

## Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital

### Methodology for 3D documentation using digital photogrammetry

Badwin Arévalo Vera<sup>1</sup>, Eduar Bayona Ibáñez<sup>2</sup>, Isbelia Karina Rincón Parada<sup>3</sup>

**Fecha de recepción:** 2 de octubre de 2014

**Fecha de aceptación:** 18 de agosto de 2015

**Cómo citar:** Arévalo Vera, B., Bayona Ibáñez, E., & Rincón Parada, I. K. (2015). Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital. *Revista Tecnura*, 19, 113-120. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a09

#### Resumen

El presente artículo utiliza la metodología de documentación 3D empleando software especializado en fotogrametría digital de rango corto, el cual permite generar un modelo 3D texturizado realista; este modelo se obtiene a partir de un conjunto de imágenes que brindan la información necesaria para que el volumen y profundidades del objeto sean representados como una nube de puntos, que posteriormente serán convertidos en una malla y esta será revestida con una textura obtenida también a partir de las imágenes utilizadas. Este tipo de objetos permiten una fácil difusión y acceso, además de la generación de ortofotos, las cuales se utilizan para realizar mediciones confiables del objeto tratado.

**Palabras clave:** fotogrametría digital, modelos 3D, ortofotos, patrimonio.

#### Abstract

This article shows a methodology of 3D documentation using software specialized in close-range Digital Photogrammetry, which allows generating a realistic 3D textured model, this model is obtained from a set of images that provide the necessary information for calculate the volume and depth of the object and represented them as a cloud of points, which will be subsequently converted in a mesh and coated with a texture obtained also from the images used. This type of objects allows an easy dissemination and access, as well as the generation of orthophotos, which are used to make reliable measurements of the treated object.

**Keywords:** 3D Models, Digital Photogrammetry, Orthophoto, Patrimony.

<sup>1</sup> Ingeniero de sistemas, especialista en práctica docente universitaria. Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña, Colombia. Contacto: barevalov@ufpso.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero de sistemas, especialista en auditoría de sistemas. Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña, Colombia. Contacto: ebayonai@ufpso.edu.co

<sup>3</sup> Ingeniero de sistemas, magíster en entornos virtuales. Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña, Colombia. Contacto: ikrincomp@ufpso.edu.co

## INTRODUCCIÓN

Los modelos en 3D han permitido la interactividad entre objetos y personas, generando una relación que va mucho más allá de la visualización directa a una visualización virtual, la cual permite explorar y estudiar el objeto de interés (piezas patrimoniales, mapas, construcciones) sin alterarlo y sin que la perspectiva de la visión humana tienda a deformarlo.

La utilización de modelos 3D ha permitido realizar observaciones y estudios en diversas disciplinas, como en el caso de la fuente de la calle de los Cristos en Málaga, España, en donde utilizaron fotogrametría digital para analizar en profundidad detalles que a simple vista no se pueden reconocer. En este trabajo (Caro, 2012) se indica que los objetos obtenidos mediante fotogrametría digital se pueden incluir en diferentes documentos estándar como PDF accesibles a través de la web e incluso aplicables a sistemas de realidad aumentada, mas no sustituyen la tradicional documentación, pero sí aportan un grado más de percepción tanto del patrimonio mobiliario como inmobiliario.

Esta misma técnica fue aplicada en Malasia para analizar las malformaciones en la estructura del asfalto, con el fin de hacer estudio de los deterioros que sufren los pavimentos con el paso del tiempo, sin exponer a los investigadores a los peligros de la carretera; de esta manera los estudios se hacen en forma más fácil y sistemática. La fotogrametría es una alternativa a la inspección visual convencional de los distintos niveles de daños sufridos en los pavimentos (Beraldin, Guidi, Ciofi, & Atzeni, 2002) (Martínez, Ortiz, & Gil, 2013) (Torres Prada, Mendoza Priesseng, & Marin Riveros, 2011); así mismo, la utilización de esta técnica incluye exactitud, confiabilidad y menor duración en comparación con el método convencional (Liq, Mustaffar, & Hainin, 2012).

Continuando con la revisión de las investigaciones empíricas relacionadas con el tema, se encontró que se utilizó la fotogrametría para documentar construcciones vernáculas, lo que permitió establecer una metodología apropiada de

conservación, y estrategias de tratamiento en caso de encontrar deterioros en las fachadas (Akbaylar & Hamamcioglu-Turan, 2007).

De acuerdo con los estudios efectuados por la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ASPRS, la fotogrametría es el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información fidedigna de objetos físicos y su entorno mediante procedimientos de grabación, medida e interpretación de imágenes fotográficas; así mismo (Caro, 2012) indica que la fotogrametría es una técnica que permite hacer medidas 3D y obtener volúmenes a partir de fotografías. Esta técnica (la denominada fotogrametría aérea) ha sido tradicionalmente empleada en la creación de mapas y su correspondiente levantamiento en 3D usando modelos digitales del terreno; sin embargo, hoy día la capacidad de cálculo que tiene un computador y la mejora en los algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes digitales ha hecho posible que esta técnica se incorpore para la generación de modelos tridimensionales, la cual se denomina fotogrametría de alcance corto; esta técnica no posee medidas reales pero sí medidas relativas que pueden ser transformadas a medidas reales y proporciona un modelo de la realidad en forma de puntos y polígonos, que posteriormente se puede escalar para conseguir una malla completa (Mohr, Quan, & Veillon, 1995).

En este artículo se pretende exponer tanto la metodología de trabajo utilizada, así como la técnica de realización de la fotogrametría y de la ortofoto aplicada al conocimiento, documentación e intervención del patrimonio cultural.

## METODOLOGÍA

Cuando se hace una documentación 3D por medio de fotogrametría digital, lo recomendado es contar con un guion de trabajo y con equipos especializados como cámaras métricas, lentes específicos para las mismas, set de luces para contrarrestar posibles sombras muy marcadas, entre otros; para la elaboración de esta investigación se trabajó con

los parámetros estipulados por las reglas 3x3 expuestas por (Waldhausl & Ogleby, 1994). Estas reglas son las siguientes:

Tres (3) geométricas:

- Tomar varias distancias e identificar o materializar líneas aplomadas.
- Tome una foto cada 10° o cada 1/10 a 1/15 de la distancia.
- Mientras pueda, tome fotos normales al objeto.

Tres (3) fotográficas:

- Mantenga fijos los parámetros internos (no use zoom, mantenga el enfoque fijo o en infinito).
- Evite sombras duras, trate de buscar luz homogénea.
- Use una buena cámara. La foto es sagrada. No se edita ni se transforma o recorta.

Tres (3) organizativas:

- Planifique y haga croquis de su trabajo.
- Escriba lo que ha hecho y hágalo hoy (metadatos).
- Revise con cuidado cuanto haga antes de archivarlo.

## Preparación y toma de imágenes

Se realizó como prueba la documentación de una vasija artesanal, con el fin de obtener un modelo 3D completo con sus respectivas texturas y posteriormente la generación de ortofotos (Tabares, Fernández, & Ballesteros, 1999) que faciliten futuros estudios del objeto.

Para el caso particular de la documentación 3D de la vasija artesanal, se optó por utilizar un espacio exterior, el cual se adaptó de manera tal que permitiera la realización del trabajo; al estar en un espacio abierto se ha prescindido del set de luces y en su lugar se ha aprovechado la luz natural que brindaba el lugar; adicionalmente, la cámara rotó alrededor del objeto en vez de que este rote sobre su eje, con la finalidad de que el fondo sea variante y

se pudiera tener más información sobre el volumen del objeto con base en la profundidad del entorno; además ello permitiría detectar mayor cantidad de 'matches' o puntos en común entre fotografías, facilitando así la alineación de las mismas.

En la toma de fotografías se utilizó una cámara convencional, que pese a las limitaciones de configuración para la captura de imágenes adecuadas para la fotogrametría digital, brindó una aceptable profundidad de píxeles, resolución y óptica.

En total se utilizaron 100 imágenes para la generación del modelo final, siguiendo las recomendaciones de las reglas 3x3, que brindaron información del objeto desde la mayor cantidad de ángulos posibles, como se puede observar en la figura 1, en donde se presentan algunas de las fotografías utilizadas.



**Figura 1.** Muestra de fotografías usadas.

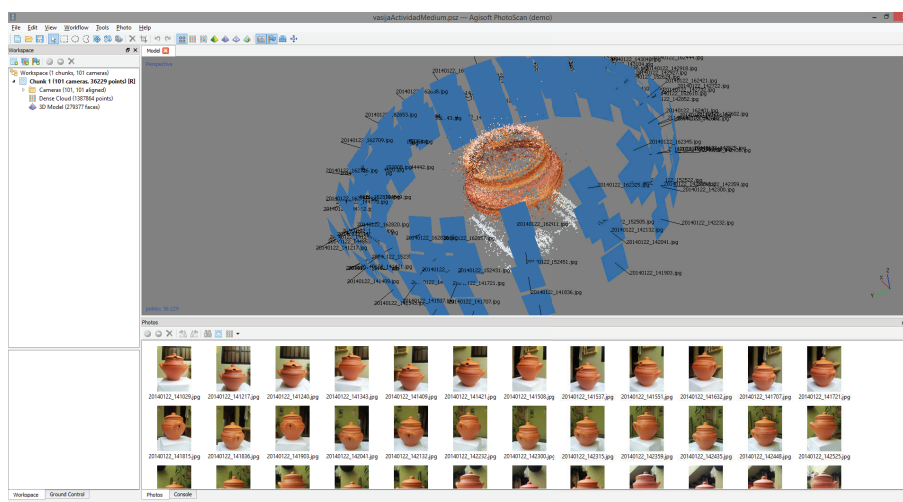
**Fuente:** elaboración propia

*Alineación de imágenes y nube de puntos.* Para la interpretación de las imágenes y la generación de los diversos elementos que permiten obtener el resultado final existen diversos paquetes

de software especializados, como Pix4D, VisualSFM, PPT GUI, 123D Catch, Photoscan, entre otros; en el caso de esta investigación se utilizó Agisoft Photoscan, la cual es una herramienta integral que permitió realizar cada uno de los pasos requeridos para el proceso fotogramétrico sin necesidad de utilizar otro software.

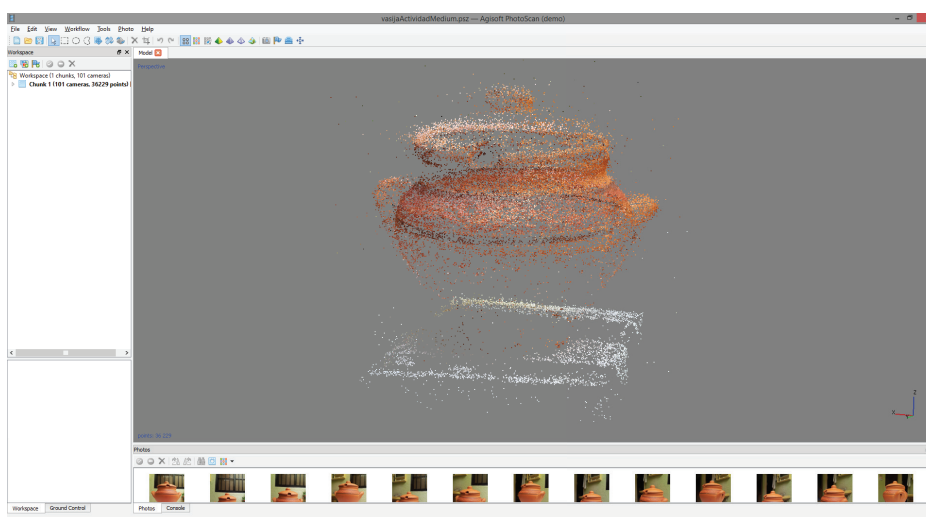
Una vez capturadas las imágenes, se ingresan a photoscan y se le indica al programa que detecte

los puntos en común que existen entre las imágenes y de esta manera las alinee. Los algoritmos usados para este fin descartan las imágenes que no logren coincidir con al menos una imagen más y genera una nube de puntos de baja densidad, como se muestra en la figura 2, que evidencia cómo han quedado finalmente alineadas las imágenes; así mismo, la figura 3 permite ver la nube de puntos de baja densidad.



**Figura 2.** Alineación de las fotografías.

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 3.** Nube de puntos de baja densidad.

**Fuente:** elaboración propia

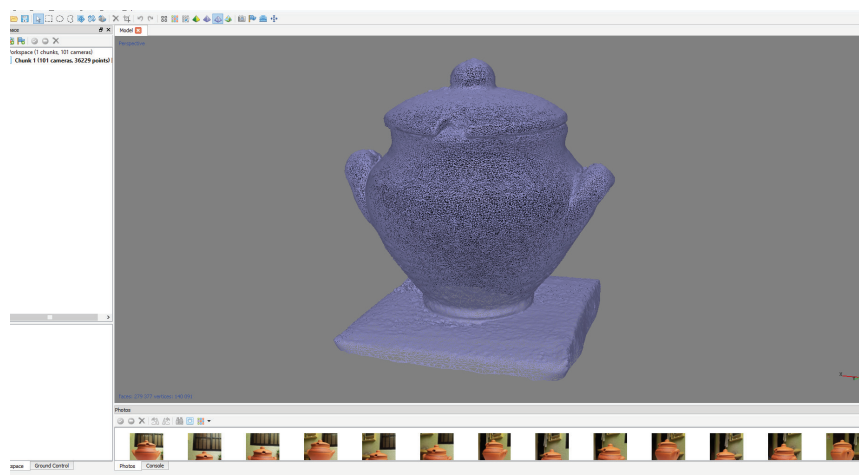
## Generación de nube de puntos densa

Antes de generar la nube de puntos densa se debe verificar que todas las imágenes estén correctamente alineadas; una vez efectuado este paso, se genera el cálculo de la nube densa, la cual da como resultado una pre-visualización del objeto con mucho mayor detalle que con la nube de baja densidad; para este caso de estudio, la representación de la vasija generó 1.387.864 puntos, como se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Nube de puntos densa.

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 5.** Malla generada para la vasija.

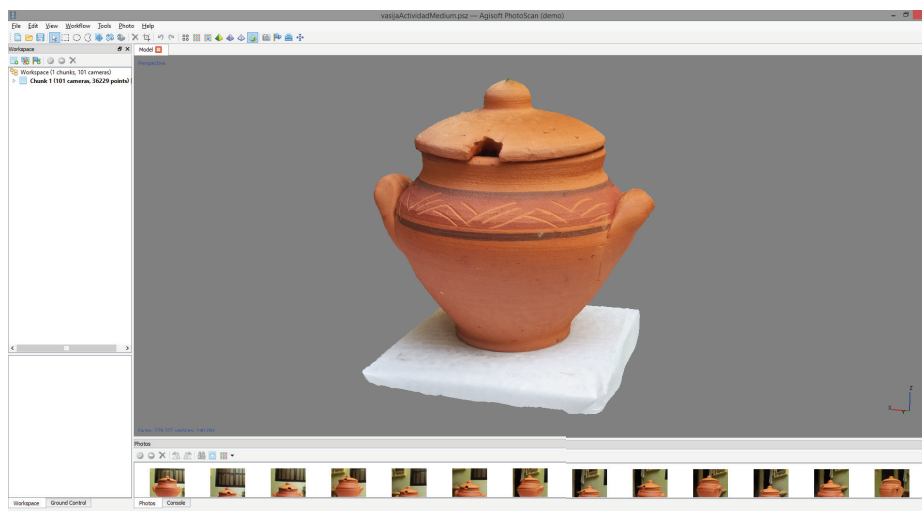
**Fuente:** elaboración propia



## Generación de texturas

En esta fase se generó una imagen de textura que se aplica al modelo por medio de un sistema de coordenadas; esta imagen está compuesta por la

proyección de las fotos alineadas en cada una de las caras del objeto; al ser tomadas directamente de las referencias fotográficas se imprime mayor realismo al modelo final con la textura aplicada, como se presenta en la figura 6.



**Figura 6.** Malla texturizada.

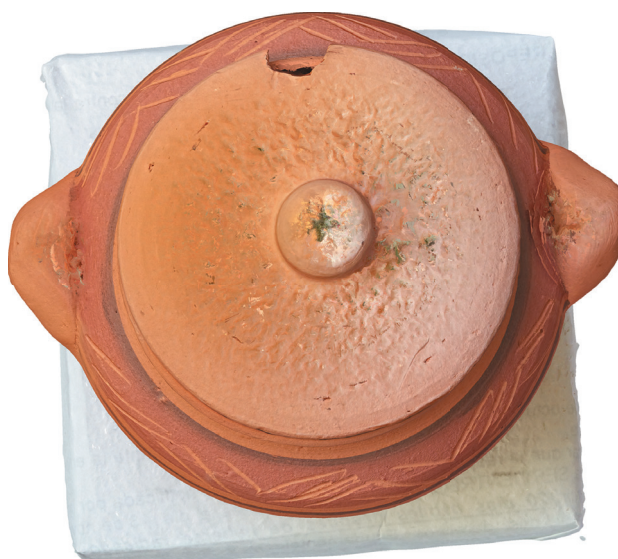
**Fuente:** elaboración propia

## Extracción de ortofoto

Partiendo del modelo 3D se pueden generar ortofotos, que son imágenes tomadas en vista ortogonal y no en perspectiva como comúnmente se observa en el entorno. Gracias a estas imágenes se pueden realizar estudios y medición más exacta, debido a que los objetos están representados sin las deformaciones que genera la vista perspectiva; un ejemplo de esto se presenta en la figura 7, la cual fue extraída del modelo generado para conocer la distancia existente entre las asas de la vasija.

## RESULTADOS

El resultado obtenido tras efectuar todos los pasos necesarios es un modelo 3D generado con gran similitud al real, que permite ser visualizado en 360 grados, como se muestra en la figura 8.



**Figura 7.** Ortofoto, vista cenital.

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 8.** Diversas vistas de la vasija generada.

**Fuente:** elaboración propia

## CONCLUSIONES

Para la documentación fotogramétrica, aunque es recomendable, no es estrictamente necesaria la utilización de equipos profesionales para la captura de imágenes; se pudo demostrar que con pocos recursos y un especial cuidado en el seguimiento de las reglas 3x3 es posible generar modelos 3D de calidad aceptable.

El uso de la fotogrametría digital permite la generación de objetos tridimensionales (3D) interactivos, los cuales brindan la posibilidad de manipularlos y estudiarlos, permaneciendo de este modo inalterado el objeto original.

La utilización de esta técnica posibilita una mayor difusión y fácil acceso a objetos de gran valor cultural o patrimonial. El uso de ortofotos nos permite observar y estudiar objetos anulando las deformaciones inherentes a un lente fotográfico, o al ojo humano.

## FINANCIACIÓN

Este proyecto fue financiado por la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; perteneciente al grupo de investigación GRUCITE y a la línea de desarrollo e implantación de plataformas informáticas y sistemas de visión por computador.

## REFERENCIAS

- Akbaylar, I., & Hamamcioglu-Turan, M. (octubre de 2007). *Documentation of a vernacular house with close-range digital photogrammetry*. Obtenido de: cipa.icomos.org: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/ATHENS/FP010.pdf>
- Beraldin, J., Guidi, G., Ciofi, S., & Atzeni, C. (2002). Improvement of metric accuracy of digital 3D models through digital photogrammetry. A case study: Donatello's Maddalena. *3D Data Processing Visualization and Transmission, 2002. Proceedings. First International Symposium on* (pp. 758-761). Ottawa: IEEE.
- Caro, J. (2012). Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística. *Congreso Turismo y Tecnologías de la información y las comunicaciones*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Liq, P., Mustaffar, M., & Hainin, M. (2012). Road surface assessment of pothole severity by close range digital photogrammetry method. *World Applied Sciences Journal*, 867-873.
- Martínez, S., Ortiz, J., y Gil, M. L. (2013). Aplicación de la fotogrametría digital automatizada para la documentación técnica de pavimentos históricos. Caso particular de Santiago de Compostela. *Spanish Journal of Rural Development*, IV (2), 131-144.
- Mohr, R., Quan, L., & Veillon, F. (1995). Relative 3D reconstruction using multiple uncalibrated images. *International Journal of Robotics Research*, 619-632.
- Tabares, G., Fernández, C., y Ballesteros, E. (1999). *La fotogrametría y la ortofoto: técnica y aplicación práctica al proyecto de investigación e intervención*

*del retablo mayor de la Capilla Real de Granada.*  
Madrid: Siglo XXI.

Torres Prada, A. C., Mendoza Priesseng, C. L., y Marin Riveros, N. E. (2011). Aplicación de la fotogrametría digital de rango cercano en un ensayo triaxial

para determinar los parámetros elásticos de una muestra de suelo. *Revista Epsilon* (17), 105-120.

Waldhausl, P., & Ogleby, C. (1994). Close Range Techniques and Machine Vision. *ISPRS Commission V Symposium*. Melbourne: CIPA Symposium.

