

## APÉNDICE 1

### EL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO DEL "HORNO DE ULACA" (AVILA)

ANTONIO ALMAGRO\*

El levantamiento planimétrico de este interesante resto rupestre se abordó dentro de un programa incluido en el proyecto de investigación sobre "Arquitectura residencial hispanomusulmana" financiado por la DGICYT y desarrollado dentro de la escuela de Estudios Arabes (CSIC) de Granada. Dentro de este proyecto está incluido la investigación y desarrollo de métodos de documentación arquitectónica y arqueológica utilizando nuevas técnicas como la fotogrametría y el CAD. Una de las líneas prioritarias de esta investigación consiste en analizar las posibilidades de métodos simplificados de fotogrametría, en especial en lo que a la toma de datos se refiere, pensando en su aplicación por personas con escasos o nulos conocimientos sobre la propia técnica fotogramétrica. Este tipo de intervenciones persigue por un lado evaluar realmente las posibilidades del sistema sobre casos reales y con utilidad inmediata, y a la vez, extender y fomentar el uso de estas técnicas entre arqueólogos y arquitectos, convencidos como estamos de su efectividad (Almagro 1991a).

Por ello, ya desde hace tiempo, venimos estableciendo colaboraciones con otros investigadores con el fin de que la evaluación no sea sólo debida a nosotros mismos, sino a otros profesionales. Y dentro de la experimentación de técnicas simplificadas para su aplicación por personas de escasos conocimientos en las técnicas hemos querido que fueran personas reales y con tales circunstancias las que probaran la efectividad de los sistemas.

Ya con anterioridad, establecimos una colaboración con el Dr. Martín Almagro-Gorbea para la documentación del estanque monumental de Bibracte (Almagro-Gorbea y Gran-Aymerich 1991) excavado por una misión española integrada en el Proyecto Internacional de investigación de este importante yacimiento. En esa ocasión, la lejanía y falta de disponibilidad del tiempo necesario nos aconsejaron establecer un programa de trabajo que suponía que la toma de datos sería realizada por el propio Dr. Almagro-Gorbea siguiendo nuestras indicaciones. La restitución de los planos fue realizada posteriormente en la Escuela de Estudios Arabes (Almagro 1991c).

A la vista del éxito de esta primera experiencia, se nos requirió para una nueva colaboración en la documentación del "Horno de Ulaca". Los requerimientos de este nuevo caso eran bastante distintos, más sencillos y con menos exigencias ya que además del menor tamaño del objeto a documentar, el posible estudio metrológico no precisaba de la exactitud que se obtuvo en Bibracte, dada la imprecisión de los contornos debida tanto a la ejecución original como a la erosión provocada por la intemperie. Por tanto decidimos simplificar al máximo la toma de datos, que se reduciría a la simple toma de fotografías y a la de unas medidas de longitud tomadas mediante un metro flexible.

Para la relación del objeto con el plano horizontal, se utilizó un pequeño nivel ajustable a la cámara que proporciona una precisión de  $\pm 30'$ , evidentemente no muy grande pero a nuestro entender suficiente para los fines que pretendíamos. Téngase en cuenta que un error de 30' en una longitud de 5 m., medida de la dimensión máxima del "horno", apenas produce un error de altimetría de 4 cros, que entraba dentro de las previsiones de error admisibles como consecuencia de la propia imprecisión de los límites y aristas del objeto que hace que la mera interpretación de tales contornos acarree ya de por sí errores de esta magnitud.

El objeto no precisaba de ninguna otra referencia a sistemas de coordenadas, que podían ser definidos arbitrariamente, por lo que resultaba totalmente innecesaria la medición de puntos de apoyo en un sistema de coordenadas predefinido.

Sobre estas premisas se definió el modo de actuación. Aprovechando un desplazamiento nuestro a Madrid, facilitamos durante un día la cámara semimétrica Rollei 6006 Metric habitualmente utilizada en nuestros trabajos, para la toma de datos que fue realizada por el Dr. Almagro-Gorbea.

Creemos que la experiencia es digna de analizarse como ejemplo de errores que se pueden cometer e imponderables que pueden surgir en este tipo de trabajo, pero también de cómo sus efectos pueden minimizarse con un adecuado tratamiento de los datos. La ubicación del horno en un lugar inaccesible, a más de 1.500 metros de altitud y las inclemencias del tiempo en el día en que se efectuó el trabajo fueron determinantes a la hora de cometerse fallos y errores. Pero creemos que lo importante de la experiencia ha sido demostrar que pese a todo, y hemos de considerar que muchos de estos fallos es fácil que se produzcan cuando se carece de experiencia y conocimientos sobre fotogrametría, no han impedido la realización del trabajo cumpliendo con los requerimientos pedidos.

El Dr. Almagro-Gorbea nos entregó las fotografías realizadas así como los datos de medidas tomadas. Con ellas acometimos la restitución de planos sobre la base de nuestro sistema de operar con apoyo reducido (Almagro 1991b).

Partimos para ello de un par de fotografías obtenidas desde el lado sur, que eran las que documentaban mejor en su conjunto el objeto. La orientación relativa de las fotografías demostró que la nivelación lograda con el nivel de la cámara era suficientemente buena al no existir giros relativos de Omega y Kappa superiores a 30'. La orientación en el espacio se estableció en función de la cámara izquierda, cuyo plano de imagen era sensiblemente paralelo al plano de la pared lateral del "horno".

Pero en la puesta en escala del modelo se presentaron las dificultades. Utilizando una longitud tomada entre dos señales comprobamos que la longitud que luego obteníamos de un jalón de 1.5 m. que también había sido colocada para comprobación, resultaba errónea. El jalón se había movido ligeramente entre una de las fotos y la otra y lo mismo ocurría con el metro flexible también colocado en horizontal, que en una de las fotografías había volado materialmente por efecto del viento. A pesar de todo, merced a la longitud aproximadamente medida del jalón y a la longitud del metro observada por comparación con puntos del entorno, pudimos deducir que el error de la medida entre las señales consistía en un error de anotación en que se había equivocado la cifra de los decímetros, cuyo valor real pudimos deducir con facilidad. Gracias a ello pudimos poner en escala el modelo y restituir todo lo visible en él. En este primer modelo identificamos puntos bien visibles en otros pares de fotografías que era preciso restituir para dibujar detalles o zonas laterales. Los modelos de detalle o necesarios para restituir zonas no visibles se pueden considerar englobados dentro del primer modelo. En este pues, se midieron coordenadas de los puntos de apoyo necesarios para orientar los otros, que fueron dos, uno del lateral oeste, necesario para dibujar la boca del horno, y otro tomado desde lo alto con ejes casi verticales utilizado para restituir la zona interior.

De este último modelo, una de la fotografías estaba movida, aunque ello no impidió orientarlo, eso sí, con grandes paralajes residuales. No obstante, dada la escasa distancia existente en este modelo entre la cámara y el objeto, los errores quedaban dentro de los considerados como admisibles. En conjunto, y comprobando las longitudes del jalón medidas en los distintos modelos, se puede considerar que el error medio logrado es del orden de 3 cros. Volvemos a insistir en que dicho error resulta prácticamente consubstancial a la indefinición de los límites del objeto, por lo que no tiene sentido exigir una precisión mayor.

Evidentemente, las precisiones logradas distan mucho de ser las exigibles en un levantamiento fotogramétrico realizado con las escalas fotográficas y de modelo con que se contaba. Un mínimo de mediciones de apoyo hubiera permitido unas mayores precisiones, pero a costa de ser realizado por personal con experiencia y en mejores condiciones climatológicas. También hubiera sido posible, mediante un ajuste de haces utilizando las fotografías oblicuas que también se obtuvieron, haber incrementado notablemente la precisión, naturalmente a costa de mucho más tiempo de trabajo. Consideramos que los resultados obtenidos eran suficientes para

la finalidad propuesta. En cualquier caso, con los elementos disponibles, ha sido posible documentar, creemos que con la precisión y fiabilidad adecuadas, esta interesante construcción. Esto demuestra, que aun en las peores circunstancias, una serie de fotografías tomadas según unas sencillas normas básicas y con un mínimo de medidas complementarias (puede bastar con la colocación de un jalón visible en las fotografías) puede servir en casos extremos para documentar un monumento, una excavación u otro bien cultural.

La restitución ha sido realizada mediante el restituidor ADAM MPS2 directamente sobre AutoCad. Se hizo una restitución completa, tridimensional, de todo el conjunto, a partir de la cual se seleccionaron las líneas que pasaron a formar parte de los dibujos de las distintas proyecciones, dado que el sistema de eliminación automática de líneas ocultas de AutoCad resulta sumamente laborioso y lento para dibujos de cierta complejidad. Con este sistema se han dibujado la planta, alzados, secciones y dos vistas isométricas, siendo posible la realización de cualquier otra proyección, bien sea ortogonal o cónica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALMAGRO, A. 1991 (a): Un sistema informático de documentación arqueológica en la Escuela de Estudios árabes (CSIC) de Granada, Complutum, 1.
- 1991 (b): Simplified methods in architectural photogrammetry, comunicación presentada al XIV International Symposium, of the International Cometeec of Architectural Photogrammetry (CIPA), Delfos (en prensa).
  - 1991 (c): Levantamiento fotogramétrico del estanque monumental de Bibracte, en ALMAGRO-GORBEA, M. y GRAN-AYMERICH, J. El estanque monumental de Bibracte, Apéndice 4, Madrid 1991.
- ALMAGRO-GORBEA, M. y GRAN-AYMERICH, J. (1991): El estanque monumental de Bibracte, Madrid.
- EL LEVANTAMIENTO FOTOGRAFAMÉTRICO DEL "HORNO DE ULACA" (AVILA) Lámina 1  
Levantamiento fotogramétrico de la sauna de Ulaca. Alzados, planta y secciones.

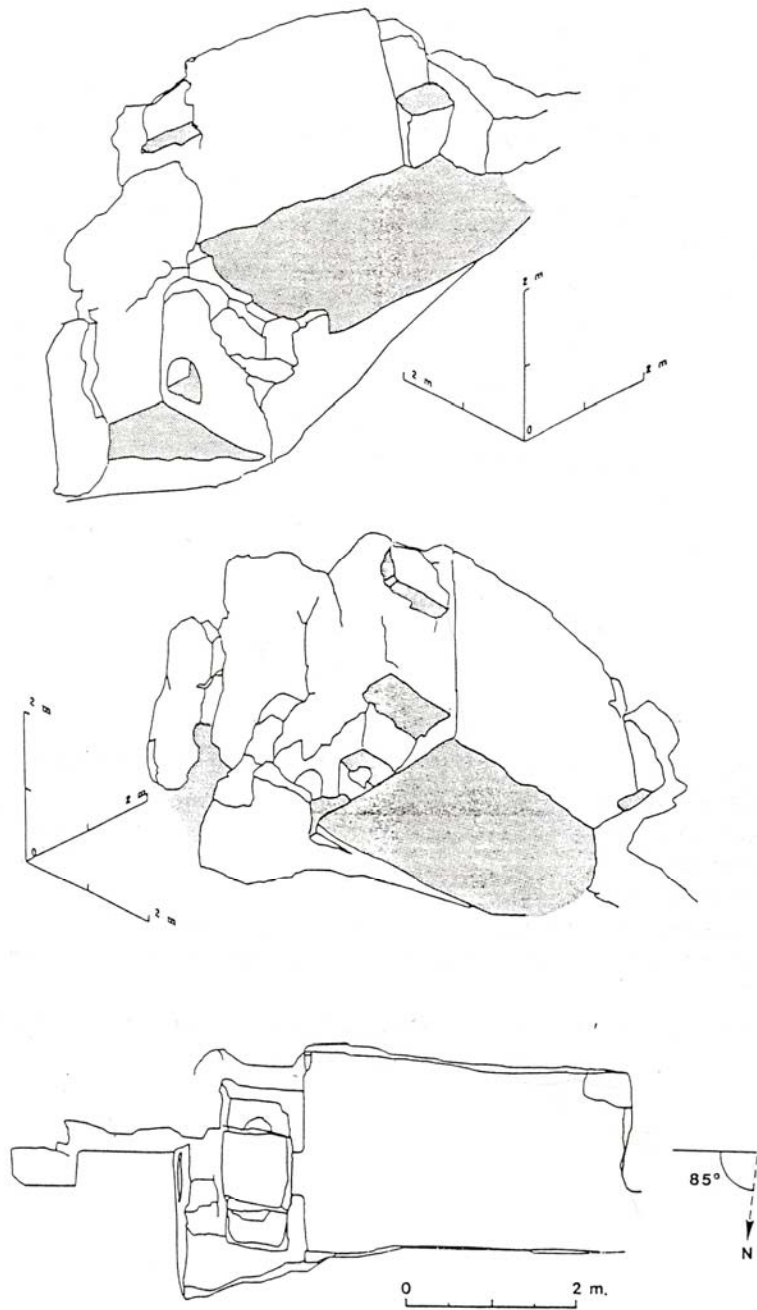


Lámina 1 Levantamiento fotogramétrico de la sauna de Ulaca. Alzados, planta y secciones.

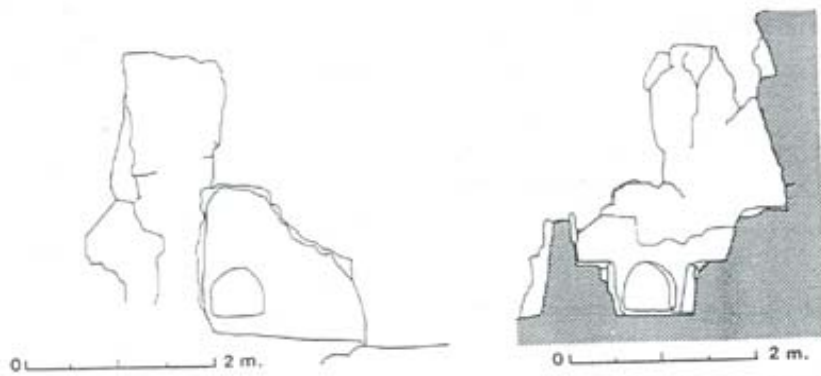
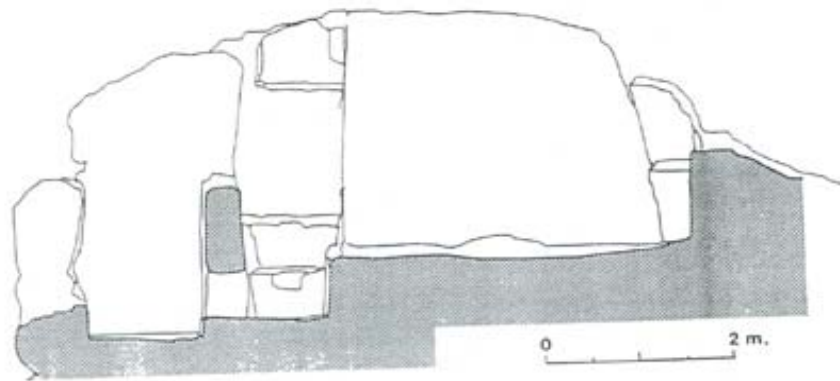
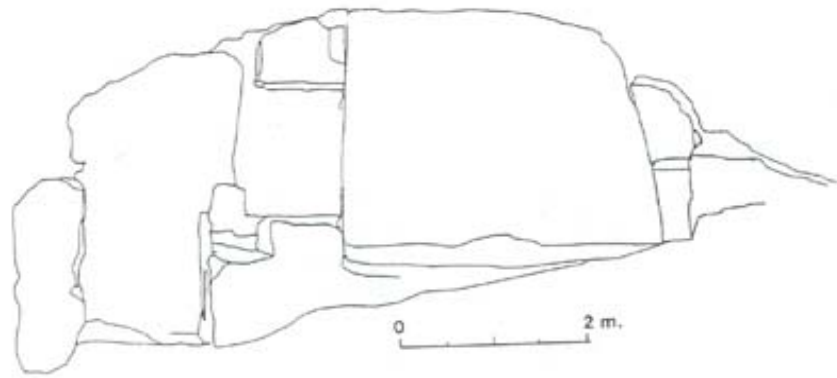


Lámina 2 Levantamiento fotogramétrico de la sauna de Ulaca. Alzados, planta y secciones.