LA IGLESIA DE LAS REMEDIOS- LA CAIXA-LA LAGUNA
- COLECTIVA REGIONAL- PALACIO SALAZAR, S/C DE LA PALMA
- CANTO AL VINO- MAFRE LA LAGUNA
- CANTO AL VINO- LA FRATERNIDAD, TELDE GRAN CANARIA
- COLECTIVA REGIONAL- CASTILLO DE LA LUZ, GRAN CANARIA
- CANTO A LA PRIMAVERA- ICOD DE LOS VINOS
- CANTO AL OTOÑO- REAL CASA DE LA ADUANA, PUERTO DE LA CRUZ
- PINTORES REALEJEROS- PEATONAL, LOS REALEJOS
- CANTO AL GOFIO- MAFRE- LA LAGUNA
- CANTO AL GOFIO- LA FRATERNIDAD, TELDE, GRAN CANARIA
- HILOS DE ORO- CASA DEL VINO- TACORONTE
- HILOS DE ORO- LA FRATERNIDAD- TELDE, GRAN CANARIA
- COLECTIVA REGIONAL- CASA DE LA CULTURA DE ARRECIFE, LANZAROTE
- COLECTIVA REGINAL- HOTEL FARIONES- LANZAROTE

INDIVIDUALES

- FIESTAS DE MAYO- ILUSTRISIMO AYUNTAMIENTO DE LOS REALEJOS
- LA BUHARDILLA- LA LAGUNA
- SALA DE ARTE SARA- EL SOCORRO GÜIMAR

- CASINO, CENTRO ICODENSE- ICOD
- SALA DE ARTE, CASA LOS QUINTOS- SAN ANDRES Y SAUCES, LA PALMA
- SALA DE ARTE, GREGORIO TOLEDO- MAZO, LA PALMA
- GALERIA ARTECRUZ- LA OROTAVA
- CASA DEL VINO- TACORONTE
- ANTESALA DEL YETFOIL- S/C DE TENERIFE
- CASA PARROQUIAL DE LOS REALEJOS
- CASINO DE SAN AGUSTÍN- LOS REALEJOS
- CASA PARROQUIAL DE SAN JUAN DE LA RAMBLA
- LA ARCABA-S/C DE TENERIFE

- SALA DE ARTE DEL BANCO BILBAO- LA OROTAVA
- DAUTE- LA LAGUNA.
- INSTITUTO NUEVO DE LA LAGUNA
- INSTITUTO MAYER- LA LAGUNA
- EL ALMÁCIGO- TAUCHO, ADEJE
- LICEO TAORO- LA OROTAVA
- SALA DE LA CAJA CANARIAS DE SANTA URSULA

➤ Varios artículos dónde se habla sobre el artista y sus obras:

EL DIA MIERCOLES. 16 FEBRERO 1994

SOCIEDAD 55

EL RETORNO PICTORICO DE PACO HERNANDEZ FUENTES

ALVARO HERNANDEZ DIAZ

ASISTIMOS el sábado, 28 de agosto, a la apertura de una nueva exposición del pintor realejero Paco H. Fuentes, que procede de ese barrio de artistas plásticos, y músicos y poetas que se llama San Vicente. De casta le viene al galgo, pues también pinta y escribe su madre, doña Asunción, que acompañó regocijada a su hijo en este acontecimiento.

Alguna vez hemos compartido escenarios, y me ha tocado presentarlo. No he dudado en calificarlo de «un humanista de nuestro tiempo», casi comparable a Leonardo da Vinci. No es esta una afirmación gratuita ni mucho menos producto de la adulación. Para corroborarla hay que acercarse a sus obras. Nos sorprenderemos, por ejemplo, con el monumento escultórico al cochinerito de Icod el Alto, o a ese proyecto futuro de otro al mencey Bentor, en el mirador de El Lance. La multitud de sus cuadros en los más variados soportes: lienzo, láminas, murales en iglesias y en establecimientos públicos... Su propio domicilio es un pequeño museo con mobiliario elaborado y decorado por él mismo. Además, como se dijo, escribe en prosa y en verso. Últimamente

investiga una forma de expresión que me atrevo a calificar de «poemas en directo», consistente en utilizar la improvisación ante un tema que surja en ese momento. He tenido ocasión de ser testigo de esta faceta en cierto recital en el Instituto de Icod de los Vinos donde «disertó» sobre un débil rayo de luz que al atardecer atravesaba tímidamente los amplios ventanales del salón de actos donde nos encontramos. Con esta faceta se dice mucho de la obra de Paco, en constante exposición que nos ocupa, el también pintor Erik Cichosz. Hemos sabido que para la confección de sus lienzos utilizó como pintura la cochinilla y la sangre de dragón.

Un total de veintiuna obras pudimos contemplar en el Casino Centro Icodense de Icod de los Vinos. Recientemente había expuesto en la Galería Arte-Sara de El Socorro, en Güimar. Nos llamó la atención el hecho de exponer en ambos lugares sin decidirse a mostrar su obra en Los Realejos, que queda justamente en medio. ¿Sigue siendo verdad que nadie es profeta en su tierra? Tengo

rumores de causas que justifican lo que será uno de los muchos enfados pasajeros de Paco y que, por el momento, lo tienen decidido a privarnos de la contemplación de su trabajo. No obstante, ahora en Icod contó con una buena embajada de realejeros que acudieron a su invitación. Creo que con la cercanía, por ejemplo en la Casa de la Cultura, la afluencia sería mayor, es un suponer.

De la obra en sí, que es lo que interesa a la hora del currículum y no esta retahíla anecdótica, puedo decir que me reconcilia con el Paco pintor que conocí hace más de veinte años en cuanto a temática y colorido. La forma, el dibujo en sí ha evolucionado notablemente. Siento no poder valorarla como quisiera en su quintaesencia. Lo mío es una valoración literaria de contenidos: una obra donde se manifiesta una forma surrealista de examinar el entorno. Al mismo tiempo, una pregunta constante sobre nuestro pasado histórico, el mundo guanche. Naturaleza, mitos, leyendas... son la presente oferta de Paco Hernández Fuentes. Auguramos para él éxitos en el variopinto marco de su polifacética existencia. ¡Animo!■

GALDAR Y SU PATRONO

JOSE RODRIGUEZ BATLLORI

HAN finalizado las jornadas del Año Santo Jacobo en Gáldar. La Puerta Santa ha sido cerrada y así permanecerá hasta el primero de enero, en el que el 25 de julio, día de Santiago, coincida con la festividad dominical. Esto será en el año 1999.

Hemos de esforzarnos, todos, no sólo los organismos oficiales y entidades culturales galdenses, sino en general los de ámbito provincial, para que las celebraciones del próximo Año Jubilar la afluencia de peregrinos al Templo Arciprestal de Gáldar sea incrementada en forma notoria. Y no se conseguirá sin una preparación, desde ahora mismo, esforzándonos todos en proyectos que hagan posible este deseo.

Han de confeccionarse carteles alusivos a tal acontecimiento, propaganda en los medios de comunicación—radio, Prensa y televisión—, organización de peregrinaciones diocesanas convocadas por los Sres. obispos de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife, etc., etc.

En Santiago de Com-

postela, que no duda en pregonar las jornadas de su Año Santo Xacobeo, se incrementó en 1993 en un veinte y cinco por ciento la ocupación hotelera, según datos del Gobierno Regional de aquella Comunidad Autónoma. La cifra de peregrinos alcanzó los cuatro millones.

Toda Galicia se vuelca en pregonar, no sólo por todo el ámbito nacional, sino también en el exterior la proximidad de su Año Xacobeo, alcanzando así un aumento considerable de visitantes que se acercan a Santiago a gozar de los beneficios e indulgencias, por su presencia a los pies del Apóstol.

Gáldar no debe, en forma alguna, actuar pasivamente ante un acontecimiento tan trascendental, que las circunstancias y prerrogativas concedidas por la Santa Sede a su templo le propician un buen protagonismo en el orden religioso.

Hemos de esforzarnos, con tiempo suficiente, para hacer llegar a todos esta posibilidad de poder alcanzar que, ante nuestra imagen del Apóstol, se aumen-

te el número de peregrinos en busca de aquellos beneficios.

Habrá que poner a disposición de los visitantes no sólo adecuados alojamientos para aquellos que, por venir de localidades lejanas, de las otras Islas, no puedan regresar en el mismo día a sus hogares. Proveer a determinados comercios de objetos que sirvan de recuerdo: estampas, medallas, etc.

En Compostela, ante el sepulcro de Santiago, como ante el cuerpo incorrupto del rey San Fernando, en la capital hispanense, o del de Sor Angela, en el convento de las Hermanas de la Cruz, siempre he sentido que me embarga una gran emoción. En el Templo Jacobeo galdense, mi espíritu se solaza en recuerdos y añoranzas infinitos.

Yo pido a Dios que, a pesar de que ya me cuesta trabajo escalar la cuesta de los años, me dé fuerzas y ánimos para estar el día del Apóstol, en el próximo Año Santo Jubilar, peregrinando a mi pueblo. Y que la afluencia de peregrinos, de todos los rincones del Archipiélago, sea masiva.■

HILOS DE ORO ó MONOGRAFIA SOBRE LA MIEL

Cuando el invierno reina en Tenerife en este mes de febrero con apogeo festivo de Carnaval, es la Villa del Sauzal, en esta emblemática Casa del Vino se presenta una importante y singular colección de arte donde se aglutinan pintores y escultores de nuestras islas, vertebrando tendencias en torno a una interesante temática, tan arraigada en las tradiciones agrícolas y artesanales de la isla teideana como es la agricultura.

Muestra que sirve de aglutinación de interesantes simbolismos que expresan la originalidad de unos artistas que sin perder un ápice de su propia personalidad se unen en torno al más bello canto que se le hace al maná de las flores en convergencia con las típicas abejas: la miel.

Desde la isla de los volcanes, Lanzarote, llega REMI QUINTANA, que nos tiene acostumbrados a su pintura etnográfica y nos presenta en esta ocasión unos originales símbolos apícolas bajo la luz solar de la paradisiaca isla conejera. Desde Gran Canaria, "el pintor de las orquídeas", JUAN ANTONIO DENIZ nos ofrece unos acertados estudios equilibrados entre el color y el dibujo donde siempre está presente la flor, que le caracteriza y le da el apresto y el canal adecuado para derrochar sus más encomiables fantasías.

Y por Tenerife, tenemos a un escultor de Buenavista del Norte, ILDEFONSO PEREZ DIAZ, que trae una gama de esculturas cargadas de un profundo surrealismo donde incluso los espacios vacíos juegan un importante papel en el movimiento de sus obras. Y junto a él, CECILIO PEREZ YANES, que desde San Juan de la Rambla nos deleita con unas obras plenamente simbolistas que esgrimen las diferentes facetas de la vida en torno al insecto en conjugación con las flores. No podía faltar "el pintor de los guanches" el realejero PACO HERNANDEZ, que además de impulsor de este evento nos sorprende con su perenne ingenio volcado en la temática central y protagonista de esta Colectiva, en la que nos comunica su doble vertiente de pintor y escultor atesorando vivencias eternas donde despliega un dominio técnico de la materia en diversas connotaciones.

Por último, cierra este grupo de artistas, toda una dama, que a pesar de sus vivencias temporales nos deleita con una pintura plenamente juvenil, impregnada de dibujos y sosiegos donde la mujer se convierte en la esencial protagonista. Ella no es otra sino ASUNCION FUENTES, la pintora de las dulces y penetrantes miradas que la convierten en toda una maestra del arte pictórico desde su villa natal: Los Realejos.

En síntesis, "HILO DE ORO" es una interesante monografía sobre la miel, que conduce a las más sublimes sensaciones a todo aquel que sabe mirar más allá de lo tangible y sensual porque está realizada con la fuerza de lo que nunca muere: el Amor.

MANUEL PEREZ RODRIGUEZ
Crítico de Arte

HILOS DE OROMIEL

Cuando todo pase, te esperaré en la luna de miel la de los dedos de oro, la del paladar de plata sobre la laguna argentata; cuando todo regrese, volveré sobre mis pasos a verte en las luces de azúcar en los barrancos soñados de berros y mariposas. Para ese momento las abejas de los aires alocadas a posarse en las montañas de fuego. para cuando el Teide añada a su caminar los vestigios de las huellas de los árboles-hombres, allá se dirigirá mi pensar y el de los pintores de la miel en la roca, dejando la hilaridad de sus palabras en el lienzo. Ya no sé si mi pensamiento revuelve los pozos de fuego y de cada isla un diálogo remando en el Atlántico las olas de los dioses del país del Orialco, tampoco sé si tu en tu recuerdo me encontrarás en esta orillas como siempre, esperando las dulces premisas de amor. Se que me arrullarán las sombras de un caballo y sus alas en la piel del canto del ruseñor.

Capirote que se hermana con su silbo de miel y se entrelaza por los hilos de oro de la plástica y se ahoga en el grito del Guanche en la garganta brillante de piedras.

Las Islas en la pintura, surrealidad, y más verismo, por los vericuetos de la caverna de Polifemo subyugados por Cirse sin salida. Hilos de oro para carcajadas de la feliz aventura del romance entre la jóven princesa y el dios de los Atlantes, jamás tan dulce amorío, nunca fue mejor, comenzar un idilio como esta vez, en la miel, en la fiesta de las abejas y sus reinas, en las obreras de lo dulce, bienmesabes, rapaduras, pasteles de La Laguna, de La Palma, gofio y miel, de Gran Canaria almendras, almendrados, de fuerteventura la dulce hiel, de Lanzarote el dulce fuego, del Hierro los higos de miel, de La Gomera el Guarapo miel de Palma de las abejas de diamante de todas las flores sus jugos del sol amarillo dulce miel, primavera loca, polen de Eros, gineseos y corolas, hilos de seda, de vera miel, de abstracta dulzura, de seca agridulce surrealidad de pasmosa y directa realidad de turrón de fiesta, almendras, gofio de trigo y más miel en el pan de Azúcar de la montaña de cristal de su cráter de pan y miel del Teide, para estos artistas en los hilos de la vida: Remedios Quintana; Juan Antonio Déniz; Ildefonso Pérez Díaz; Cecilio Pérez Yanes; Paco Hernández; Asunción Fuentes... en el dulce amor del arte.

JAVIER DE LA ROSA

Senador de la Academia de Arte de Roma

Diario de Avisos

DECANO DE LA PRENSA DE CANARIAS

Jueves, 7 de julio de 1994 **71**



El Avispero



Saavedra, con los dos artistas y el alcalde de Güimar; al fondo, los murales

DA



Saavedra y los murales de Güimar

El ministro para las Administraciones Públicas, Jerónimo Saavedra, inauguró los murales que a partir de ahora visten las paredes del salón de plenos del Ayuntamiento de Güimar, realizados por iniciativa propia por los artistas Erik Cichosz y Francisco Hernández, e inspirados en la simbología, antropología, folclore y "mitología" de la comarca. Los murales de Güimar son, a partir de ya, una realidad para su pueblo y forman parte, inexcusablemente, de su patrimonio artístico.

SABADO, 8 ENERO 1994

Tenerife CAPITAL CULTURAL DE CANARIAS

VII

•ARTE

Francisco Hernández Fuentes: Un pintor alzado

M.J. LORENZO PERERA*

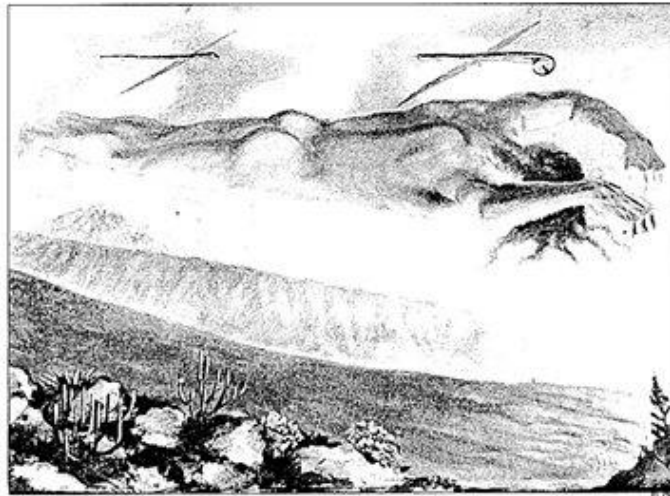
CONOZCO a Francisco Hernández Fuentes desde hace un montón de años. Desde la época en la que la adivina de Chijiniste predijo que en vez de los gallos empezarían a cantar las gallinas. Pero eso no se produjo, según nos relató la misma aberrantadora del porvenir, porque un eclipse de luna impidió que a las gallinas le crecieran las crestas y las barbas. Los gallos siguieron cantando, aunque muchos de ellos no hacen más que ladrar o rebuznar según momentos y circunstancias. El autor de esta muestra pictórica no ha dejado de cantar. Y lo ha hecho siempre con su característico timbre sincero, claro y grido.

Es un asunto de vieja amistad el que nos ha obligado, noble y honradamente, a venir a presentar esta inigualable exposición de pintura. Nos ha traído también a esta sala, el eterno agradecimiento que le debemos a Francisco Hernández Fuentes. Fue el autor de varias de las láminas que aparecen en nuestro libro *Las tradiciones orales en Canarias*, editado en 1988. El año 1989 aceptó realizar el cartel para la Fiesta del Sol o de San Juan, una destacada obra en la que aparece, delante del astro rey radiante, un cabrero con su manta sujetando a un macho cabrío por los cuernos. Dentro de muy pocos días saldrá el segundo trabajo discográfico *Tiques antiguos y festivales de Canarias*, promovido por el Grupo Folklórico de la Escuela de Magisterio de La Laguna e interpretado por viejos cantadores y músicos populares: la portada del disco, sobre fondo negro y centrada en el tema de las libras de El Palmar, fue diseñada por Francisco Hernández.

Estamos aquí, pues, por razones de amistad y agradecimiento. También por plena convicción y devoción hacia la obra de este artista. Paco Hernández es un pintor alzado. Alzado es aquel que jamás se somete a boberías e imposiciones. A él no se le cae la baba por hablar con cualquier pope. Y su pintura, distante de cualquier tipo de mediocridad, es totalmente libre, distanciada de sofisticadas y elitistas corrientes artísticas de turno.

Este pintor realcejero, autodidacta, continúa recorriendo y recreándose en las inagotables posibilidades paisajísticas, históricas, culturales, mitológicas, etc. de este país nuestro en el que lo atlántico y lo africano marcan y significan tanto.

No comparto la idea de que Francisco Hernández Fuentes sea un pintor dramático. Al contrario, es un pintor tremendamente vitalista que emplea unos tonos cromáticos característicos. Es cierto que a veces nos muestra escenas muy fuertes, hasta descarnadas. Pero no lo hace para destruir, sino como grito de protesta, para no olvidar, para avivar la conciencia. En su cuadro titulado *Canto a Lu Ganero*, aparece el masacrador Pedro de Vera tendido sobre un lecho de sangre, cáverico y putrefacto, acompañado del cráneo de un asno y asistido por un fraile confesor con la parte baja de su sotana manchada de



Bento protagoniza una de las obras correspondientes a la última exposición de Francisco Hernández Fuentes

sangre. Los pueblos orgullosos no deben olvidar su verdadera historia. Sobre Pedro de Vera, personaje siniestro, sin escrúpulos y criminal, lo plasmado por Francisco Hernández viene a coincidir con lo que afirma el investigador Dománik J. Wölfel:

«Sólo por el vil sacrilegio cometido en el acto de la misa con los indígenas de Gran Canaria, un espíritu cristiano reservaría al personaje en cuestión, gran capitán, guerrero valiente, hombre perjurio y cruel, codicioso y de mala fe, un sitio a la derecha del Judas en el infierno dantesco».

A Francisco Hernández Fuentes le atrae e interesa el mundo de los viejos guanches. Lo estudia, lo asimila, se recrea en él y lo enriquece. Ello se aprecia en los rostros humanos, aún vigentes en nuestros pueblos, en las vasijas de barro, en los asuntos de tipo mitológico y, sobre todo, en los personajes. Pero con respecto a estos últimos, Francisco Hernández centra su atención en quienes sobresalieron por su valentía, destacando muchos de ellos en la lucha por la defensa y libertad de su Patria.

Adargoma. Uno de los personajes representados es el grancañario Adargoma, de quien el historiador Abreu Galindo manifiesta lo siguiente: «Adargoma era gayre, de los más valientes canarios que había en el término de Gáldar (...) Era Adorgoma hombre de mediana estatura. Tenía las espaldas muy anchas, y por eso lo llamaban Adargoma, que es decir espaldas de risco».

El valor y el significado del nombre Adargoma inspiraron a Francisco Hernández la ejecución de dos cuadros. En el primero aparece Adargoma en forma de risco antropomorfo al pie del

Roque Nublo y con la vista del Teide al fondo, es decir, todo un símbolo evocador de la unidad de Canarias. En el segundo cuadro, sobre las espaldas de risco de Adargoma emerge un dragón en el hombro izquierdo y un cardón sobre el costado derecho: es un preclaro mensaje de que los canarios debemos cargar, siempre con orgullo, nuestros valores naturales y culturales.

Doramas. Fue tan valiente y amó tanto a su Patria que, siendo plebeyo, el Guanarteme Egonnaga lo hizo capitán de guerra (Gaire) y le otorgó propiedad territorial. Doramas significa «el de anchas narices». Viera y Clavijo afirma de él lo siguiente:

«La patria, cuyo gobierno había usurpado para defenderla y por la que sacrificó la vida, lo lloró amargamente, llamándolo su ornamento y el último de los canarios».

Murió Doramas defendiendo a su pueblo. Por entonces muchos grancañarios lo habían traicionado pasando a las filas castellanas. En cierta medida, Doramas fue asesinado con el apoyo de quienes momentos antes habían estado a su lado, gente de su propia raza. Por ello, Francisco Hernández lo pinta tendido, desnudo, moribundo, atravesado su muslo derecho un roque puntiagudo de su propia tierra.

Tinguro. Viera y Clavijo resalta el valor del príncipe Tinguro, hermano del Mencey Bencomo, con los siguientes términos: «...elogiando todos los maguates al príncipe difunto con mucha abundancia de lágrimas y las siguientes expresiones: el valeroso defensor de la patria murió y dejó huérfanos a sus guanches».

Francisco Hernández Fuentes le ha dedicado un cuadro a Tin-

guaro. Es, sin duda alguna, su obra más solicitada e importante.

Bencomo. Al igual que su hermano Tinguro, Bencomo, el rey grande de Taoro, murió batido en la batalla de La Laguna.

Francisco Hernández Fuentes lo presenta momificado, en medio de gárgolas de ausencia. Es tan cruel la historia que ni siquiera sabemos en qué lugar se encuentra el cuerpo del más grande defensor de la Patria Guanche, el Mencey Bencomo. En la parte baja del cuadro puede verse un pergamino enrollado con un texto escrito con letras color de sangre, que nos hace recordar las palabras que Bencomo mandó decir al conquistador Alonso Fernández de Lugo cuando éste le pidió que se rindiera: «Jamás me he sometido a ningún hombre como yo, libre he vivido y así viviré siempre. Fue el más grande alzado que ha parido la tierra de los dragos».

Bentor. No quiso perder la libertad. Por eso se arrojó al vacío desde el Risco de Tigayga.

Hernández Fuentes nos presenta al hijo de Bencomo desnudo, atlético, en mortal vuelo sobre el Valle de Taoro y al fondo la firmeza del Padre Teide. Y por encima una ábepa y un banot, quebrados de tanto luchar.

Tanúsú. Dice Abreu y Galindo del líder palmero o beneahorita lo siguiente: «...El cual, viéndose cautivo y ser enviado a España, con el coraje enfermó y se dejó morir sin querer comer cosa ninguna (...)».

En el barco que lo trasladaba a España, Tanúsú encadenado, lejos de su bella y amada Patria, no cesó de repetir «Vacaguré, Vacaguré... Quiero morir».

Francisco Hernández captó a Tanúsú en medio del Vacaguré. Lo representó sin ropas, sentado

en la bodega del barco con dos rostros: uno desesperado con las manos cubriéndose la cara; y el otro, el de la nostalgia y el recuerdo, mirando hacia atrás, recordando las montañas azules de La Palma.

La memoria colectiva de nuestro pueblo, tantas veces amordazada, no ha olvidado el hondo compromiso de sus antiguos héroes. Por tradición se conoce el emplazamiento de las cuevas de los menceyes guanches. Y Benigno Carballo Wangüemert en su obra *Las Afortunadas*, editada el año 1862, habla de los pastores que encontró en su excursión a La Caldera de Taburiente, quienes, a golpe del profundo tambor, cantaron los romances —en la segunda mitad del siglo pasado!— de Tanúsú y Bencomo. También Francisco Hernández Fuentes, con su pintura y su portentosa imaginación, ha contribuido gratamente a ensanchar el camino de la memoria histórica del pueblo canario.

Estamos ante la obra de un pintor de ideas que surgen del conocimiento del entorno natural y del análisis de las parcelas del contexto socio-cultural que le han interesado. Su cuadro del molino raya en elocuencia. Aparece un hombre que se mueve a sí mismo. Simboliza a los canarios que han sido incapaces de romper las cadenas de la rutina, de la monotonía, girando sin más al son que suena, dando vueltas como auténticos reberques, carentes de la más mínima reflexividad, auténticos «bailajuanillos» de la primera machangada que aparece por el horizonte.

Francisco Hernández Fuentes parte, con orgullo patrio, de lo concreto, de lo próximo, de lo que es nuestro, para ofrecer ideas de proyección universal: el valor, la dignidad, el respeto a la naturaleza... Con frecuencia recurre a elementos de la naturaleza primitiva: dragos, palmeras, cardones, canarios... Y lo hace para dar mayor fuerza y profundidad al mensaje que quiere transmitirnos. Se trata, en ocasiones, de una protesta manifiesta contra la destrucción medio-ambiental, cada vez más asustosa, en un país en el que cada año se celebra un festival de cine ecológico millonario que no ha servido absolutamente para nada, ni siquiera para mantener limpios los barrancos; ni para evitar que los niños sigan atornillando a los lagartos que pululan entre bloques de hormigón. Su pintura es un grito dirigido a lograr la difícil conciliación entre la bestia humana y la naturaleza. Son varios los cuadros que responden a dicha circunstancia: La mujer con cabellera de canaria, el hombre con cabellera de cardones, la mujer palmera, la mujer dragón, el hombre dragón... Este último es presentado en actitud desafiante, brotando de la tierra, con los brazos extendidos hacia el cielo y emitiendo un gemido ensordecedor.

La obra de Francisco Hernández Fuentes es esencialmente eso: un fecundo grito de Nación que se resiste a doblegarse. ■

(*Texto leído en la inauguración de la exposición del pintor Francisco Hernández Fuentes, La Octava, 2-XI-93).



La muestra constituyó un notable éxito de público



Paco Hernández expone en noviembre en La Orotava

Francisco Hernández, expuso sus pinturas mitológicas en Icod

El pasado 28 de Agosto el artista realejero Francisco Hernández expuso en el Centro Cultural Icodense una parte de su amplia labor artística de los últimos años que se recogía bajo el epígrafe de "Desde la Raíz de la Tierra".

Tras doce años ausente del panorama artístico canario, el artista realejero exhibió esta muestra pocos meses después de haber expuesto su obra en la Sala de Arte Sara de Güímar, ambas muestras constituyeron un éxito de crítica y de público.

La exposición colgada por

Paco Hernández en Icod de Los Vinos englobó composiciones pictóricas centradas exclusivamente en una temática canaria y sus cuadros evidencian una descomposición de las formas en favor exclusivo de la expresividad según indicó el propio pintor.

"Bencomo", "Bentor", "La sombra del Mencey" o "Cántico a La Gomera" son algunos de los títulos de sus obras donde el simbolismo cobra una importancia preponderante. Paco Hernández manifiesta una predilección por la mitología guanche. En este senti-

do el artista Erik Cichosz manifiesta que enfrentarse a la pintura de Francisco Hernández es encontrar en nuestro interior las fuentes genéticas que nos sostienen; es involucrarse en la magia de nuestra tierra. La violencia de un pasado oscuro. El recrear la historia que muchos desean olvidar. El comprender, amar, aún más, esta tierra áspera y quemada...sacar adelante esa insularidad que llevamos clavada en el alma...Paco nos envuelve en una vorágine de mitología, la que todos llevamos dentro.

Francisco Hernández, pintor

riales naturales como la cochimilla y la sangre de drago, sin despreciar por esta razón los acrílicos.

En su anterior Muestra inaugurada en Güímar, Paco Hernández dejó constancia no sólo de su trabajo en el campo técnico, sino que también, en lo que se refiere a la variedad de su temática, aunque como el mismo puntualizó en declaraciones efectuadas al periódico "El Día", "siempre me gusta dejar ver mi interés por la tierra en que vivo, de ahí mi elección por motivos cercanos a mi propia historia y a la de mi pueblo.

En noviembre expondrá en La Palma y La Orotava

autodidacta ha realizado a lo largo de su carrera artística un interesante trabajo de investigación en lo que se refiere a la utilización de nuevas técnicas aplicadas a la creación plástica. En este sentido ha utilizado en sus creaciones mate-



ARTE Y CULTURA



Domingo Vega continúa sorprendiendo con sus creaciones.

Domingo Vega muestra sus últimas creaciones en Artecruz

La exposición estará abierta hasta los primeros días de Enero

Desde el pasado viernes 17 de Diciembre el artista realejero Domingo Vega expone en la Sala Artecruz obras de reciente creación en una muestra que fue presentada por el consejero de Cultura del Cabildo Insular de Tenerife, Marcos Brito.

La trayectoria de Domingo Vega es ya dilatada y está señalada por múltiples exposiciones colectivas e individuales, desde finales de los años setenta: Entre las últimas pueden señalarse las celebradas en el círculo de Bellas Artes de Santa Cruz, Caja San Fernando de Sevilla y la Galería Montserrat de Nueva York. La pintura de Do-

mingo Vega se caracteriza por una técnica figurativa que envuelve la línea del dibujo, con sutiles colores de tonos intensos y expresión sincera. La crítica ha indicado que la atenta y penetrante observación de Domingo Vega, apoyada en una imaginación descriptiva precisa, es la base de la estructura de la obra, indiscutiblemente es un virtuoso del dibujo y desde el dibujo su experimentación se ha proyectado en la pintura. Su estilo suelto, aunque cuidadoso, sobre fondo monocromático, es plenamente identitario. Una profunda sensualidad recorre la atmósfera de sus lienzos, como atestiguan, in-

cluso, los títulos de los mismos: Juegos Florales, Atlante, Una Sibilia o Bruja del Carnaval.

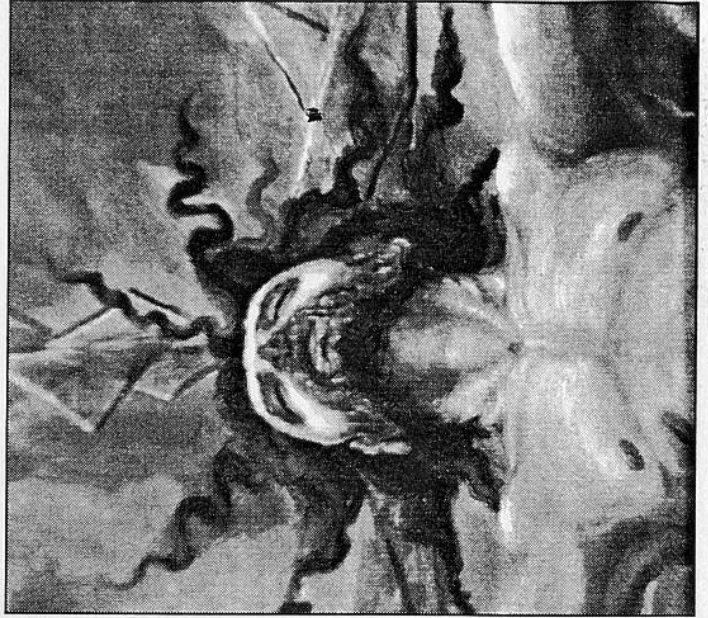


Paco Hernández en Arte 93

El pintor realejero Francisco Hernández continúa abriéndose camino en el difícil mundo del arte. Después de un paréntesis de diez años, Francisco Hernández parece despertar y lleva un año plagado de exposiciones en Gifur, Icod de los Vinos, La Orotava, La Palma y ahora junto a otros integrantes de la Agrupación Cultural de Pintores y Artistas Canarios en La Laguna en colaboración con el Ayuntamiento de la ciudad de Agüere. Francisco Hernández recuperando la línea que llevaba encaminada a ensalzar los valores de nuestras gentes, desde la época

en la que desde riscos y cuevas trataba de encontrar un mundo que parecía perdido, hasta su actual consciencia en la que el paso de los cabreros, el encuentro con los ceramistas y la visión de la realidad de su entorno, le hacen descubrir que su mundo artístico no es un mundo embalsamado. Sigue vivo proyectándose en multitud de direcciones cargadas todas ellas de esa inspiración tan peculiar en este pintor.

Conocedor de su historia, se sirve de ella para temas como "Ico", "Bencomo", "Adargoma" y "Doramas".



Paco Hernández expone en varias salas de La Laguna.

Artec 3D
scanners

Artec **Eva**

Escáner 3D manual rápido, sencillo y versátil



El escáner Artec Eva 3D es similar a una cámara de vídeo que captura imágenes en 3D. El escáner captura hasta 16 fotogramas por segundo. Estos fotogramas son alineados de manera automática en tiempo real, lo que hace que el escaneo sea fácil y rápido. Esto es especialmente importante en la creación de efectos especiales y la investigación médica y biomecánica. Debido a su alta calidad, los modelos texturizados de Eva son idóneos para industrias tales como efectos especiales, ciencias forenses y la medicina.

Ligero y fácil de transportar

Artec Eva pesa 850 gr. lo que lo convierte en fácilmente manejable. Este escáner manual es muy útil para exteriores, ya que puede ser conectado a una batería y no se ve afectado por la luz solar.

Alta velocidad y precisión

Podrá escanear de manera rápida y precisa, ya que el Artec Eva tiene una velocidad de adquisición de datos de 2 millones de puntos por segundo.

Gran precisión de los escaneos

Con una precisión de los puntos 3D de hasta 0.1 mm, Artec Eva crea una geometría precisa del objeto escaneado.

Alta resolución de textura

El Artec Eva captura los objetos rápidamente, en alta resolución con colores luminosos. La adición de color facilita la reconstrucción de la forma 3D.

Alta resolución 3D

La resolución de 0.5 mm permite capturar incluso objetos grandes con un detalle muy pequeño.

Versatilidad de uso

Los escáneres Artec son utilizados en múltiples industrias de distintos sectores, como por ejemplo automoción, patrimonio cultural, diseño, programación, ciencias forenses, educación, ingeniería inversa, arquitectura o control de calidad. Estas empresas son algunas de las industrias donde la tecnología de Artec se hace indispensable.



www.aequipos3d.com

www.aquateknica.com

Artec **Eva**

Requisitos Hardware y Dimensiones

Requisitos mínimos del ordenador
Windows 7 o Windows 8 - x64
Procesador recomendado I5 o I7, 8-12 Gb RAM,
NVIDIA GeForce 400 series

Calibración
No es necesario equipamiento especial

Dimensiones
281.5 x 158.2 x 83.7 mm

Peso
0.85 Kg.

Consumo
12V, 48W

Interface
1 x USB 2.0, compatible con USB 3.0

Especificaciones Técnicas

Capacidad para capturar textura
Sí

Resolución 3D
Hasta 0.5 mm

Precisión 3D de los puntos
0.1 mm

Precisión 3D respecto a la distancia
Hasta 0.03 % cada 100 cm

Resolución de la textura
1.3 mp

Colores
24 bpp

Fuente de luz
Foco de luz (no láser)

Distancia de trabajo
0.4–1 m

Área de escaneo en el rango más cercano
214 x 148 mm

Área de escaneo en el rango más lejano
538 x 371 mm

Campo de vista angular, Alt x Anch
30 x 21°

Rango de fotografías de vídeo
Hasta 15 FPS

Tiempo de exposición
0.0002 s

Velocidad de adquisición de datos.
Hasta 2 000 000 puntos/s

Procesador Multi-core
Sí

Resultado

Formatos de salida
OBJ, PLY, WRL, STL, AOP, ASCII,
PTX, E57, XYZRGB

Formatos de salida para las medidas
CSV, DXF, XML

Capacidad de procesamiento
40 000 000 triángulos
1GB RAM

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO Y CERTIFICADO

ITA AQUATEKNICA SA

Instrumentación para laboratorio y control de calidad



C/Jordi de Sant Jordi, 8 acc. C.P. 46022 Valencia (España)

Tel. +34 98 330 20 13 - Fax+34 93 330 0398

E-mail: equateknica@equateknica.com



SHINING3D Scanning Technology, la nueva generación de escáneres 3D de escritorio

EinScan-SE & EinScan-SP

Escaneado 3D versátil, fácil, rápido y con alto detalle

Especificaciones Técnicas

Modelo	EinScan-SE		EinScan-SP	
Modo de escaneado	Fixed scan	Auto Scan	Fixed scan	Auto Scan
Modo de alineamiento	-Automático por geometría	-Mesa giratoria	-Automático por geometría; -Con dianas	-Mesa giratoria; -Con dianas en pieza; -Con dianas en mesa giratoria
Precisión de captura	≤0.1 mm		≤0.05 mm	
Volumen mínimo de escaneado	30 × 30 × 30 mm		30 × 30 × 30 mm	
Volumen máximo de escaneado	700×700×700mm	200×200×200mm	1200×1200×1200mm	200×200×200mm
Rango de captura	200 × 150 mm		200 × 150 mm	
Velocidad de escaneado	<8 s	<2 mins	<4 s	<1 min
Distancia de puntos	0.17 mm ~ 0.2 mm		0.17 mm ~ 0.2 mm	
Textura	Sí		Sí	
Formatos de archivo	OBJ, STL, ASC, PLY		OBJ, STL, ASC, PLY	
Resolución de cámara	1.3 Mega Pixels		1.3 Mega Pixels	
Fuente de luz	Luz blanca		Luz blanca	
Distancia de trabajo	290 ~ 480 mm		290 ~ 480 mm	
Requisitos del ordenador	Tarjeta gráfica	Serie Nvidia Memoria gráfica >1G	Serie Nvidia (GTX 660 o superior) Memoria gráfica >2G	
	Interfaz	1 × USB 2.0 or 3.0	1 × USB 2.0 or 3.0	
	Windows	Win7, Win8, Win10 (64 bit)	Win7, Win8, Win10 (64 bit)	
	CPU	Dual-Core i5 o superior	Dual-Core i5 o superior	
	RAM	>8 G	>16 G	
Peso (sin caja)	2.5 kg		4.2 kg	
Peso (con caja)	4.9 kg		7.0 kg	
Dimensiones	570 × 210 × 210 mm		570 × 210 × 210mm	
Alimentación	50 w		50 w	
Voltaje de entrada	DC: 12 v, 3.33 A		DC: 12 v, 3.33 A	
Base de calibración	Standard		HD	
Mesa giratoria	Standard		Mesa giratoria con marcadores	
Capacidad de la mesa	5 kg		5 kg	



GRUPO SICNOVA

GRUPO SICNOVA

Centro de Innovación, Campus Científico-Tecnológico de Linares

Ronda Sur, s/n. Linares (Jaén) 23700

Tel: +34 953 888 089

Email: info@gruposicnova.com



www.gruposicnova.com



www.einscan.com www.shining3d.com

■ Cámara digital Nikon D3200

Tipo	
Tipo	Cámara digital réflex de objetivo único
Montura del objetivo	Montura F Nikon (con contactos AF)
Ángulo de visión efectivo	Aprox. $\times 1,5$ de distancia focal (formato equivalente 35 mm); formato DX Nikon
Píxeles efectivos	
Píxeles efectivos	24,2 millones
Sensor de imagen	
Sensor de imagen	Sensor CMOS de 23,2 \times 15,4 mm
Píxeles totales	24,7 millones
Sistema de reducción del polvo	Limpieza del sensor de imagen, datos de referencia reducción del polvo (requiere del software opcional Capture NX 2)
Almacenamiento	
Tamaño de imagen (píxeles)	<ul style="list-style-type: none"> • 6.016 \times 4.000 (Grande) • 4.512 \times 3.000 (Medio) • 3.008 \times 2.000 (Pequeño)
Formato de archivo	<ul style="list-style-type: none"> • NEF (RAW): 12 bits, comprimido • JPEG: En conformidad con JPEG-Baseline con compresión buena (aprox. 1 : 4), normal (aprox. 1 : 8), o básica (aprox. 1 : 16) • NEF (RAW)+JPEG: Cada fotografía se graba en los formatos NEF (RAW) y JPEG
Sistema Picture Control	Estándar, neutro, vívido, monocromo, retrato, paisaje; el Picture Control seleccionado puede ser modificado
Medios	Tarjetas de memoria SD (Secure Digital) y UHS-I compatibles con SDHC y SDXC
Sistema de archivos	DCF (Design Rule for Camera File System) 2.0, DPOF (Digital Print Order Format), Exif (Exchangeable Image File Format for Digital Still Cameras) 2.3, PictBridge
Visor	
Visor	Visor réflex de objetivo único con pentaespejo de nivel ocular
Cobertura del encuadre	Aprox. 95 % horizontal y 95 % vertical
Ampliación	Aprox. 0,8 \times (objetivo 50 mm f/1.4 en el infinito, $-1,0 \text{ m}^{-1}$)
Punto de mira	18 mm ($-1,0 \text{ m}^{-1}$; desde el centro de la superficie de la lente del ocular del visor)
Ajuste dióptrico	$-1,7 - +0,5 \text{ m}^{-1}$
Pantalla de enfoque	Pantalla BriteView Clear Matte Mark VII de tipo B
Espejo réflex	Retorno rápido
Diafragma del objetivo	Retorno instantáneo, controlado electrónicamente

Objetivo	
Objetivos compatibles	Autofoco está disponible con objetivos AF-S y AF-I. Autofoco no está disponible con otros objetivos de tipo G y D, objetivos AF (IX NIKKOR y objetivos para F3AF no compatibles) y objetivos AI-P. Se pueden utilizar objetivos sin CPU en el modo M , aunque la medición de exposición de la cámara no funcionará. Podrá utilizar el telémetro electrónico con objetivos que tengan un diafragma máximo de f/5.6 o superior.
Obturador	
Tipo	Obturador de plano focal de desplazamiento vertical controlado electrónicamente
Velocidad	1/4.000 – 30 seg. en pasos de 1/3 EV; Bulb; Time (requiere del control remoto opcional ML-L3)
Velocidad de sincronización del flash	X = 1/200 seg.; sincroniza con el obturador a 1/200 seg. o más lento
Disparo	
Modo de disparo	[S] (fotograma a fotograma), [C] (continuo), [A] (disparador automático), [B] 2s (disparo retardado remoto), [Q] (remoto respuesta rápida), [S] (obturador silencioso)
Velocidad de avance del fotograma	Hasta un máximo de 4 fps (enfoque manual, modo M o S , velocidad de obturación 1/250 seg. o más rápida, y otros ajustes bajo los valores predeterminados)
Disparador automático	2 seg., 5 seg., 10 seg., 20 seg.; 1–9 exposiciones
Exposición	
Medición	Medición de exposición TTL mediante el sensor RGB de 420 píxeles
Método de medición	<ul style="list-style-type: none"> • Medición matricial: Medición matricial en color 3D II (objetivos de tipo G y D); medición matricial en color II (otros objetivos con CPU) • Medición ponderada central: Ponderación del 75 % dada en un círculo de 8-mm en el centro del fotograma • Medición puntual: Mide un círculo de 3,5-mm (aproximadamente el 2,5 % del encuadre) centrado en el punto de enfoque seleccionado
Rango (ISO 100, objetivo f/1.4, 20°C)	<ul style="list-style-type: none"> • Medición matricial o ponderada central: 0–20 EV • Medición puntual: 2–20 EV
Acoplamiento del exposímetro	CPU
Modo	Modos automáticos ([A] automático; [A] automático (flash apagado)); modos de escena ([P] retrato; [L] paisaje; [K] niño; [S] deportes; [M] macro; [N] retrato nocturno); automático programado con programa flexible (P); automático con prioridad a la obturación (S); automático con prioridad al diafragma (A); manual (M)
Compensación de exposición	–5 – +5 EV en incrementos de 1/3 EV
Bloqueo de la exposición	Bloqueo de la luminosidad en el valor detectado con el botón $\frac{AE-L}{AF-L}$ (O-M)
Sensibilidad ISO (Índice de exposición recomendado)	ISO 100 – 6400 en pasos de 1 EV; también puede ajustarse a aprox. 1 EV por encima de ISO 6400 (ISO 12800 equivalente); control automático de sensibilidad ISO disponible
D-Lighting activo	Activado, desactivado

Enfoque	
Autofoco	Modulo de sensor de autofocus Nikon Multi-CAM 1000 con detección de fase TTL, 11 puntos de enfoque (incluyendo un sensor de tipo cruce), y luz de ayuda de AF (alcance aprox. 0,5–3 m)
Intervalo de detección	–1 – +19 EV (ISO 100, 20 °C)
Servo del objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Autofoco (AF): AF servo único (AF-S); AF servo continuo (AF-C); selección automática AF-S/AF-C (AF-A); seguimiento predictivo del enfoque activado automáticamente en conformidad con el estado del sujeto • Enfoque manual (MF): Podrá utilizar el telémetro electrónico
Punto de enfoque	Puede seleccionarse de entre 11 puntos de enfoque
Modo de zona AF	AF de punto único, AF de zona dinámica, AF de zona automática, seguimiento 3D (11 pts.)
Bloqueo de enfoque	El enfoque se bloquea pulsando el disparador hasta la mitad (AF de servo único) o pulsando el botón  (O-n)
Flash	
Flash incorporado	 : Flash automático con elevación automática P, S, A, M: Elevación manual con disparador
Número de guía	Aprox. 12, 13 con flash manual (m, ISO 100, 20 °C)
Control de flash	TTL: Control de flash i-TTL usando un sensor RGB de 420 píxeles disponible con el flash incorporado y SB-910, SB-900, SB-800, SB-700, SB-600 o SB-400; Flash de relleno equilibrado i-TTL para SLR digital utilizado con la medición matricial o ponderada central, flash i-TTL estándar para SLR digital con medición puntual
Modo de flash	Automático, automático con reducción de ojos rojos, sincronización lenta automática, sincronización lenta automática con reducción de ojos rojos, flash de relleno, reducción de ojos rojos, sincronización lenta, sincronización lenta con reducción de ojos rojos, cortinilla trasera con sincronización lenta, sincronización a la cortinilla trasera, desactivado
Compensación de flash	–3 – +1 EV en incrementos de $\frac{1}{3}$ EV
Indicador de flash listo	Se ilumina al cargarse completamente el flash incorporado o el flash opcional; parpadea tras dispararse el flash a máxima potencia
Zapata de accesorios	Zapata de accesorios ISO 518 con sincronización y datos de contacto y bloqueo de seguridad
Sistema de Iluminación Creativa (CLS) de Nikon	Iluminación inalámbrica avanzada compatible con SB-910, SB-900, SB-800, o SB-700 como flash maestro, o SU-800 como controlador; Comunicación de la información del color del flash compatible con todos los flashes compatibles con CLS
Terminal de sincronización	Adaptador de terminal de sincronización AS-15 (disponible por separado)
Balance de blancos	
Balance de blancos	Automático, incandescente, fluorescente (7 tipos), luz del sol directa, flash, nublado, sombras, preajuste manual, todos excepto preajuste manual con ajuste de precisión.

Live view	
Servo del objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Autofoco (AF): AF de servo único (AF-S); AF servo permanente (AF-F) • Enfoque manual (MF)
Modo de zona AF	AF prioridad rostro, AF panorámico, AF de área normal, AF seguimiento sujeto
Autofoco	Detecta el contraste AF en cualquier zona del encuadre (la cámara selecciona el punto de enfoque automáticamente al seleccionar AF con prioridad al rostro o AF seguimiento de sujeto)
Selección automática de escena	Disponible en los modos  y 
Vídeo	
Medición	Medición de exposición TTL mediante el sensor de imagen principal
Método de medición	Matricial
Tamaño de fotograma (píxeles) y velocidad de grabación	<ul style="list-style-type: none"> • 1.920 × 1.080, 30p (progresivo)/25p/24p, ★ alto/normal • 1.280 × 720, 60p/50p, ★ alto/normal • 640 × 424, 30p/25p, ★ alto/normal Velocidades de grabación de 30p (velocidad de grabación real 29,97 fps) y 60p (velocidad de grabación real 59,94 fps) disponibles al seleccionar NTSC para el modo vídeo. 25p y 50p disponibles al seleccionar PAL para el modo vídeo. La velocidad de grabación real al seleccionar 24p es 23,976 fps.
Formato de archivo	MOV
Compresión de vídeo	Codificación de vídeo avanzada H.264/MPEG-4
Formato de grabación de audio	PCM lineal
Dispositivo de grabación de audio	Micrófono estéreo integrado monoaural o externo; sensibilidad ajustable
Sensibilidad ISO	ISO 200–6400; también puede ajustarse a aprox. 1 EV por encima de ISO 6400 (ISO 12800 equivalente)
Pantalla	
Pantalla	7,5 cm (3-pulg.), aprox. 921 k-puntos (VGA) LCD TFT con ángulo de visión de 160°, aprox. 100 % de la cobertura del fotograma, y ajuste de brillo
Reproducción	
Reproducción	Reproducción a pantalla completa y miniaturas (4, 9 o 72 imágenes o calendario) con zoom de reproducción, reproducción de vídeos, foto y/o pases de vídeos, visualización de histogramas, altas luces, rotación automática de imagen y comentarios de imagen (hasta un máximo de 36 caracteres)
Interfaz	
USB	USB de alta velocidad
Salida de vídeo	NTSC, PAL
Salida HDMI	Conector HDMI con mini clavija de tipo C
Terminal de accesorios	Cable de control remoto: MC-DC2 (disponible por separado) Unidad GPS: GP-1 (disponible por separado)
Entrada de audio	Jack de mini clavija estéreo (diámetro de 3,5 mm)

Idiomas admitidos	
Idiomas admitidos	Árabe, chino (simplificado y tradicional), checo, danés, holandés, inglés, finés, francés, alemán, griego, hindi, húngaro, indonesio, italiano, japonés, coreano, noruego, polaco, portugués (Portugal y Brasil), rumano, ruso, español, sueco, thai, turco, ucraniano
Fuente de alimentación	
Batería	Una batería recargable de ion de litio EN-EL14
Adaptador de CA	Adaptador de CA EH-5b; necesita un conector a la red eléctrica EP-5A (disponible por separado)
Rosca para el trípode	
Rosca para el trípode	1/4 pul. (ISO 1222)
Dimensiones/peso	
Dimensiones (an. × al. × pr.)	Aprox. 125 × 96 × 76,5 mm
Peso	Aprox. 505 g con batería y tarjeta de memoria aunque sin la tapa del cuerpo; aprox. 455 g (únicamente el cuerpo de la cámara)
Entorno operativo	
Temperatura	0–40 °C
Humedad	Inferior al 85 % (sin condensación)