



EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE

ACTAS DE LA
I REUNIÓN CIENTÍFICA DE ARQUEOLOGÍA DE ALBACETE

Blanca Gamo Parras y Rubí Sanz Gamo, coordinadoras

ACTAS DE LA I Reunión Científica de Arqueología de Albacete



INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES
"DON JUAN MANUEL"
EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE

Serie III
Congresos, seminarios, exposiciones y homenajes • Número 16
Albacete, 2016

Portada y contraportada: José Ignacio Córcoles Tercero.

REUNIÓN CIENTÍFICA DE ARQUEOLOGÍA DE ALBACETE

(1ª. 2015. Albacete)

Actas de la I Reunión Científica de Arqueología de Albacete : Blanca Gamo Parras, Rubí Sanz Gamo (coordinadoras) . -- Albacete : Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel”, 2016.

820 p.: il. col. ; 29 cm .-- (Serie III– Congresos, seminarios, exposiciones y homenajes; 16)

D.L. AB 400-2016 -- ISBN 978-84-944819-3-2

1. Arqueología – Albacete (Provincia) – Congresos y asambleas. I. Gamo Parras, Blanca II. Sanz Gamo, Rubí. III. Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel”. IV. Serie.

902/904(460.288)(063)

© Los autores para sus textos e imágenes contenidas en los mismos.

© Imágenes del Museo de Albacete.

© Edición Instituto de Estudios Albacetenses.

ISBN: 978-84-944819-3-2

Dep. Leg.: AB 400-2016

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALBACETENSES “DON JUAN MANUEL”
EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALBACETE
ADSCRITO A LA CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESTUDIOS LOCALES. CSIC

Los derechos sobre las imágenes y textos citados y/o reproducidos que aparecen en la presente monografía pertenecen a sus autores y/o propietarios. Su inclusión obedece al carácter de investigación de este trabajo, que en materia de reproducción se acoge al artículo 32 (Cita e ilustración de la enseñanza) del Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril (BOE nº 97, de 22 de abril).

Maquetación: Grupo Enuno / www.grupoenuno.es

APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DEL TOLMO DE MINATEDA (HELLÍN, ALBACETE)¹

Víctor Cañavate Castejón
y Victoria Amorós Ruiz.
Universidad de Alicante.

Resumen: Se muestran los datos preliminares obtenidos a partir de la aplicación de tecnología informática en el patrimonio arqueológico. De un lado la rectificación fotográfica, encaminada a perfeccionar los resultados de documentación y generar modelos gráficos de interpretación, que permitirá futuras reconstrucciones virtuales. De otro lado el S.I.G., que responde a la necesidad de crear una base de datos geográficos que aglutine la documentación arqueológica no sólo como parte de la investigación científica sino también como medio de planificación y organización de futuras actuaciones.

Palabras clave: Patrimonio, Fotogrametría, S.I.G.

Abstract: We show preliminary data produced from the application of computer technology in the archaeological heritage. On the one hand the photographic rectification, aims at improving the results of documentation and generate graphical models of interpretation, allowing future virtual reconstructions. On the other hand the GIS, which responds to the need to create a geographic database which converts the archaeological documentation not only as part of scientific research but also as a means of planning and organization of future performances.

Keywords: Heritage, Photogrammetry, G.I.S.

El objetivo de este artículo es exponer la experiencia que hemos acumulado en el área de arqueología de la Universidad de Alicante sobre el uso de herramientas informáticas en el campo del patrimonio arqueológico, más concretamente en el yacimiento de El Tolmo de Minateda (Hellín, Albacete).

Estos instrumentos están encaminados a obtener datos que mejoren el conocimiento de los profesionales de la arqueología en dos vertientes bien distintas pero indisolubles a la vez. De un lado experimentamos con la fotogrametría, técnica basada en la corrección fotográfica que entre otras cualidades permite la medición de objetos y estructuras y, por tanto, dando validez planimétrica a los modelos a partir de imágenes obtenidas con una cámara convencional.

¹ Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto de investigación del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico de Castilla-La Mancha para el año 2014 (nº expte: SBPLY/14180601/000022).



Por otro lado comenzamos a introducir en los estudios del patrimonio arqueológico los sistemas de información geográfica, en adelante S.I.G. Se trata de bases de datos geográficos que recogen la documentación arqueológica, no sólo como parte de la investigación científica sino también como medio de planificación y organización para futuras actuaciones.

Técnicas fotogramétricas en la cantera de sillares

El sistema de registro basado en la fotogrametría digital no es novedoso, ya que en la actualidad existe abundante bibliografía que apunta a las bondades de su implicación en el estudio del patrimonio, aunque no siempre desde la arqueología. Efectivamente, desde diferentes campos como son la arquitectura, ingeniería o restauración, la fotogrametría se está convirtiendo en un instrumento cuanto menos habitual sino imprescindible. La fiabilidad que se puede obtener a partir de los modelos así como la capacidad de poder ajustarlos a la realidad supone un trabajo previo de registro lo más preciso posible de los diferentes elementos que constituyen el objeto de estudio.



Figura 1. Planimetría de la zona de trabajos de El Tolmo de Minateda, donde se encuentra la cantera de sillares.

En esta línea, a partir de los últimos trabajos acometidos en el yacimiento de El Tolmo de Minateda, decidimos introducir las técnicas fotogramétricas en un elemento construido, la cantera de época visigoda. Documentada durante los trabajos realizados en el año 2001(fig. 1), la cantera se define por un gran recorte de planta rectangular practicado en la roca, con una profundidad máxima de 1,20 m. En el fondo ha quedado marcado el negativo de la última actividad extractiva correspondiente a unos bloques irregulares, entre los que se repite un

patrón cuadrangular cuyas dimensiones oscilan entre 0'80 y 1 m. de longitud por 0'90/0'60 m. de anchura. Adosados a la cara este se documentó los restos de una estructura que se interpretó como una rampa de acceso a la cantera compuesta bloques labrados y sin labrar trabados con tierra.

A priori la situación cronocultural de la cantera es difícil de concretar; No obstante, la detección de materiales preislámicos durante su vaciado estratigráfico pudo atestiguar una presencia visigoda, en lógica consonancia al momento constructivo del complejo monumental de época visigoda. Esta idea quedaría reforzada por el módulo de los bloques que conforman la citada rampa, cuyos 0,20 m de altura coinciden con algunas unidades extractivas, en cierto modo ajustado para ser un sillar, pero más emparentado con las losas que cubren algunas de las tumbas *ad sanctos*, así como con las placas que conforman algunos de los pilares o contrafuertes del palacio (Gutiérrez y Cánovas, 2009).

En este sentido la elección de la cantera de sillares responde a la necesidad de crear un modelo fiable que muestre la mayor cantidad posible de datos como son las medidas de todos los entalles, si éstos responden al mismo módulo, o si es posible vislumbrar los procesos de fabricación y empleo de las piezas extraídas.

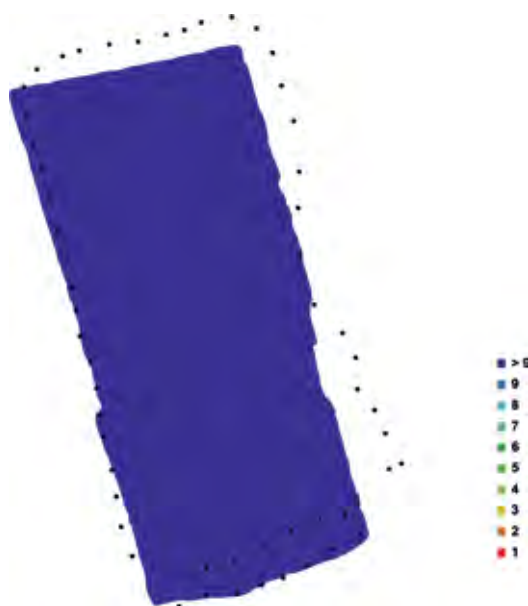


Figura 2. Localización de las tomas fotográficas y grado de cobertura.

Las labores de obtención del modelo se han dividido en dos partes: trabajo de campo, basado en la toma de fotografías de gran calidad y la toma de datos topográficos de la cantera; y trabajo de gabinete, en la que se ha realizado el volcado de puntos topográficos y la rectificación propiamente dicha a partir de programas informáticos específicos.

Los trabajos de campo comienzan con la identificación y acotamiento del área a modelar. Al tratarse de un espacio libre de obstáculos la disposición de dianas ha sido mínimo, ubicándolas en cada esquina de la cantera. Posteriormente se lleva a cabo la captura de imágenes perimetralmente, con un total de 56 disparos y un solape aproximado del 50% entre cada una (fig. 2). La toma de fotografías se realizó con un cámara digital Nikon D7100 sobre trípode²

² Dada la profundidad de la cantera, así como sus dimensiones fu innecesario el uso de pértiga.



con el fin de evitar la mayor cantidad de vibraciones posible. Los parámetros elegidos para las capturas fueron una distancia focal de 13 mm, el tiempo de exposición 1/250 segundos, 3'9 de apertura del diafragma y 100 de velocidad ISO.

Posteriormente, con la finalidad de dar mayor validez al modelo se procedió a registrar topográficamente las dianas de la cantera con una estación total situada sobre una base topográfica tomada con GPS de alta resolución. Esta labor permite vincular planimétricamente el modelo así como poder escalarlo. Con todo, se tomaron medidas de referencia entre las cuatro dianas con el fin de comprobar la fiabilidad del objeto.

Los trabajos de gabinete siguen un flujo que comienza con el volcado de las imágenes en un software de corrección fotográfica. En nuestro caso de estudio elegimos Photocan Professional Edition v. 1.1 64 bit, con el cual generamos un nube de puntos densa a partir de las fotos previamente orientadas (fig. 3). Esta nube de puntos se debe analizar ante la posible existencia de “agujeros” o zonas sin cubrir, algo frecuente si no se ha realizado un solape correcto entre las diferentes tomas fotográficas. Asimismo, en este paso se debe corregir o eliminar aquellas zonas que no se requiere modelar.

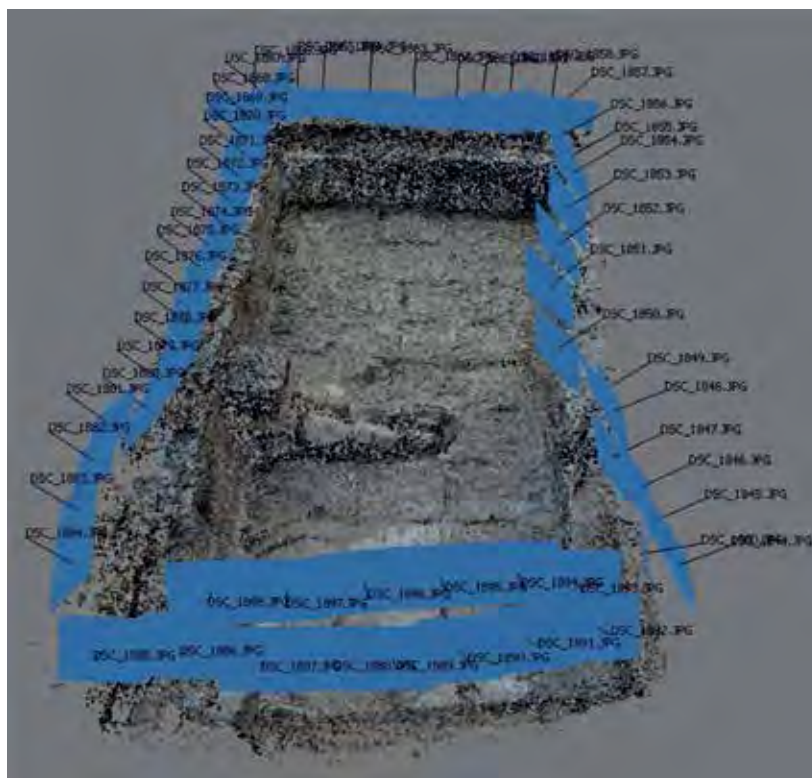
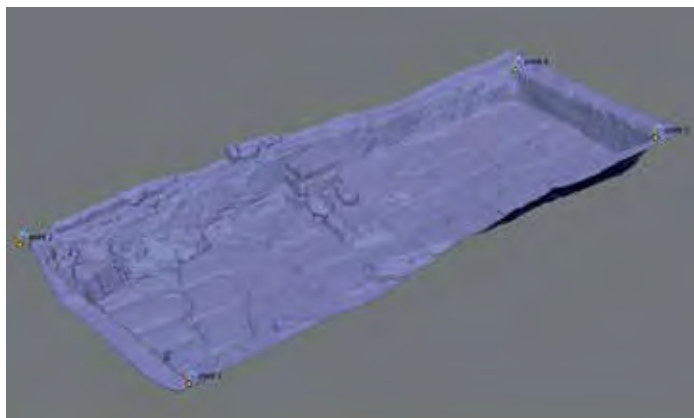


Figura 3. Nube de puntos densa generada con la disposición virtual de las cámaras.

Un segundo paso dentro del flujo de trabajo es la creación de una malla, en previsión de poder tratar el modelo en programas de CAD (fig. 4). De esta forma se podrán crear líneas de dibujo en 2D y 3D que representen los rasgos destacados de la cantera. Finalmente, se obtiene el texturizado real (fig. 5), a partir del cual se puede trabajar directamente obteniendo medidas desde zonas concretas de la cantera.



4



5

Figura 4. Malla densa de la cantera con las cuatro dianas. Figura 5. Texturizado del modelo.

Con el fin de poder trabajar directamente sobre el modelo obtenido se exportó a un formato de archivo manejable, en concreto a un archivo con la extensión *Portable DocumentFormat* (PDF), a partir del cual se pueden generar diferentes vistas del modelo, ortofotos, obtención de medidas, seccionado, etc. (fig. 6).

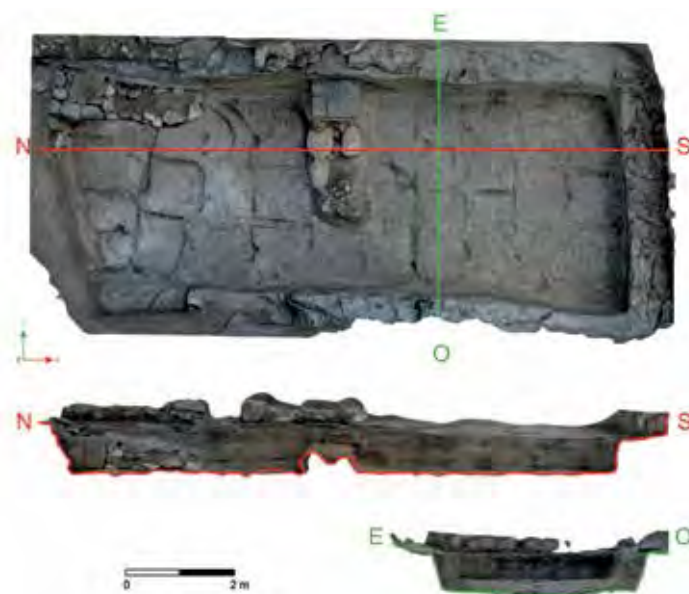


Figura 6. Ortoimagen del modelo y secciones del modelo.

Valoración de la fotogrametría como técnica arqueológica

El propósito de este trabajo es mostrar la experiencia obtenida en el uso de la fotogrametría como técnica de obtención de datos sobre el patrimonio arqueológico. Toca ahora valorar si el propósito de su uso y los costes de esfuerzo y tiempo son directamente proporcionales a los resultados obtenidos.



Entre las ventajas cabe destacar la agilidad y rapidez en los procesos de trabajo así como en la obtención de resultados respecto al *modus operandi* tradicional, en nuestro caso dibujo a escala con medidas de cinta métrica y metro flexible y toma de puntos topográficos con estación total. Asimismo debemos señalar la fidelidad de resultados con modelos que combinan la métrica del dibujo y la textura de la fotografía, donde los modelos obtenidos sobresalen por su definición y detalle del registro, así como por la variedad de obras que se pueden conseguir directamente (ortofotos, secciones, vistas, etc.).

Pero también es notable el bajo coste de tiempo empleado durante los trabajos de campo en beneficio del trabajo de gabinete. En sus inicios los programas informáticos basados en fotogrametría requerían una formación añadida (y por extensión costosa económicamente hablando), lo que complicaba la elaboración de los modelos; sin embargo, el aumento de la demanda y la mayor expectación e interés que suscita esta técnica ha facilitado la aparición de nuevos programas más intuitivos y fáciles de utilizar, democratizando en cierta medida su uso entre los profesionales de la arqueología.

Entre los inconvenientes cabe señalar la inversión de equipo de trabajo (estación topográfica, herramientas de medición, cámara digital adecuada, dron o similar, un buen equipo informático, licencias de software, etc.). Además se observa una cierta discontinuidad entre los trabajos de campo y gabinete. Una mala toma de fotografías implica repetir el proceso aumentando el tiempo en los trabajos.

De otra parte, hay que valorar el objetivo del proyecto a desarrollar y la finalidad que se persigue. En nuestro caso de estudio, era interesante registrar todas las improntas y acciones de la cantera, datos que posiblemente no se pudieran obtener de visu. Igualmente, si el objeto es la obtención de un dibujo de líneas donde el detalle a registrar es menor, posiblemente no sea imprescindible el uso de la fotogrametría como herramienta.

Proyecto S.I.G. Tolmo de Minateda

Los S.I.G. son el resultado de la aplicación de las llamadas Tecnologías de la Información (TI) a la gestión de la Información Geográfica, es decir información georreferenciada. Un S.I.G. es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

El S.I.G. funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un S.I.G. es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva capa de información que no podríamos obtener de otra forma.

La gran cantidad de información georreferenciada en formato CAD creada en los últimos quince años del proyecto científico Tolmo de Minateda, nos llevó a plantearnos la creación de un marco S.I.G. donde se pudiera gestionar esta información no sólo como parte de la investigación científica sino también como medio de planificación y organización de futuras actuaciones.

En esta primera campaña de trabajo con S.I.G. nos hemos centrado en el diseño del entorno

de trabajo, el diseño de la estructura del proyecto, la generación y edición de la información existente en formato compatible con software S.I.G., y la implementación de la estructura con la creación de varias capas de información.

El diseño de la estructura de datos se ha centrado en simplificar la información para poder acceder a ella de forma más rápida y eficaz, de forma que en las próximas campañas de trabajo en el proyecto S.I.G., se pueda implementar la información dependiendo del análisis que se quiera realizar. Junto al diseño de la información se ha tenido que tener en cuenta otros elementos que son parte de un proyecto S.I.G., como el sistema de coordenadas, el tipo de datos con el que se iba a trabajar o la transformación de la información en formato CAD.

- Sistema de Coordenadas. Desde que se digitalizaron los planos en el proyecto Tolmo de Minateda se ha estado utilizando el sistema de coordenadas proyectado European Datum 1950 (ED50), sistema oficial en España hasta el año 2008. El real Decreto 1071/2007 estableció el ETRS89 como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las islas Baleares, este es un datum geodésico espacial compatible con los modernos sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS y el europeo GALILEO.

Hemos creído oportuno cambiar el sistema de proyección para ajustarnos a la nueva realidad, por lo que hemos adoptado para nuestro proyecto el sistema ETRS89 para hacer compatible nuestra información con otras fuentes. Aunque debido a la gran cantidad de información desarrollada con el datum ED50 hemos optado por trabajar con este en la fase de transformación de la información y sólo proyectar a ETRS89 las capas en formato *Shapefile* creadas en este nuevo proyecto.

- Tipo de datos empleados. En esta primera fase de creación de datos nos ha parecido oportuno trabajar con datos vectoriales dentro del proyecto S.I.G., ya que nos permiten trabajar con una tabla de atributos donde guardar información relativa a los elementos representados de forma vectorial.

- Tratamiento de la información en CAD. Buena parte del trabajo de esta campaña se ha centrado en seleccionar la información en CAD que sea admisible en el proyecto, teniendo en cuenta las características que la información necesita dentro un S.I.G. La transformación de información CAD a sistemas vectoriales de información georreferenciada, se ha realizado a través de dos vías de trabajo, por una parte la georreferenciación de archivos CAD a través de software G.I.S. y por otra, la digitalización de planimetría en entorno G.I.S.

- Diseño, generación y edición de la información (fig. 7). La generación de información espacial adaptable a sistemas GIS necesita del diseño de la estructura de una base de datos. En esta campaña nos hemos centrado en el diseño de una tabla de información, que de forma sencilla y adaptable a los formatos de información G.I.S. (Ráster y vectorial), nos pueda indicar los elementos y estructuras que han sido documentados en las sucesivas campañas de actuaciones arqueológicas en el Tolmo de Minateda (fig. 8).

Los campos se deben rellenar según unos patrones adaptados del sistema S.I.A. (Sistema de Información Arqueológica) empleado para la documentación de las actuaciones arqueológicas. Estos siguen un diseño doble de datos, por una parte un campo de datos numérico que tiene su correspondiente en un campo datos de tipo texto. Esto se ha planteado así porque el trabajo con datos numéricos es la forma más sencilla para realizar operaciones de selección, localización, cálculo y transformación del sistema vectorial al ráster, pero al mismo tiempo su comprensión es complicada. Su correspondencia en una tabla de texto facilita la comprensión de las características de los elementos.



CAMPO	TIPOS DE DATOS	REFERENCIA DE VALORES
ID	Número entero	Localizador de zona
ID Signi	Texto 50	Localizador de zona
C_TIPO	Número entero	Identificador del tipo de elemento representado
TIPO	Texto 50	Identificador del tipo de elemento representado
C_FASE	Número entero	Identificador de la fase cronológica del elemento representado
FASE	Texto 50	Identificador de la fase cronológica del elemento representado

Figura 7. Diseño de la tabla de datos.

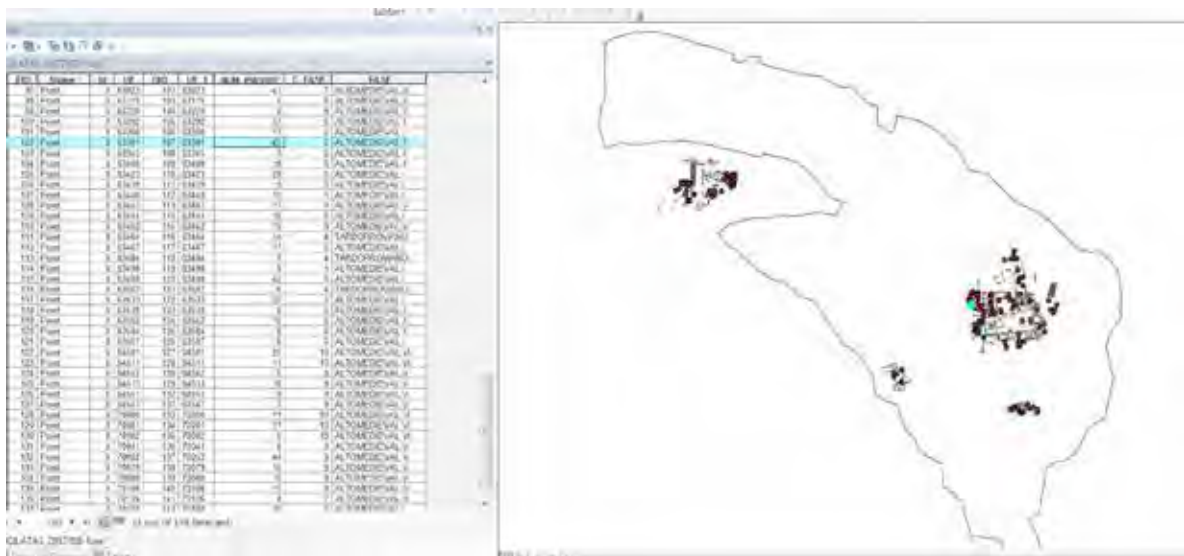


Figura 8. Diseño de la tabla de información

El resultado final en esta primera fase de trabajo en un entorno S.I.G. ha sido la creación de varias capas de información vectorial georreferenciada en formato *Shapefile* (fig. 9). Las capas creadas son las siguientes:

- Estructuras altomedievales del corte 60
- Estructuras emirales del corte 60
- Estructuras altomedievales de los cortes 1 y 2
- Estructuras del corte 50
- Estructuras del corte 55
- Estructuras del corte 70
- Estructuras del corte 80
- Estructuras localizadas en las prospecciones del Cerro del Tolmo y los Cerros próximos durante la campaña del 2005.



Figura 9. Visualización de las capas en formato CAD de las estructuras altomedievales del complejo episcopal del Corte 60, junto a la vectorización de estas estructuras en formato vectorial GIS (rosa), y las estructuras localizadas en las proximidades del corte 60 en la prospección del año 2005 (azul claro) en formato vectorial GIS.

BIBLIOGRAFÍA

AA.VV., (2009). "Fotogrametría de bajo coste para estudios arqueológicos de la arquitectura: aplicación a la muralla este de la fortaleza de la mota. Alcalá la Real (Jaén)", *Mapping*, 138, 6-13.

AGISOFT LLC, (2011). *PhotoScanUser Manual. Professional Edition, Version 0.8.0*, [en línea], [consulta: 29/05/2015]. http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_1_en.pdf

ALCALÁ MELLADO, J.R. y NAVARRO OLTRA, G., (2008). *Una introducción a la imagen digital y su tratamiento*, Cuenca, [en línea] [consulta: 29/V/2015]. <http://www.uclm.es/profesorado/gnoltra/publicaciones/mideciantdidact1.html>

ANTOÑANZAS, M. A., IGUÁCEL DE LA CRUZ, P., LOPETEGUI GALARRAGA, A. y VALLE MELÓN, J. M., (2003). "El Sequeral (Calahorra, La Rioja). Investigación fotogramétrica y arqueología", *Arqueología de la Arquitectura*, 2, 13-16.

AUTODESK INC., (2010). *AutoCAD Architecture 2011. Manual de usuario*, [en línea] [consulta: 25/V/2015]. http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_aca_user_guide_spanish.pdf

CABALLERO, L., ARCE, F. y FEIJOO, S., (1996). "Fotogrametría y el análisis arqueológico", *Revista de Arqueología*, 186, 14-25.

CÁMARA, L. y LATORRE, P., (2003). "El modelo analítico tridimensional obtenido por fotogrametría. Descomposición, manipulación y aplicaciones en el campo de la restauración arquitectónica", *Arqueología de la Arquitectura*, 2, 87-96.

CHARQUERO BALLESTER, A. M^a. y LILLO LÓPEZ, J.A., (2012). "Registro tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica. Fotogrametría y SIG en la intervención arqueológica de lo Boligni (Alacant)", *VAR*, vol. 3, nº 5, 81-88, [en línea], [consulta: 30/V/2015]. http://varjournal.es/doc/varj03_005_16.pdf.

FELICÍSIMO, A. M., (1994). *Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*, Oviedo, [en línea] [consulta: 30/V/2015]. <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>

GRAU MIRA, I., (ed.) (2006). *La aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje*, Alicante.

GUTIÉRREZ LLORET, S. y CÁNOVAS GUILLÉN, P., (2009). "Construyendo el siglo VII: arquitecturas y sistemas constructivos en el Tolmo de Minateda", *Anejos del AEspA*, LI, 91-132.

GUTIÉRREZ LLORET, S. y SARABIA BAUTISTA, J., (2007). "El problema de la escultura decorativa visigoda en el sudeste a la luz del Tolmo de Minateda: distribución, tipologías funcionales y talleres", *Escultura decorativa tardorromana y altomedieval en la Península ibérica. Anejos de AespA*, XLI, 301- 344.



GUTIÉRREZ LLORET, S. y SARABIA BAUTISTA, J., (2013). "The episcopal complex of Eio-El Tolmo de Minateda (Hellín, Albacete, Spain). Architecture and spatial organization. 7th to 8th centuries AD", *Hortus Artium Medievalium*, 19, 267-300.

PUNTO ARQUITECTURA S.L.P., (2011). *Fotogrametría práctica. Tutorial Photomodeler*, Santander.