



FOTOGRAMETRÍA AÉREA Y TERRESTRE PARA LA DOCUMENTACIÓN 3D DEL CASTILLO DE BARXELL (ALCOI, ALICANTE, ESPAÑA)

AERIAL AND GROUND PHOTOGRAMMETRY FOR 3D RECORDING OF THE BARXELL CASTLE (ALCOI, ALICANTE, SPAIN)

Natxo Segura^{a,*}, Enric A. Paredes^b, José David Busquier^c

^a El Tossal Cartografies, Alcoi, España. info@eltossaltopografia.com

^b Arquitecto freelance, Alcoi, España. enricparedes1@gmail.com

^c Abydos arqueologica S.L., Elda, España. info@abydosarqueologica.es

Abstract:

Photogrammetry is presented as an essential tool for the study of the Barxell Castle. This technic adapts to the conditions of high quality, speed and low cost, achieved by combining air and ground data collections with the use of a single camera, and avoiding optics with large angular. We have generated a three-dimensional homogeneous model from which are designed respective elevations of high quality and resolution that are of key importance for architectural and archaeological analysis.

Key words: aerial photogrammetry, data acquisition, cultural heritagerecording, medieval castle

Resumen:

La fotogrametría se presenta como una herramienta imprescindible para la aproximación al estudio del Castillo de Barxell. Se adapta a las condiciones de alta calidad, rapidez y coste reducido, conseguidas mediante la combinación de tomas aéreas y terrestres de datos con la utilización de una misma cámara fotográfica, y evitando ópticas con grandes angulares. El resultado, ha permitido generar un modelo tridimensional homogéneo a partir del cual se han concebido los respectivos alzados de gran calidad y resolución que han sido cruciales para los estudios arquitectónicos y arqueológicos.

Palabras clave: fotogrametría aérea, adquisición de datos, documentación del patrimonio cultural, castillo medieval

1. Introducción

En el mes de julio de 2014 se planteó la necesidad de actuación de emergencia para los trabajos de consolidación del Castillo de Barxell. La fortificación medieval destaca compositivamente por su torre prismática, ubicada en el punto más alto del reducto principal, de planta rectangular con 8,50 x 5,60 m. de base y de 15,75 m. de altura, al que se adosa un patio en dos de sus frentes, cerrando al sur con una nave rectangular de dimensiones 23,10 x 6,60 m. El recinto superior conforma una extensión de 331 m² y un perímetro de 80 m (Paredes 2011). Además de la propia configuración espacial del bien, con existencia de puntos inaccesibles; las interferencias propias que los restos conservados producen entre sí por la elevada altura; los giros y la diferencia de cotas entre piezas, se puso de manifiesto, un repertorio de impedimentos difícilmente salvables de cara a una efectiva toma de datos.

De otra parte, la actuación sobre la fortificación de propiedad privada entrañaba unos retos, por añadidura, que venían exigiendo de origen, un equipo técnico capaz de desenvolverse ante una dinámica presupuestaria cambiante, discontinua y de bajo coste.

Desde la disciplina arquitectónica y para la fase de análisis y diagnosis, se hacía necesario contar con una toma de datos objetiva, que pudiera dar respuesta a las dificultades especiales que planteaban las fábricas murarias a interpretar, permitiendo obtener unos resultados de suficiente calidad y precisión dentro de unos plazos razonables.

De igual manera, desde la disciplina arqueológica la fotogrametría, como técnica incorporada, implementaba una evolución tecnológica a las posibilidades de trabajo de campo y posterior laboratorio, debiendo ser la base interpretativa de algunas de las partes del elemento patrimonial dentro de ese análisis multidisciplinar planteado. El dibujo técnico y toma de datos con este

* Corresponding Author: Natxo Segura, info@eltossaltopografia.com

procedimiento nos permitiría la perfecta lectura sedimentológica y el establecimiento de una secuencia estratigráfica que diera una composición cronológica digital del proceso de trabajo con una precisión mayor que la de los dibujos manuales al uso, utilizados en otros ámbitos de estudio similares.

Por todo ello, se optó por un tipo de levantamiento basado en métodos indirectos: levantamiento fotogramétrico.

2. Planificación y captura de las tomas fotográficas

Es importante destacar que los trabajos de captura se desarrollaron en tres fases: la primera fue en septiembre de 2014, y su objetivo fue documentar las fachadas principal y lateral del castillo. Las otras dos fases se realizaron en marzo de 2015 y septiembre de 2015.

Con la finalidad de obtener un resultado uniforme en la documentación, consideramos importante la utilización de una misma cámara fotográfica tanto para las tomas aéreas como para las terrestres: en esta primera fase, la captura de datos se realizó con una cámara "GoPro Hero 3+ Black edition" de 12 Mp de resolución. Para las tomas aéreas se utilizó el cuadricóptero "Phantom 2" de DJI. Para las tomas terrestres empleamos una pértiga de 4 metros de altura. En ambos casos las fotografías se efectuaron a una distancia de 4 metros de las fachadas a documentar (Fig. 1).

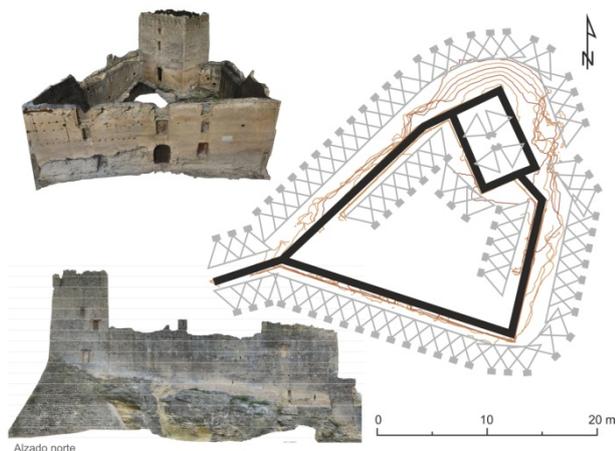


Figura 1: Planificación de las tomas fotográficas.

El primer problema que apareció, una vez procesadas las fotografías, fue la falta de resolución de los alzados ortográficos obtenidos. Cabe destacar que el principal propósito de la documentación se basaba en el registro exhaustivo de las paredes del castillo. Las cámaras "GoPro" tienen la ventaja de contar con un reducido tamaño, ligereza y portabilidad para su uso en drones, pero por el contrario, su óptica proporciona un amplio ángulo de visión (123° FOV horizontal), los objetos se alejan y la resolución, de los modelos fotogramétricos realizando las tomas a igual distancia de las fachadas a restituir, es la mitad comparada con el uso de focales cuyo campo de visión es más pequeño (60° FOV horizontal).

A raíz de los resultados obtenidos se procedió a cambiar la cámara fotográfica en la segunda fase de los

trabajos, utilizando esta vez una "Canon Powershot SX 700". Esta cámara compacta y ligera de 16,1 Mp y conectividad Wi-Fi nos permitiría, aumentar notablemente la resolución de las tomas. Para la sujeción de la cámara en el drone se construyó un pequeño soporte compuesto de unas almohadillas de amortiguación y un sistema articulado para controlar la inclinación de las tomas fotográficas (Fig. 2). La conectividad Wi-Fi fue crucial para el control y captura de las tomas tanto sobre el drone como sobre la pértiga, gracias a la utilización de una tablet y de la aplicación Canon Connect. Señalar como inconveniente, que esta aplicación solo permite fotografiar en modo automático; este inconveniente no hubiera sido tal de haber contado con el firmware CHDK, sin embargo, hasta la fecha y para este modelo el CHDK no ha sido todavía desarrollado.



Figura 2: Fachada principal del castillo y detalle del "Phantom 2" con la cámara "Canon".

En esta segunda fase, las tomas aéreas y terrestres se realizaron en un día nublado de modo que la iluminación fuera uniforme, sin sombras y vientos flojos. En las zonas accesibles mediante la pértiga, las tomas fueron terrestres, el resto aéreas, volando en modo manual y realizando los disparos a través de la aplicación Canon Connect. En cuanto a la planificación, el criterio seguido fue similar al de la primera fase: fotografías a 4 metros de las fachadas y un solape del 60% tanto vertical como horizontal. Pevio al vuelo y tomas terrestres se establecieron una serie de puntos control métrico sobre las fachadas e interiores del castillo y torre. Estos puntos fueron registrados mediante estación total obteniéndose las coordenadas necesarias para escalar y georreferenciar nuestro modelo fotogramétrico. Para el registro topográfico fue necesario dotar la zona de trabajo de una red de bases sobre la que se efectuaron las mediciones.

La tercera fase de trabajos se centró en la intervención arqueológica, en la que se realizaron sondeos en un sector junto a la fachada principal. En este caso, las tomas fotográficas se realizaron con pértiga.

3. Procesamiento de los datos y resultados

Después del trabajo de campo seleccionamos las imágenes obtenidas para conseguir una superposición entre tomas del 60%, descartamos las fotos movidas,

saturadas u oscuras (Ruiz *et al.* 2015). Con la finalidad de agilizar el procesamiento de datos y optimizar el rendimiento del ordenador, las fotografías seleccionadas fueron clasificadas en 4 bloques, cada uno de ellos correspondiente con un modelo fotogramétrico independiente: 1. Bloque exterior (sur y este); 2. Bloque exterior (norte); 3. Bloque interior (patio) y 4. Bloque interior (torre). Cada bloque fue procesado por separado obteniendo 4 nubes de puntos, posteriormente fueron georreferenciadas a partir de los puntos de control, alineando con ello los 4 bloques en un mismo sistema de coordenadas, finalmente se procedió a unir los 4 bloques formando una única nube de puntos que fue depurada, reduciendo el ruido existente antes de generar la malla tridimensional que representaría geoméricamente el castillo (Tabla 1).

Tabla 1. Bloques fotogramétricos y puntos de control

Bloque / Número de fotos	Número de puntos de control	Error de precisión del modelo (m)
1 / 167	8	0.03
2 / 185	8	0.04
3 / 108	9	0.02
4 / 145	7	0.01

El programa utilizado para el cálculo fotogramétrico fue "Photoscan" de Agisoft. Su entorno de trabajo es sencillo (Peinado *et al.* 2014) y nos permitió este cálculo en cuatro bloques. Los puntos de control nos permitieron, por un lado georreferenciar los modelos, y por otro, establecer la bondad del ajuste métrico. El esquema para la obtención de los modelos tridimensionales consistió en 6 fases: orientación automática de las tomas fotográficas; control métrico de los bloques; alineación de los bloques a un mismo sistema de coordenadas; depuración de la nube de puntos final; generación de la malla y aplicación de la textura.

Se utilizaron un total de 605 fotografías. La densidad de las nubes de puntos para cada bloque osciló el 1.000.000 de vértices. Una vez alineados los 4 bloques la nube de puntos final se utilizó para procesar una única malla con 1.115.000 triángulos, este único modelo tridimensional fue clave para la generación los diferentes alzados ortográficos. El tamaño del pixel resultante en los alzados fue de 0,001 metros.

4. Conclusiones

La fotogrametría se presenta como una herramienta imprescindible para la aproximación al estudio del

Castillo de Barxell, y precisamente adaptada a las condiciones de partida de alta calidad, rapidez y coste reducido, conseguida mediante la combinación de tomas aéreas y terrestres utilizando una misma cámara fotográfica, y evitando ópticas con grandes angulares que han permitido la generación de un modelo tridimensional homogéneo: la densidad de puntos de los diferentes bloques en relación a la superficie cubierta por ellos ha sido similar y la resolución (píxeles) de las texturas obtenidas ha sido la misma. A partir de este modelo se han concebido los respectivos alzados ortográficos de gran calidad y resolución.

Desde la disciplina arquitectónica, en la fase analítica, ha sido crucial la fotogrametría para el estudio de las fábricas de tapia y su particular sistema constructivo. Los estudios murarios alcanzan cotas de definición a escala de detalle, mejorando el reconocimiento de las juntas horizontales entre hiladas y las verticales dejadas por las distintas tapiaderas ejecutadas, también se precisa para ubicar huellas constructivas de vital importancia como agujas, barzones, etc. y conocer sus ritmos, orden, secuencia, etc. (Fig 3). Esta copia información que al natural es arduo y complejo leer e interpretar, y en este caso en particular, imposible para determinados puntos inaccesibles, se hace viable a través del modelo digital.

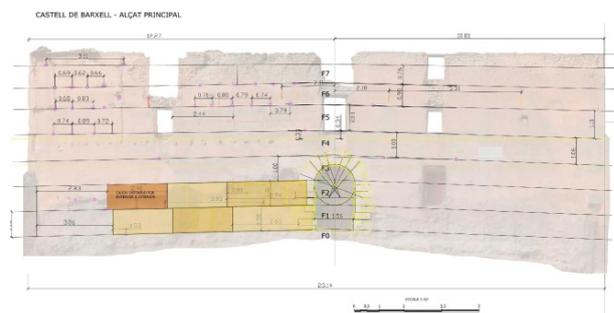


Figura 3: Fachada principal. Estudio de la tapia sobre alzado.

Para la disciplina arqueológica se han abierto nuevas vías de trabajo, dando valor añadido, permitiendo que los datos obtenidos puedan ser tratados con diversos programas como el caso de los SIG. El resultado ha permitido, tanto precisar plantas de excavación secuenciales, estableciendo fases cronológicas, como calcular secciones acumulativas de todas las zonas en las que el proceso de trabajo e interpretación posterior lo requiere, identificando con ello la secuencia estratigráfica que completa el registro arqueológico e histórico del monumento que, junto a los parámetros arquitectónicos, posibilitarán el planteamiento de medidas correctoras precisas a adoptar en cada uno de los casos futuros.

Referencias

- PAREDES, E.A., 2011. Aproximación a la arquitectura de las fortificaciones en las montañas del valle central del Serpis. Las Torres. *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, vol. 2, pp. 1043-1053.
- PEINADO, Z., FERNÁNDEZ, A. y AGUSTÍN, L., 2014. Combinación de fotogrametría terrestre y aérea de bajo coste: el levantamiento tridimensional de la iglesia de San Miguel de Ágreda (Soria). *Virtual Archaeology Review*, vol. 5, núm. 10, pp. 51-58. DOI: 10.4995/var.2014.4210

RUIZ, J.A., GALLEGO, D., PEÑA, C., MOLERO, J.M. y GÓMEZ, A., 2015. Fotogrametría aérea por dron en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del Campo de Montiel. *Virtual Archaeology Review*, vol. 6, núm. 13, pp. 5-19. DOI: 10.4995/var.2015.4366