

Digitalización automática del patrimonio arqueológico a partir de fotogrametría

Pedro Ortiz Coder

Instituto de Arqueología de Mérida-CSIC. Mérida. España

Resumen

La documentación gráfica del patrimonio se ha visto modificada notablemente en los últimos años por la proliferación de nuevas técnicas. Láser escáner y fotogrametría moderna se dan la mano en pro de una documentación métrica y radiométricamente de calidad. En este documento trataremos de abordar un método fotogramétrico de sencilla aplicación mediante el cual se obtienen resultados de elevada precisión y fiabilidad. Importante es el hecho de desmarcar estos métodos fotogramétricos de otros menos precisos y basados exclusivamente en la visión computacional. Se mostrarán los resultados obtenidos utilizando la aplicación fotogramétrica 4e software a través de fotografías de un UAV (Unmanned Aerial Vehicles) sobre un yacimiento arqueológico en Extremadura.

Palabras Clave: DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO, FOTOGRAMETRÍA, UAV, DOCUMENTACIÓN ARQUEOLÓGICA.

Abstract

New techniques in graphical heritage documentation have been improving recently. Modern photogrammetry and laser scanner constitute techniques with a good quality for those purposes. In this document, we will explain an easy photogrammetric method which permits to obtain accurate results. It is important to separate it from other methods based on computer vision with less accuracy. 4e photogrammetry solution is applied in this test through pictures taken from UAV (Unmanned Aerial Vehicles) and used on an archaeological site in Extremadura.

Key words: HERITAGE DOCUMENTATION, PHOTOGRAMMETRY, UAV, ARCHAEOLOGY DOCUMENTATION.

1. Introducción

La fotogrametría nació de la necesidad de extraer información métrica de las imágenes y el desarrollo de esta ha estado siempre unida a la precisión. La naturaleza de las cámaras, la regularidad o nivel de perfección de las lentes, el conocimiento preciso de los parámetros internos de la cámara y el ajuste de haces por determinados métodos matemáticos, han sido factores absolutamente vitales para el desarrollo de la fotogrametría garantizando la precisión. Igualmente la posición de la cámara en la toma fotográfica respecto a las anteriores, ha venido siendo uno de los limitantes fotogramétricos, tan sólo solventado tras la era digital.

Hasta el momento, la tradición fotogramétrica no es totalmente automática y los intentos por conseguir una fotogrametría totalmente automática no han dado resultados óptimos en todos los campos de aplicación. De hecho determinados softwares comerciales de fotogrametría terrestre (por ejemplo: Photomodeller Scanner, Iwitness, Shapecapture) consiguen un alto grado de automatismo pero exigen la interacción con las imágenes en los siguientes puntos:

- Calibración de la cámara a partir del fotografiado de un patrón de calibración conocido.
- Orientación relativa de las imágenes eligiendo puntos comunes en las distintas fotografías. Esta fase puede automatizarse utilizando dianas conocidas, en el caso de Photomodeller. También existen otros métodos de ajuste de haces para distintas

imágenes sin necesidad de targets (HARTLEY y ZISSERMAN, 2004).

- Una vez orientadas las imágenes (orientación relativa), se procede a extraer las características del modelo a partir puntos, líneas y superficies. Este proceso ha sido normalmente manual, pero en muchas aplicaciones actuales, se ha creado la opción de ser o semi-manual o totalmente automático a través de la generación de una nube de puntos por cada punto homólogo hallado (ej. Photomodeller escáner o PhotoStruct).

- La orientación absoluta es un proceso manual prácticamente en todos los casos de fotogrametría terrestre, ya que tenemos que asignar coordenadas conocidas a puntos del modelo para poderlo georreferenciar y escalar. Este proceso no sería necesario si las coordenadas de la toma fuesen perfectamente conocidas. Algo que, en fotogrametría aérea, suele ser habitual.

Cada uno de los procesos descritos anteriormente, a pesar de tener un carácter general, varía para cada software comercial pudiendo incluir procesos notablemente diferentes a los planteados aquí de forma genérica.

1.2 Objetivos del proyecto 4e software

Esta aplicación fotogramétrica nace de un proyecto de investigación realizado por las empresas de Meditex [www.topografiameditex.es] y GAVLE; Documentación Gráfica del Patrimonio [www.gavle.es]. De la unión de ambas empresas nace este proyecto denominado 4e [www.4-e.es] que centra su actividad en la creación y desarrollo de software además de

realizar servicios de fotomodelado, levantamientos y realidad virtual.

El objetivo del software 4e ha sido construir una aplicación con principios fotogramétricos y que huya de los métodos de modelado basados en web o similares, que crean modelos 3d rápidos a baja resolución, visualmente atractivos pero con poca precisión. Tratamos entonces de conseguir una solución con un alto grado de automatismo pero precisa al mismo tiempo. De forma paralela y también como resultado de esta automatización, se pretende aumentar el uso de estas técnicas fotogramétricas a personal no especializado: para ello se ha diseñado un interface simple, intuitivo y fácil de manejar. Actualmente el software está ya a la venta.



Figura 1. Interface gráfico del software 4e.

Por otro lado, en este artículo tratamos de conseguir una perspectiva metodológica de captura métrica automática, precisa y no intrusiva para yacimientos arqueológicos. La aplicación contiene algunos algoritmos que no son propios (PIERROT DESEILLIGNY et al. 2006), (MATAS, 2002) y utiliza un visualizador y editor 3d denominado Cloudcompare [<http://www.danielgm.net/cc/>] que es software libre.

El Yacimiento arqueológico utilizado para esta prueba está situado a las afueras de Villalba de los Barros (Badajoz). Aunque, en este artículo, no entraremos en cuestiones interpretativas, sí no tan sólo trataremos sobre el método de captura.

2. Metodología.

2.1 Fundamentos teóricos de 4e.

La aplicación comercial fotogramétrica 4e permite realizar una nube de puntos fotorrealista con un alto nivel de automatización. Podemos destacar la alta precisión y resolución como características más notables, además del alto nivel de automatización de los procesos y, por tanto, la facilidad de uso.

El primer proceso que realiza 4e es la autocalibración. Esta permite utilizar las mismas imágenes del objeto escogido, así que no necesita imágenes especiales (patrones de calibración o similares) para calibrar: la calibración se realiza automáticamente identificando puntos comunes entre las imágenes a partir de operador definido por (MATAS, 2002) y utilizando los parámetros de Brown (BROWN, 1971).

El coste computacional es uno de los principales problemas de este tipo de aplicaciones fotogramétricas. Concretamente, en el proceso de identificación de puntos homólogos, 4e utiliza una aproximación piramidal a diferentes resoluciones y escalas con el fin de agilizar la identificación de puntos homólogos y asegurarse que estos son los correctos al verse reducido cada vez más, el área de posible encuentro. (HIRSCHMÜLLER, 2008).

Para cada conjunto de imágenes se elige una imagen principal y un conjunto de asociadas. Esta imagen principal funciona acotando el área de generación de nube de puntos de forma que sólo se generará una nube de puntos para la superficie que esté acotada por la imagen principal. Las imágenes asociadas serán las que se utilicen para la creación de los puntos objeto siendo, por tanto, condición principal que en las asociadas aparezca un porcentaje alto de recubrimiento con la imagen principal. Por tanto, para crear un modelo 3d completo de un objeto, se necesitarán múltiples imágenes principales y asociadas. Este proceso, en este ejemplo, se automatizó eligiendo una imagen principal y, las anteriores y posteriores, como asociadas. Esta secuencia se siguió hasta el final de todas imágenes.

Producto de esta correlación de imágenes se genera un mapa de profundidades por cada imagen principal elegida. La generación del mapa de profundidad es resultado de la proyección de cada punto 3d sobre el plano establecido en la imagen principal. El diseño original de 4e estaba basado en la utilización de estos mapas de profundidades para la elección de las zonas donde se generarán nube de puntos a través de imágenes denominadas máscaras. Pero estas máscaras automáticas no siempre tenían buen resultado ya que el límite de generación de puntos puede ser una elección muy personal y, con la utilización de máscaras automáticas para este proceso, el límite debía imponerse a una distancia d respecto al centro de proyección de la imagen principal. La solución general elegida para 4e pasa, por tanto, por crear una máscara manual con una aplicación para dibujar, programada y localizada dentro del interface de 4e. Esta máscara seleccionará el área de restitución 3d, pero podrá elegirse entre esta u otra que abarque toda la imagen o, incluso, una realizada desde un editor gráfico externo, con el fin de personalizar al máximo este proceso. Así se relegan la generación de mapas de profundidades a la proyección de puntos 3d en el espacio objeto.

2.2 Metodología del trabajo.

En términos prácticos se han utilizado 5 imágenes aéreas desde un UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), concretamente un octocóptero equipado con una cámara Réflex Canon 550D de 18 Megapíxeles. Las tomas han sido sensiblemente paralelas, aunque este tipo de tomas no son necesarias, siendo posibles utilizar tomas convergentes o divergentes sin problema alguno.

La calibración de la cámara se realizó con igualmente con 4e utilizando las mismas imágenes que las utilizadas en el modelado 3d. Este proceso es totalmente automático.

Posteriormente se procedió a extraer la nube de puntos eligiendo en el interface el fichero de calibración generado y nuevamente las imágenes a utilizar. Dado que el área de interés era la totalidad de la imagen principal, se optó por escoger la misma imagen principal como máscara. Esta opción viene definida en el interface como *modelar todo*. Así, una vez escogida la imagen principal y el resto como asociadas y la opción de modelar todo, el proceso es totalmente automático.

3. Resultados

El resultado que genera 4e es una nube de puntos con color fotorrealístico. Estos resultados pueden abrirse con cualquier editor o visor 3d. Nosotros utilizamos la aplicación Cloudcompare para su edición.

La precisión de este levantamiento es de 1cm (RSM) considerando que las tomas fueron realizadas a 30 metros de distancia del suelo. La nube de puntos creada consta de 14.100.000 puntos y en ella se pueden observar un gran número de detalles.

Con esta nube de puntos, se puede realizar innumerables operaciones y estudios métricos; ortofotos, secciones, planos, etc.

4. Conclusiones

La fotogrametría es una técnica que ha avanzado muchísimo en los últimos años, producto de las mejoras de las cámaras y de la implementación de nuevos métodos computacionales que permiten desarrollar acciones antes imposibles en un tiempo ínfimo.

La aplicación de la fotogrametría en el campo de la arqueología es una opción óptima dado el bajo coste de la técnica, la sencillez del proceso y la facilidad que supone para el arqueólogo poder actualizar el estado del yacimiento para distintas fases a través de fotografías y con carácter métrico. Actualmente unos de los principales problemas es la utilización de los UAV o vehículos no tripulados, ya que, aun habiendo modelos bastante sencillos de manejar y habiendo reducido el coste en los últimos años, los UAV continúan siendo máquinas bastante caras y delicadas de utilizar y mantener, cuyo uso se limita en días de viento, lluvia, etc.

Para evitar la utilización de UAV, en ocasiones se puede sustituir realizando un fotomosaico 3d con 4e software desde el suelo: esto es, avanzar haciendo fotos cenitales del yacimiento y procesarlas más tarde simulando una toma aérea en fotogrametría.

El esfuerzo en proyectos futuros pueden ir dirigidos para facilitar la facilidad de uso y democratización de los UAV, interrelación del software del levantamiento con el hardware (UAV) y con los elementos de edición 3d para arqueólogos en este mismo entorno.

Agradecimientos

Agradezco a la empresa TERA por su amabilidad y trato en el desarrollo del proyecto, así como a mis compañeros y colegas de la empresa 4-e y Meditex.

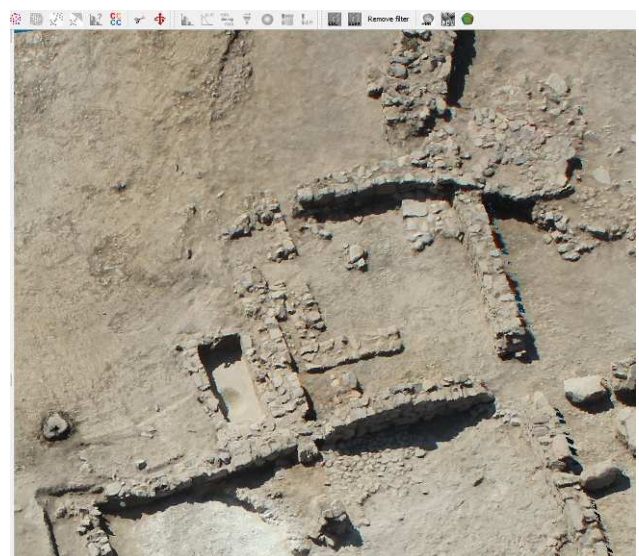
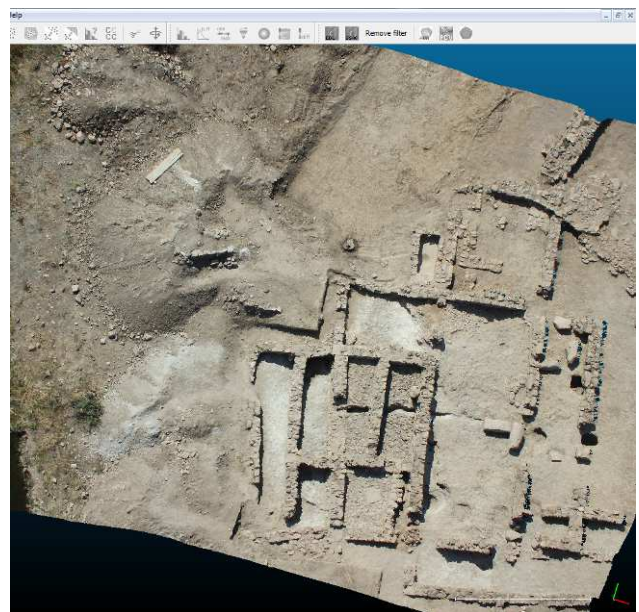
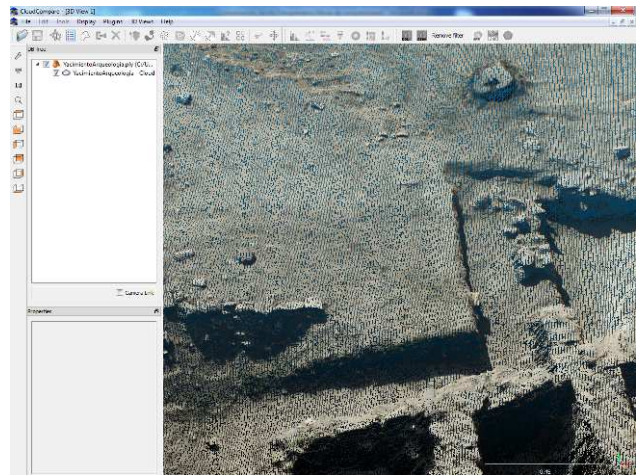


Figura 2, 3 y 4. Nube de puntos del yacimiento arqueológico. La nube de puntos es muy densa y el color es real (fotorrealístico), pudiéndose observar con precisión y calidad visual gran cantidad de detalles en 3d.



Bibliografía

- BROWN, D.C. (1971): "Close-range camera calibration", *Photogrammetric Engineering* 37(8), pp. 855-866.
- FURUKAWA Y. & PONCE J. (2009): "Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereo". IEEE Xplore - Pattern Analysis and Machine Intelligence.
- HARTLEY, R.I., & ZISSERMAN, A. (2004): *Multiple View Geometry*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- HIRSCHMÜLLER H. (2008): "Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information, TPAMI Pattern Analysis and Machine Intelligence", IEEE Vol. 2, pp. 328-341.
- NOCEDAL, J. y WRIGHT, S. J. (1999): *Numerical Optimization*. Springer Series in Operations Research. Springer-Verlag, New York, NY.
- MATAS J., CHUM O., URBA M., y PAJDLA T. (2002): "Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions", in *Proc. of British Machine Vision Conference*, pp. 384-396.
- PIERROT-DESEILLIGNY, M y PAPANODITIS, N. (2006): "A multiresolution and optimization-based image matching approach: An application to surface reconstruction from SPOT5-HRS stereo imagery". In *LAPRS vol XXXVI-1/W41 in ISPRS Workshop On Topographic Mapping From Space (With Special Emphasis on Small Satellites)*, Ankara, Turquie.
- SNAVELY N., STEVEN M., SEITZ, SZELISKI, R. (2006): "Photo tourism: Exploring photo collections in 3D," en *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Proceedings)*, 25(3), pp. 835-846.

Páginas Webs

4e Software Fotogrametría www.4-e.es

Láser escáner Faro Focus 3D http://www.faro.com/focus/es/?ext_cid=ef.an.pr.ls.es.mp.ls

Photofly-AutoDesk. http://labs.autodesk.com/utilities/photo_scene_editor/

PhotoScan <http://www.agisoft.ru/products/photoscan/>