

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

exteriores de las estructuras, ya que es este el que mejor puede cubrir, gracias a su rapidez y precisión en lo que respecta a la adquisición de datos.

En cuanto a la fotogrametría, tal y como hemos comentado, concretamente el aérea nos permite poder modelar sin ningún tipo de problemas la superficie de las estructuras y el interior de las piletas. Esta, combinada con la fotografía terrestre, nos permitirá obtener un mayor solapamiento del modelo tridimensional generado con la fotogrametría con aquel resultante del escáner láser. También cabe destacar un punto fuerte de la fotogrametría terrestre con respecto al BLK360, y es que la textura que puede generar la primera resulta ser superior a la de la segunda, por lo que supliría en este aspecto al escáner láser.

Otro factor que debemos tener en consideración de cara a la planificación de las labores en campo de levantamiento digital serían las condiciones meteorológicas, ya que, al desarrollarse estas al aire libre, serán determinantes en cuanto al desarrollo y el resultado de dichas labores.

Las condiciones meteorológicas durante la campaña de trabajo en Torregarcía fueron óptimas, debido a que tuvo lugar, de forma generalizada, durante días nublados (Fig. 7.1). En un yacimiento como este, que se encuentra al aire libre y no presenta ninguna estructura que lo proteja, la iluminación es completamente natural y, por lo tanto, complicada de controlar. Esto suma un plus de dificultad para la consecución de la fotogrametría, ya que tendrían que buscarse las mejores horas del día para llevar a cabo las sesiones de fotografiado de las estructuras allí presentes, para así tener siempre unas sombras homogéneas, que variasen lo mínimamente posible entre las distintas técnicas —el LiDAR, la fotogrametría aérea y la terrestre— obteniendo así una colorimetría lo más similar para las distintas nubes de puntos resultantes.

Sin embargo, los días nublados, al contrario que aquellos completamente despejados, ofrecen las condiciones óptimas para no tener el problema anteriormente expuesto. En primer lugar, porque la iluminación se mantiene de una manera mucho más constante durante una cantidad de horas mayor que a lo largo de un día despejado, en el que las sombras van cambiando de manera constante. Esto nos permite alargar más las sesiones de trabajo en el yacimiento. Y, en segundo lugar, las sombras son mucho más suaves en los días nublados, lo que supone que en este caso las estructuras tengan una iluminación uniforme, con ausencia de sombras duras que terminen por oscurecer ciertas partes del modelo en tres dimensiones de una manera muy marcada. Pues si bien en un sitio cerrado con una iluminación artificial y controlada, se pueden corregir estos aspectos, en un lugar al raso termina por resultar casi imposible, teniendo que optar por herramientas de posproceso para la corrección colorimétrica del modelo, como puede ser Agisoft Texture De-Lighter.

Por último, debemos tener también en cuenta el contexto en el que se ubican las estructuras a digitalizar. El yacimiento de Torregarcía se encuentra situado en pleno Parque Natural Marítimo-Terrestre de Cabo de Gata-Níjar, y, al estar dentro de este marco, se tiene que considerar la protección que existe sobre la flora de la zona. Por ello, no se ha llevado a cabo ningún tipo de limpieza de la vegetación presente en las estructuras de cara a su posterior digitalización.

7.3. Desarrollo del levantamiento digital

7.3.1. LiDAR

El levantamiento digital de las estructuras mediante el uso del escáner láser BLK360 fue, con gran diferencia, el que mayor cantidad de tiempo ocupó dentro de la campaña



Figura 7.1. Panorámica en la que se aprecian las condiciones climatológicas generales.