

La aplicación de la metodología no invasiva en Torregarcía: el levantamiento digital¹

Son muchas las distintas técnicas enmarcadas dentro de la metodología histórico-arqueológica no invasiva que se han aplicado al yacimiento de Torregarcía, como se ha introducido en el capítulo 5. En este, de entre todas esas técnicas, nos centraremos en el levantamiento digital en tres dimensiones. Así pues, para llevar a cabo el estudio de esta *officina purpuraria* y las estructuras de la Zona A.1 allí presentes, resultaba de vital importancia llevar a cabo una documentación digital del lugar.

A la hora de realizar una digitalización de un elemento determinado, mueble o inmueble, existen principalmente dos técnicas distintas. La primera de ellas sería el levantamiento digital mediante el uso de LiDAR. Esta primera técnica se basa en el uso de un escáner láser para la adquisición de los datos necesarios con los que posteriormente se obtendrá un modelo 3D. La segunda de estas técnicas, la fotogrametría, nos permite de igual manera obtener una nube de puntos o una malla en tres dimensiones texturizada, pero basándose en la adquisición de fotografías del elemento objeto de estudio, que serán sometidas a una serie de procesos para obtener dichos recursos 3D. Dentro de la fotogrametría podemos encontrar dos principales subdivisiones, terrestre o aérea, diferenciándose estas por el medio desde el que son tomadas las fotografías.

Ahora bien, para el caso de Torregarcía, no nos hemos decantado por el uso de una u otra técnica, sino que se ha llevado a cabo una combinación de todas las citadas anteriormente, tanto LiDAR como fotogrametría, aérea y terrestre, teniendo como objetivo principal, la generación de un modelo virtual de máxima calidad y precisión, a partir del que obtener información del yacimiento al ser sometido a posprocesos y análisis.

Cabe mencionar que la combinación de diversas técnicas de levantamiento digital no resulta ser algo nuevo, ya que podemos encontrar bastantes trabajos en los que se viene aplicando en elementos patrimoniales de diferente naturaleza (Calvillo Ardila *et al.* 2021).

7.1. Técnicas y equipamiento empleados

7.1.1. Escaneo Láser

Para el levantamiento digital de las estructuras de la Zona A.1 de Torregarcía mediante la tecnología LiDAR se ha empleado un escáner laser de la casa comercial Leica, ampliamente conocida dentro del mundo de la

topografía por la fabricación e integración de ópticas de altísima precisión en toda su gama de instrumentos. Concretamente, el escáner empleado en este caso ha sido el modelo BLK360. Si algo caracteriza a este escáner son sus reducidas dimensiones, permitiendo una alta operatividad a la hora de realizar un levantamiento digital, sin que su fácil manejo y rapidez en la toma de datos conlleve una pérdida de calidad o precisión en la nube de puntos resultante.

El BLK360 funciona mediante un telémetro láser de 360° de acción, con el que captura un total de hasta 360 000 puntos por segundo con presión milimétrica. Dicha tecnología LiDAR se apoya en la integración en el aparato de tres cámaras panorámicas y esféricas HDR (*High Dynamic Range*), con las que la nube de puntos generada en el proceso de escaneo es coloreada, obteniendo el color real de cada uno de esos puntos. Sin embargo, una de las grandes limitaciones que tiene el BLK360, y que condiciona por completo el proceso de la toma de datos tal y como veremos más adelante, es su reducido radio de acción. El escáner de Leica es capaz de tomar puntos hasta una distancia máxima de 60 metros, pero su radio de acción con máxima precisión se ve reducido hasta la mitad, pudiendo llegar a los 30 metros de distancia. Por ello, la manera en la que se plantea el levantamiento digital en campo se ve completamente condicionada por este factor, siendo de vital importancia y consideración para poder generar nubes de puntos de la máxima precisión.

En cuanto al *software* utilizado a lo largo de todo el proceso de obtención de la nube de puntos a partir del escaneo láser, nos encontramos con toda una serie de soluciones informáticas desarrolladas por la propia Leica. El primero de los programas es el Leica Cyclone FIELD 360, una aplicación desarrollada tanto para sistemas iOS como Android, desde la que se opera el BLK360 introduciendo los parámetros de cada uno de los escaneos que se realizarán en las labores de levantamiento digital. Seguidamente nos encontramos con el BLK Data Manager, cuya finalidad es simplemente la de exportar los datos crudos de cada uno de los escaneos efectuados.

Ya una vez obtenidos los datos brutos, comienza la fase de posproceso de la información, comenzando en primer lugar con la utilidad Cyclone REGISTER 360. Esta solución de Leica tiene los siguientes objetivos:

- transformar los datos brutos en nubes de puntos exportables a distintos formatos;
- alinear los distintos escaneos realizados para la documentación digital; y
- georreferenciar la nube de puntos.

¹ Este capítulo ha sido coordinado por Manuel Ruiz Barroso.

Por último, nos encontramos con el *software* Leica Cyclone 3DR. Con este programa llevamos a cabo la clasificación y limpieza de la nube de puntos resultante del escaneo, ofreciendo además una considerable cantidad de herramientas para el análisis del modelo digital. En este caso de estudio, Cyclone 3DR ha sido utilizado con una finalidad más, la de conjugar las nubes de puntos densas obtenidas mediante la tecnología LiDAR con la proveniente del proceso de fotogrametría aérea y terrestre.

7.1.2. Fotogrametría

En cuanto a la digitalización en tres dimensiones del yacimiento por medio de la fotogrametría, tal y como hemos mencionado anteriormente, se ha hecho uso tanto de la terrestre como la aérea, para así cubrir las estructuras por completo, desde todas las perspectivas posibles, y obtener un modelo sin huecos o con falta de información.

Para la fotogrametría aérea, el equipamiento empleado ha sido un UAV de la casa comercial DJI, el Phantom 4 Pro+. Este dron posee una batería de 6000 mAh, que se traduce en una duración máxima de vuelo, en condiciones óptimas, de 24 minutos. Ahora bien, lo más interesante de cara a la realización de los modelos fotogramétricos es la cámara integrada en este. La cámara de este UAV, el modelo FC6310, tiene un sensor de 1 pulgada CMOS, con 20 megapíxeles efectivos, con la que captura fotografías de 5472 píxeles de ancho por 3648 píxeles de alto.

Con respecto al equipamiento utilizado para la fotogrametría terrestre, en este caso se empleó una cámara fotográfica de la marca Canon, su modelo EOS 6D. Esta réflex DSLR (*Digital Single Lens Reflex*) posee un sensor CMOS de formato completo, o *full frame*, de 20,2 megapíxeles. La óptica montada en la cámara fue una Canon EF 24-70mm f/2.8L II USM, un objetivo de focal variable con una luminosidad considerable.

En lo que respecta al *software* empleado a lo largo de todo el proceso de levantamiento fotogramétrico del yacimiento de Torregarcía, contamos con dos programas distintos de la empresa Pix4D. El primero de ellos, Pix4Dcapture, es un *software* diseñado para la planificación y ejecución de misiones de vuelo automatizadas para el mapeo y modelado en tres dimensiones con aeronaves no tripuladas. El segundo de ellos es Pix4Dmapper, el *software* en el que han sido procesadas las fotografías obtenidas tanto con el Phantom 4 Pro+ por medio del Pix4Dcapture, como las fotografías terrestres, para conseguir obtener un modelo fotogramétrico final.

Sin embargo, si bien no es algo fundamental para el levantamiento digital en sí de Torregarcía, el equipamiento topográfico termina resultando esencial para poder georreferenciar el modelo en tres dimensiones. Dentro del equipamiento topográfico se ha combinado el uso de dos herramientas, nuevamente de la empresa alemana Leica: el equipo de GNSS (Sistema Global de Posicionamiento) CS14 y la Estación Total TS06 Plus.

7.2. Planteamiento del trabajo

Antes de comenzar con el levantamiento digital *in situ* de las estructuras, fue necesaria la planificación completa de las tareas a realizar en el sitio, atendiendo con especial atención a los siguientes factores:

- la morfología de las estructuras;
- las condiciones meteorológicas; y
- el contexto.

La morfología de las estructuras que se desean documentar digitalmente influye directamente en las técnicas que van a ser empleadas en el proceso. Dependiendo del tamaño de la estructura, de la extensión que ocupa, su complejidad morfológica y si resulta ser más o menos regular, puede ser más propicia la utilización de la tecnología LiDAR, la de la fotogrametría, o, como es el caso de Torregarcía, la combinación de ambas. Y es que no siempre ambas técnicas pueden ser aplicadas de igual manera.

Centrándonos en el aspecto puramente morfológico. Las estructuras presentes en Torregarcía poseen una morfología que podría ser considerada regular. Paramentos completamente rectos que se cortan perpendicularmente unos a otros, presentando una forma geométrica, por así decirlo, sencilla. Esto nos empujaría a decidimos por la aplicación única y exclusiva del escáner láser. Pues este tipo de tecnología, y el *software* que trae consigo para el posprocesado de los datos, se encuentra muy optimizada para estructuras que cumplen estos requisitos, ya que son productos diseñados para campos como el de la ingeniería civil o la arquitectura, donde este tipo de diseños y formas geométricas se reproducen de manera bastante generalizada. Sin embargo, tal y como vemos en la ortofoto del yacimiento (Fig. 7.5), se presenta una dificultad a la hora de emplear únicamente el BLK360, y es la gran compartimentación interna de las estructuras. En el caso de que nos decantásemos tan sólo por el empleo del escáner láser para la digitalización, el número de escaneos necesarios para obtener un modelo tridimensional completo de Torregarcía se vería necesariamente duplicado e, incluso, triplicado, ya que al menos se tendría que realizar un estacionamiento por cada una de las piletas que allí se encuentran, introduciendo el BLK360 en el interior de cada una de ellas. Pero, incluso, llevando a cabo este procedimiento, un estacionamiento por cada una de las piletas, no obtendríamos un modelo completo de estas, ya que el BLK360, del mismo modo que otros escáneres láser de la misma naturaleza, tiene una limitación, y es que en el lugar en el que se posiciona al realizar el escaneo, deja sin cubrir una circunferencia con un radio mínimo de 0,60 m de radio (dependiendo de la altura del escáner) sin escanear, por lo que el plano inferior de cada una de las piletas se quedaría sin cubrir, como consecuencia del punto ciego del aparato. Debido a esta limitación, resulta fundamental el empleo de la fotogrametría aérea para poder modelar el interior de las piletas.

Teniendo presente todo lo anteriormente expuesto, el escaneo láser fue utilizado para cubrir todas las caras