

# Documentación 3D y visualización multimedia de las pinturas rupestres del Barranc de Carbonera (Beniatjar, Valencia)

IGNACIO SEGURA MARTÍNEZ\*

*Se presenta la metodología de documentación métrica y los resultados obtenidos en el levantamiento de los dos abrigo con arte rupestre neolítico del Barranc de Carbonera (Beniatjar, Valencia), en el que se han utilizado técnicas fotogramétricas y de escaneado láser terrestre. Los trabajos han permitido obtener un modelo fotorrealístico 3D con el que analizar formas y dimensiones de los motivos representados.*

*Documentación de arte rupestre; láser escáner terrestre; modelado 3D; fotogrametría; visualización.*

*Es presenta la metodologia de documentació mètrica i els resultats obtinguts en l'alçament dels dos abrics amb art rupestre neolític del Barranc de Carbonera (Beniatjar, València), al qual s'han utilitzat tècniques fotogramètriques i d'escanejat làser terrestre. Els treballs han permès obtenir un model fotorrealístic 3D amb què analitzar formes o dimensions dels motius representats.*

*Documentació d'art rupestre; làser escàner terrestre; modelat 3D; fotogrametria; visualització.*

## **3D documentation and multimedia display visualization of the cave paintings at the ravine of Barranc de Carbonera (Beniatjar, Valencia)**

*Herein we present the methodology of metric documentation and the results that we have obtained in our research work at the two existing rock shelters containing Neolithic cave art in the ravine of Barranc de Carbonera (Beniatjar, Valencia), in which we have used different techniques such as photogrametric and terrestrial laser scanning. The work carried out so far has allowed us to obtain a 3D photorealistic model which in turn enables us to analyze the different shapes and dimensions of the elements represented in the said location.*

*Key words: Cave Art documentation; terrestrial laser scanning; 3D modeling; Photogrametrics; Multimedia display visualization.*

## **1. Introducción<sup>1</sup>**

En este trabajo presenta la metodología de documentación métrica y los resultados obtenidos en el levantamiento de los dos abrigo con arte rupestre del Barranc de Carbonera, en el que se han utilizando técnicas fotogramétricas y de escaneado láser terrestre.

La fotogrametría terrestre mediante imágenes digitales y el escaneado láser terrestre son dos soluciones habitualmente requeridas a la hora de documentar el patrimonio cultural, especialmente arquitectónico y arqueológico (Cabrelles y Lerma, 2013). En la actualidad existe un debate abierto sobre el uso de una u otra técnica, no habiendo unas reglas claras de aplicación para los diferentes trabajos a abordar.

La gran ventaja del escaneado láser es la medición activa, que permite obtener resultados métricos desde el primer paso; sin embargo su elevado coste económico lo convierte en una herramienta exclusiva destinada a ciertos tipos de proyectos o sectores.

La fotogrametría se nos presenta como una alternativa accesible, potente y de coste reducido, no obstante presenta limitaciones en escenarios complejos. Así mismo, las tareas de georreferenciación de las nubes de puntos pueden resultar en ocasiones engorrosas.

La solución empleada para documentar los abrigo del Barranc de Carbonera ha sido la integración de ambas técnicas: utilizando un escáner láser terrestre para establecer la geometría espacial del conjunto que servirá de base al modelo 3D, y una secuencia de fotografías de los abrigo que serán las que se utilizarán en el texturizado 3D del conjunto.

Como complemento a los trabajos de documentación, se obtendrán las ortofotografías (2D) de los abrigo, y asimismo se tratarán de superponer sobre el modelo 3D los calcos de las pinturas publicados (Hernández y Segura, 1985).

## **2. Captura de datos**

Para la primera fase de trabajos correspondientes a la inspección métrica, se utilizó un TLS Leica ScanStation C10 de 3D de medio alcance (fig. 1). Este equipo mide distancias en un rango de 1,5 a 300 m, con una precisión nomi-

\* El Tossal Cartografies. natxosegura@yahoo.es

Recibido: 17-03-2014. Aceptado: 7-04-2014.



Figura 1. Estacionamiento del láser escáner en los abrigos del Barranc de Carbonera.

nal de 6 mm a una distancia de 50 m con iluminación normal y en condiciones de reflectividad. El campo de visión vertical tiene una amplitud de 270 grados sexagesimales y 360° en el plano horizontal.

Este láser escáner captura un máximo de 50.000 puntos por segundo. El software utilizado para el tratamiento de los datos es Leica Cyclone 7.3 © y Trimble RealWorks 6.5 ©.

En una segunda fase, se tomaron las imágenes utilizando una cámara Canon EOS 50D. Las fotografías cubrieron la totalidad del conjunto, con especial atención a los sectores con motivos pintados.

### 3. Procesamiento de datos láser

El volumen de datos láser ascendió aproximadamente a 54.500.792 millones de puntos espaciales (X,Y,Z) junto con sus valores de intensidad (I). La fase de procesamiento de los datos láser comienza con la transformación de las nubes de puntos capturadas en los sistemas de referencia instrumentales (locales) a un único sistema de coordenadas objeto XYZ.

El siguiente paso consistió en la depuración de los datos. Para ello se filtraron redundancias y se eliminaron elementos ajenos al conjunto rupestre. Además, se redujo el ruido del escáner.

### 4. Obtención del modelo 3D a partir datos láser

A partir de las nubes de puntos registradas y filtradas se obtuvo el modelo tridimensional del conjunto rupestre del Barranc de Carbonera (fig. 2). Dicho modelo obtenido tenía originalmente 43.000.000 de caras de triángulos, si bien fue reducido a 5.000.000 millones de caras debido a la dificultad de procesarlo. El software utilizado para la generación de modelos tridimensionales ha sido MeshLab v1.3.2 ©.

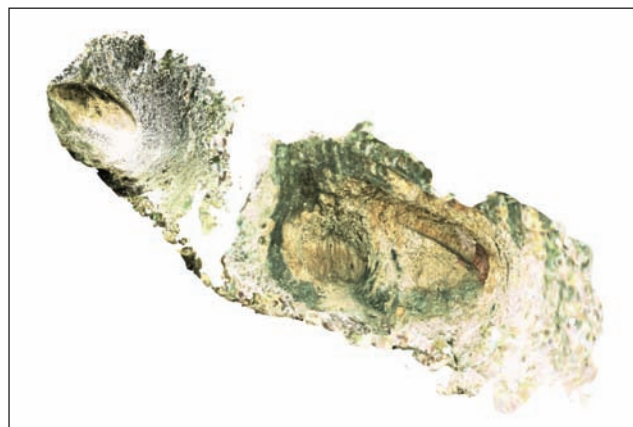


Figura 2. Modelo tridimensional obtenido a partir de datos láser.

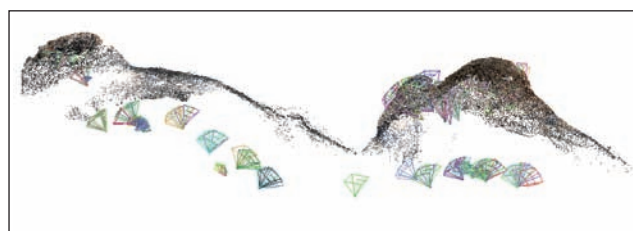


Figura 3. Vista del proyecto de orientación de las imágenes.

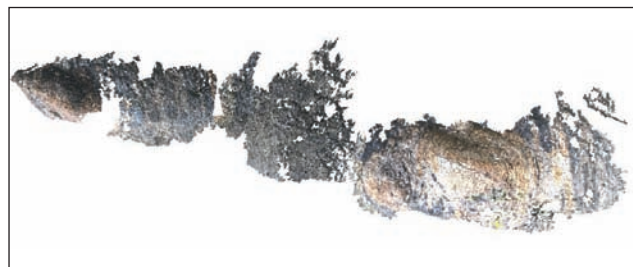


Figura 4. Nube de puntos obtenida mediante SFM.

### 5. Orientación de las imágenes y obtención de la nube de puntos 3D

Para dotar de textura al modelo 3D, obtener ortofotografías, y para la generación de modelos a alta resolución, fue necesario orientar en el espacio un total de 107 imágenes (fig. 3). En primer lugar, las imágenes se orientaron en bloque para obtener sus parámetros de orientación externa. Posteriormente se realizó una transformación de semejanza 3D con la finalidad de determinar la orientación absoluta de las imágenes del bloque fotogramétrico respecto del modelo tridimensional obtenido mediante datos láser.

El software empleado en los trabajos de calibración de cámara, orientación de imágenes, y obtención de la nube de puntos 3D ha sido VisualSFM 0.5 ©; para la transformación de semejanza se ha utilizado el software Cloudcompare v.2.5.4.1 ©.

La figura 4 muestra la nube de puntos obtenida a partir de procesos conocidos como *Structure from motion* (SFM), los SFM se basan en la reconstrucción de escenas en 3D a partir de imágenes en 2D, estos SFM permiten trabajar con grupos de imágenes desordenadas a través de las cuales se buscan puntos o aspectos comunes que permiten obtener un modelo 3D.

La densidad del modelo obtenido fue de 15.312 puntos/m<sup>2</sup>, lo que equivale a una resolución espacial media de 8 mm.

## 6. Texturizado fotorrealístico

Para dotar de textura al modelo 3D se utilizaron un total de 53 imágenes. El programa MeshLab v1.3.2 ©, empleado para la texturización del modelo, realiza un análisis de visibilidad contra el modelo 3D, con tal de resolver los problemas comunes derivados de la texturización; y, además, selecciona la mejor proyección de imagen sobre el modelo 3D.

En la figura 5 se muestra un modelo 3D obtenido a partir de datos láser, con textura fotográfica.

Con el texturizado fotorrealístico se concluye un proceso que, partiendo de una nube de puntos, nos permite generar un modelo 3D (fig. 6). La planta y el alzado de los abrigos se han obtenido a partir de dicho modelo (fig 7).

## 7. Ortofotografía

Una ortofotografía es una imagen métrica en proyección ortogonal sobre un plano de referencia determinado, a diferencia de una fotografía convencional que presenta una proyección perspectiva (cónica). Por tanto, la ortofotografía conserva únicamente la verdadera dimensión en los motivos emplazados en planos paralelos al plano de proyección.

La generación de las ortofotografías requirió de los modelos 3D y de 53 de las fotografías orientadas. El programa empleado también fue MeshLab v1.3.2 ©. El tamaño del píxel elegido a la hora de generar las ortofotografías fue de 8 mm para la ortofoto del abrigo completo, y de 2 mm para las ortofotos de los abrigos I y II por separado (fig. 8).



Figura 5. Modelo fotorrealístico 3D, Abrigo I del Barranc de Carbonera.



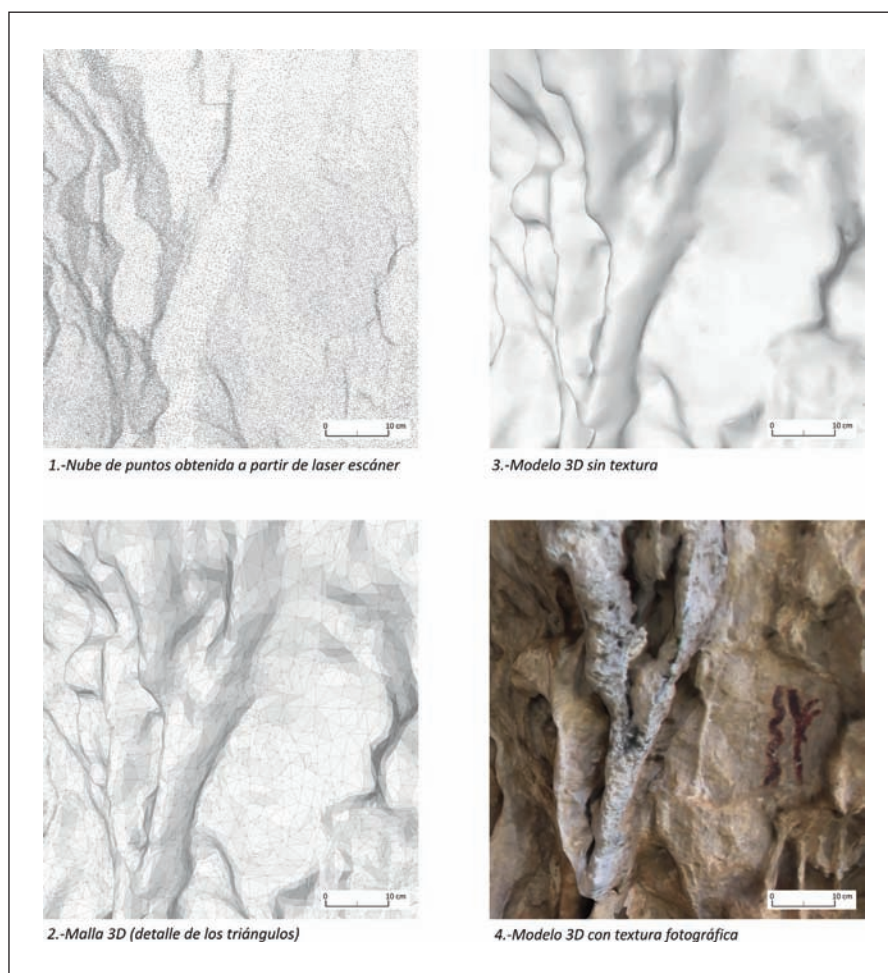


Figura 6. Esquema de las diferentes fases del proyecto tomando como modelo una misma porción del abrigo I del Barranc de Carbo-nera.

## 8. Superposición de los calcos publicados en el año 1985

Una vez obtenido el modelo tridimensional fototexturizado se ha procedido a superponer sobre la malla 3D los calcos realizados en el año 1985 (fig. 9). El objetivo es mejorar la visualización e interpretación del modelo 3D.

Para la superposición de los calcos se ha empleado el software photoshop 7.0. ©; posteriormente se ha empleado nuevamente MeshLab v1.3.2 © para la texturización.

## 9. Visualización multimedia

Una de las grandes ventajas de contar con el modelo 3D de un objeto es la posibilidad de visualizar, analizar y extraer fácilmente información adicional particularizada 2D y 3D. Para ello hemos utilizado el software Cloudcompare v.2.5.4.1 © (fig. 10). A través de esta herramienta se puede navegar alrededor del modelo 3D de un modo virtual e interactivo. De este modo, el usuario puede sentirse inmerso dentro de un mundo virtual que es fiel reflejo de la realidad

sin la necesidad de encontrarse físicamente en la ubicación original. Cabe destacar la ventaja que brinda un manejo sencillo e intuitivo por parte del usuario, que le permita seleccionar, visualizar y reconstruir desde cualquier punto de vista el área objeto de estudio.

Una cualidad interesante que ofrecen las herramientas multimedia es la generación de animaciones virtuales y/o vídeos que recorren el modelo fotorrealístico a partir de una trayectoria marcada previamente por el usuario. Específicamente, solo se han de indicar las posiciones que definan la trayectoria que ha de seguir la cámara virtual al realizar el vídeo, la dirección de la vertical de la cámara en cada una de las posiciones, el punto al que apunta la cámara, el tipo de proyección, o la velocidad con la que la cámara virtual ha de moverse de una posición a la siguiente.

Con procedimientos como los descritos en el apartado anterior pueden generarse animaciones virtuales que presenten modelos 3D fotorrealísticos de objetos reales como pueden ser monumentos históricos, edificios emblemáticos, esculturas, yacimientos o sitios arqueológicos, etc.

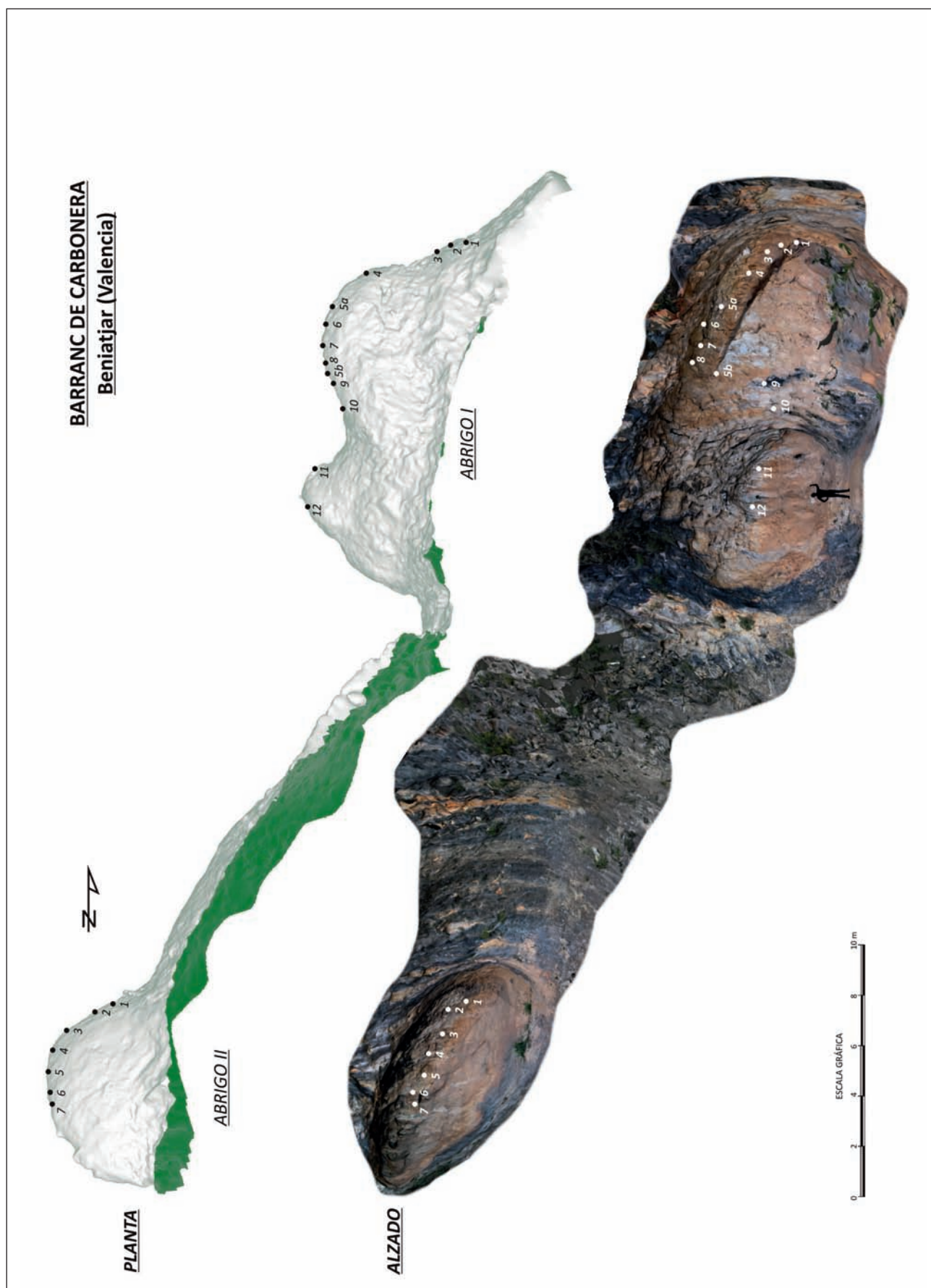


Figura 7. Planta, alzado y situación de los paneles publicados en 1985.

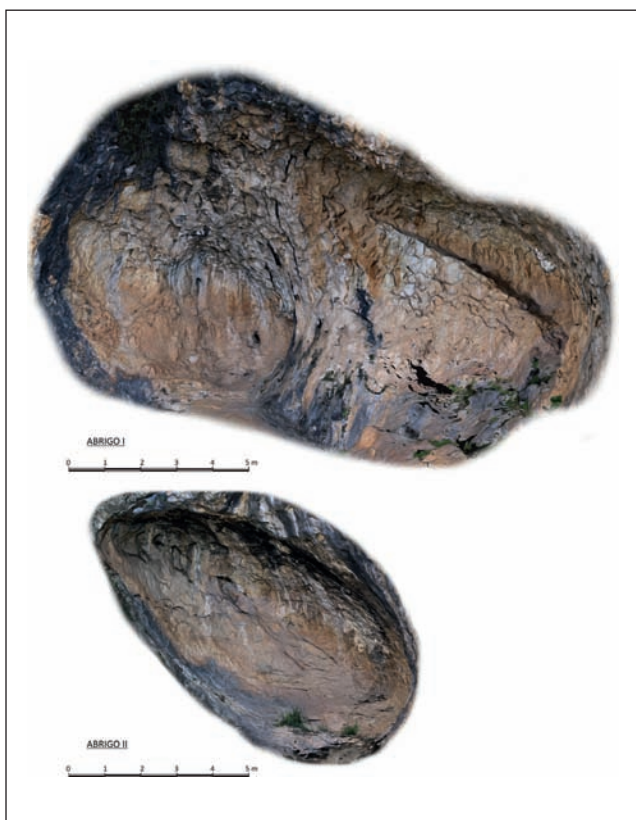


Figura 8. Ortofotos abrigos I y II.

## 10. Conclusiones

La combinación del escaneado láser terrestre y de la fotogrametría terrestre garantiza una solución acertada a la hora de generar modelos tridimensionales fotorrealísticos de calidad. Estos modelos tridimensionales tienen aplicaciones muy diversas, entre las que encontramos la documentación métrica del patrimonio cultural y la generación de productos multimedia (Lerma, 2010).

En esta exposición se constata la complementariedad de ambas técnicas más que la rivalidad de las mismas para completar con éxito un trabajo de documentación del patrimonio, lejos de los productos derivados de los trabajos de levantamiento tradicional. No obstante, y como hemos visto en la introducción, la decisión final vendrá condicionada por la complejidad del escenario a representar, las precisiones requeridas así como los recursos de tiempo y costos disponibles.

## Notas

1. Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación HAR 2009-13723 “VIII y IV milenios cal. BC. Arte rupestre, poblamiento y cambio cultural entre las cuencas de los ríos Júcar y Segura”, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

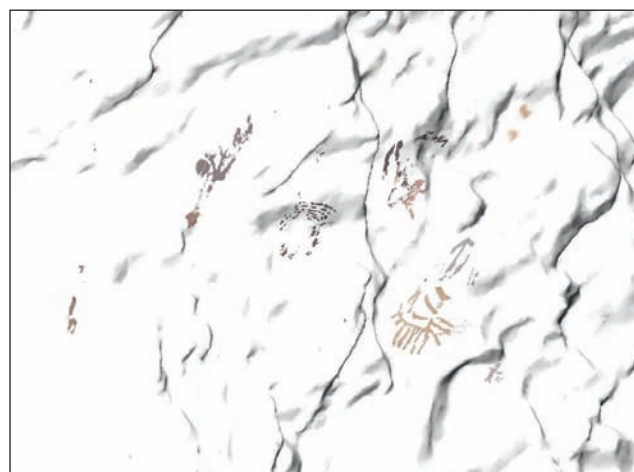


Figura 9. Superposición de los calcos sobre la malla 3D.

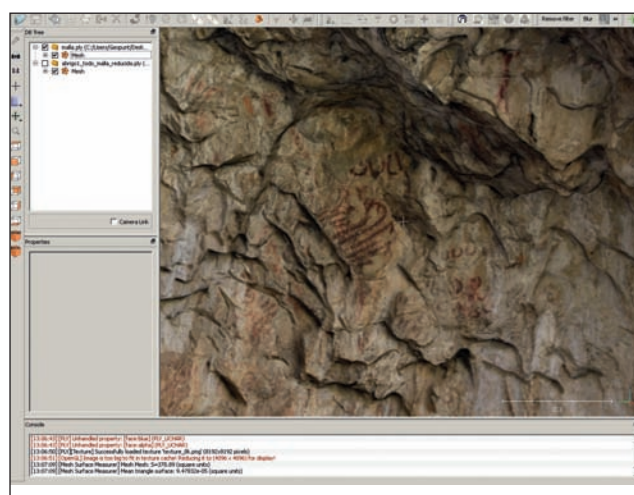


Figura 10. Captura de pantalla del software Cloudcompare v.2.5.4.1 ©.

## Bibliografía

- CABRELLES, M. y LERMA, J. L. (2013). Documentación 3D de abrigos rupestres a partir de láser escáner y de procesos fotogramétricos automatizados. *Virtual Archaeology Review*, vol. 4 (8): 64-68. Ed. Sociedad Española de Arqueología Virtual.
- HERNÁNDEZ PÉREZ, M. S. y SEGURA MARTÍ, J. M. (1985). *Pinturas rupestres esquemáticas en las estribaciones de la Sierra de Benicadell, Vall d'Albaida (Valencia)*. Trabajos Varios del SIP, 82. Valencia.
- LERMA GARCÍA, J.L.; CABRELLES LÓPEZ, M.; NAVARRO TARÍN, S. y GALCERÁ USTERO, S. (2010). Documentación 3D y visualización multimedia de la Cova del Parpalló (Gandia). *Virtual Archaeology Review*, vol. 1 (2): 123-127. Ed. Sociedad Española de Arqueología Virtual.