



### Teresa Gil Piqueras

Technical Architect and Materials Engineer from the UPV, and Building Engineer from the UCM. PhD (Extraordinary Award) in the program "Architectural Heritage: History Composition and Graphic Studies". Professor of the Department of Architectural Graphic Expression at the Polytechnic University of Valencia. She participated in various research projects related to the vernacular heritage and defensive border architecture.

## Earth architecture Archeology. Graphic study in the M'Goun River Valley, Morocco

### *Arqueología de la arquitectura de tierra. Estudio gráfico en el valle del río M'Goñ, Marruecos*

The research takes place in the M'Goun Valley, south of the Moroccan High Atlas. The objective is to show the results of the study performed on three examples of kasbahs, which as a pilot were chosen to document this important architectural corpus. The study and analysis of their morphologies through various graphical surveying methods has allowed us to interpret and formulate hypotheses regarding how they were in their original state. When choosing the models, their current conservation and use status were taken into account, as well as their distance to large population centers, where external influences are lesser. Our research focuses on Bou Tharar, Issoumar and Amejgag, where the Ait Aicha, Ait Boussake and "The Water Guardian" kasbahs are found.

*La investigación se desarrolla en el valle del M'Goun, al Sur del Alto Atlas marroquí. El objetivo es mostrar los resultados del estudio de tres ejemplos de kasbahs, que a modo de sonda fueron elegidos para documentar este importante corpus arquitectónico. El estudio y análisis de sus morfologías, a través de diversos métodos de levantamiento gráfico, nos ha llevado a interpretar y formular hipótesis de cómo fueron en su origen. En la elección de los modelos se tuvo presente el estado de conservación y uso actual, así como su lejanía a los grandes centros poblacionales, en donde las influencias externas son menores. Nuestra investigación se sitúa en Bou Tharar, Issoumar y Amejgag, en donde se encuentran las kasbahs: Ait Aicha, Ait Boussake y el "Guardián del Agua".*

**keywords:** rammed earth; digital heritage; vernacular architecture; photogrametry.

**palabras clave:** arquitectura de tierra; levantamiento digital; arquitectura vernácula; fotogrametría; Archeología

## 1. INTRODUCTION

Over the last few years we have witnessed the ruin of many of the traditional models of earth architecture in Southern Morocco. Without going into analyzing the reasons, which are many and of different origin, we find ourselves at a historical time in which the loss of these models is unavoidable. The particularity of these vernacular constructions, executed with rammed earth and vegetal matter, together with the lack of maintenance, cause these constructions to fall apart over time, integrating into the territory from which they arose. Unfortunately, once arrived at this point, the mimesis with the landscape is such that it becomes impossible to identify them, leaving no archaeological remains allowing their study to be resumed in future research. For this reason, it is necessary to make an early cataloging of this heritage, which enables to document this ancestral architecture so closely linked to its society and way of life.

The research that is shown here focuses on the M'Goun River Valley, known as the Valley of Roses for its large production of damask roses, from which the rose water and rose essence so characteristic of this region and marketed throughout Morocco are extracted. The valley is located to the south of the High Atlas, within the province of Tinerhir, and its basin is accessed from the Kelâat M'Gouna, city located on the N10 national road, 94 km. east of Ouarzazate and about 75 km. west of Tinerhir. From said road, the city grows while we climb up the valley following a regular and orderly pattern typical of new-built cities, showing architectural typologies that are borderline between the traditional, inherited models of the French protectorate and a kind of chaotic developmentalism of little architectural and urban interest. However, a few kilometers away, the meaning of Kelâat begins to make sense when we are faced by the beauty of the Mirna fortress, one of the most emblematic and beautiful places in the area.

As we climb up the valley towards the mountains, first through local roads and dirt tracks later on, we can observe how the landscape begins to



Fig. 1. Mirna Fortress in the M'Goun Valley.

shed the chaos that precedes it and we can start reading the constructive and cultural tradition of this rural society through the vernacular architecture. From Mirna, we arrive at the town of Bou Tharar where the river receives waters from two watercourses: the one coming from the West, and continuing its route to the town of Amejjag, one of the last inhabited villages situated in the upper part of the mountain range; and the one that arrives from the East, crossing the town of Issoumar, goes far into the mountain range. Starting from Bou Tharar, the architecture changes and the kasbahs begin to appear, distinguished by being square floor plan fortified residences, endowed with more or less slender towers at the corners, executed with high walls of rammed earth and adobe bricks, which were originally built for single farmland owing families.

Today, as a result of emigration to large cities or even on many occasions of the properties'

fragmentation as a result of inheritance, most of these kasbahs have been abandoned or are substantially transformed. The natural landscape that surrounds them has also been anthropized, and even their direct environment has changed as now they are surrounded by new architectural models attached to their façades, preventing them from being seen in their original state. The slenderness of their towers and the ornamentation of their walls are often lost as a result. As we traveled down the valley we observed how the kasbahs of the most remote villages are even more vulnerable, some already showing an advanced state of deterioration, adding an important risk factor of ruin. As a consequence of this, it is necessary to carry out an early documentation of this heritage at risk, which allows us to advance in the knowledge of this architecture while facilitating the safeguarding of this architectural corpus.



Fig. 2. Map of the M'Goun Valley with the location of the three kasbahs under study.

## 2. OBJECT OF STUDY AND METHOD

It was precisely these conditioning factors what brought us to undertake a detailed study of three unique examples of kasbahs along the valley, documenting their morphologies and uses through graphic surveying. We selected three models distributed along the fluvial channel, specifically located in the villages of Bou Tharar, Issoumar and Amejjag. The Ait Aicha kasbah, located in the first one, presents an acceptable state of conservation and is used as a touristic site; the Ait Boussaka kasbah located in the next town, of less architectural richness than the previous one, maintains a family use; and finally, the kasbah known as “The Water Guardian”, whose state of ruin is very advanced and therefore is unused. From the graphic survey of the first two and the comparative study of its structures and uses, we were able to obtain enough information to be able to approach the modeling of the third of them, “The Water Guardian” kasbah.

The study of the kasbahs started with the realization of a rigorous graphical survey that, according to the constraints of each construction, required a different methodology depending on the possibilities of the model, the available technical means and accessibility, among others. The preconditions posed a great limit to the possibilities of using advanced technology to produce effective graphic surveys. First of all, the difficulty of introducing a 3D laser scanner in Morocco, and even the impossibility of using a drone for legal reasons in the Alawite country, meant that we had to resort to the use of simpler methods, although not less precise. Another factor to take into account was the shortage of time to obtain the data, so we had to turn to a quick method, with which we could obtain all the possible information in the shortest time. Finally, the methods used varied from a direct survey using the traditional system (sketch) or the photogrammetric rectification, to 3D photomodelling by Structure from Motion (SfM). The surveying equipment consisted of a laser distance meter (Leica DisoTM D2), an optical topographic level (Leica

NA720) and two cameras (Leica D-Lux3 and Canon 5D). Subsequently, the information obtained was processed through different software, of which we highlight AsRix for camera calibration and photogrammetric rectification, AutoCAD for 2D elaborations, Agisoft Photoscan for 3D models generation, and Sketchup and Photoshop for the elaboration of 3D reconstructive hypotheses .

## 3. STUDY AND ANALYSIS OF THE KASBAHS

### 3.1. AIT AICHA KASBAH (BOU THARAR)

The first kasbah is located in the small village of Bou Tharar, at an altitude of 1,589 meters, in the lowest stretch of the river. In this place, it is still possible to distinguish several kasbahs presenting different conservation states ranging from an acceptable level of maintenance to absolute ruin. Most of the constructions are still earth-made, coexisting with some new constructions based on concrete blocks. In the very center, next to the road, we find the Ait Aicha kasbah, in an acceptable state of conservation.

The kasbah was built by Ali N'Ait Aicha at the end of the 19th century, for what is known as Ait Aicha kasbah, although they also call it Ait Oumergdane kasbah. The current owners are the direct descendants of its first owner and are represented by Moha ou Hamou.

Nowadays, it is integrated in the urban fabric, being attached to other constructions in the majority of its perimeter, of lower height, so that they do not diminish its visual impact, standing out its four slender towers in the corners. From the graphic survey it can be deduced that it has a square plant with a side length of about 10 meters between its opposite side walls, which are limited in its four corners with towers whose sides are between 2.50 and 3.20 meters. It has a height of 11 meters in its central part, reaching the towers a height of approximately 14 meters. After studying and analyzing the morphology and uses of the kasbah, we observed that the main access is preceded by a porch, which as a shed protects the main entrance. Once we accessed the ground floor, from the central axis of





Fig. 3. Ait Aicha kasbah in the village of Bou Tharar.

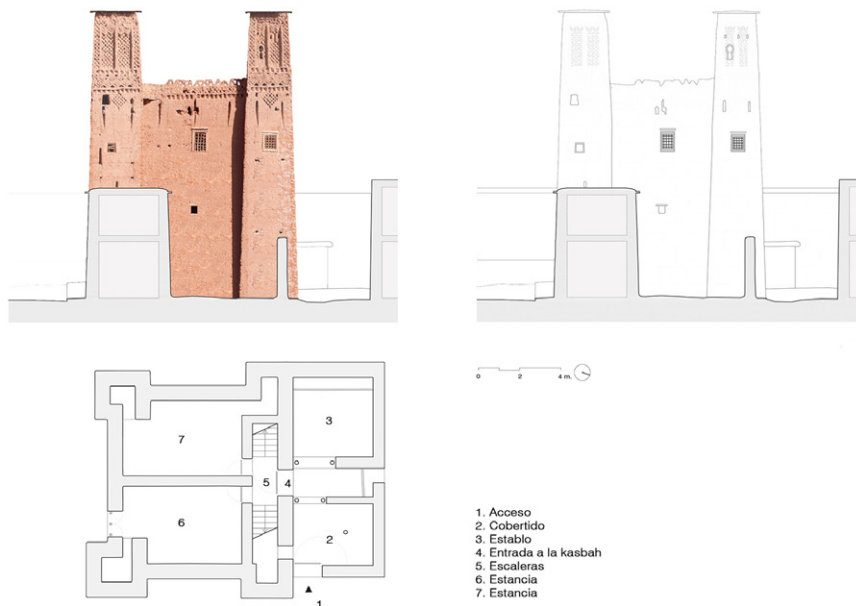
its surface we found a room and a staircase on each side, creating a symmetry that is practically preserved throughout its height. The first and second floors repeat the same scheme of a single room for each staircase, to continue to the rooftop, from where the interior of the last section of the towers can be accessed. Although the rooms of the building are mostly empty, there are two locked chambers and the ground floor has one of its parts used as garage-storage also enclosed, having a new direct access to the outside. The area of the access porch retains its use as housing for the animals.

For the graphic survey of its façades, we resorted to the photogrammetric rectification of its

planes, a method that quickly provided metric and surface information. Perhaps the most complex task was obtaining the walls' coordinates. The use of plumb lines and the constructive organization of walls executed with a constant adobe wall, allowed us to measure a series of points on the façade, from which we could establish a two-dimensional coordinate system on which to obtain the 2D position of each of them, being the coordinates necessary for the photogrammetric rectification using the AsRix software.

As we could appreciate, the construction of the kasbah is solved by a rammed earth wall, consisting of 11 courses with a thickness of 80 cm. on the ground floor, 60 cm. on the first floor and 50 cm. on the second floor. The thickness reductions of the wall are made at the level of the different slabs. In the last body, corresponding to the rooftop with the parapets and the crowning of the towers, the thickness is reduced to 30 cm., made in this case using adobe wall. The slabs are solved based on large poplar beams sometimes supported by props of the same material when approaching the wall, in order to avoid point load directly on the ground. The beam filling is made up of logs of the same wood but with a smaller section, on top of which branches and leftover tinder are arranged to prevent the passage of the compacted earth that forms the last layer, serving this one as the floor for the upper story. This same compacted earth is used to cover the roofing slopes without currently having any other waterproofing element. The stairs are executed in the same way, some stringers having flagstones placed over the logs, forming the steps with adobe bricks and nosing with the logs themselves. From the inside, it is possible to appreciate how the rectangular shaped windows with a decorated frame to the outside are of recent construction, the original openings corresponding to the narrow strips left in between two walls.

The ornamentation of the towers is reduced to their upper part thanks to the fact that the façade is no longer constructed with rammed earth walls and it is now executed with adobe bricks, which facilitate the possibilities of creating geometrical decorative motifs.



1. Acceso
2. Cobertido
3. Establo
4. Entrada a la kasbah
5. Escaleras
6. Estancia
7. Estancia

Fig. 4. Graphical survey of the Ait Aicha kasbah. (1. Access; 2. Porch; 3. Stable; 4. Entry to the kasbah; 5. Stairs; 6,7. Chambers).



Fig. 5. Kasbah Ait Boussaka, en Issoumar.

### 3.2. AIT BOUSSAKA KASBAH (ISSOUMAR)

The second kasbah is located in the town of Issoumar at an altitude of 1,720 meters in the middle stretch of the river, next to a fertile area where the river encounters alluvial soils, giving origin to an orchard. On the other side of the river there are three small urban settlements known as Imi n- Ouaqqa, Igram Akedim and Tizguine, forming the most ancient part of the place where concrete block constructions are almost non-existent.

The kasbah is owned by Brahim Ait Boussaka, a direct descendant of the first owner who shares some rooms of the kasbah with family members,

possibly as a result of the strict Islamic laws existing on the division of the inheritance, in which it is established that the property must be divided among all the successors and being unable to assign more than one third to a single descendant. The kasbah is practically exempt in all its perimeter except in one corner reached by the walls of a house's courtyard where currently lives Brahim Ait Boussaka with his family, and in the area prior to entry, where a space is created in the manner of a cattle fold protecting the entrance.

The graphic survey method used was the same as in the case of the Ait Aicha kasbah, obtaining the façades' photogrammetric elevation by means of AsRix, and having to resort to the traditional

system to draw the floor plans. From the graphic survey it can be concluded that it has a square plant with a side length of about 11 meters between its opposite walls, and towers at all four corners whose sides are between 2.20 and the 3.00 meters. The towers have a height of around 10 meters, not surpassing the cover, thus giving the ensemble a sense of robustness. In fact, it is as if the last section normally executed with adobe bricks was missing, although we ignore if it ever existed, since it is not the only case following this aesthetic. Above the rooftop the only visible element is the small shed at the end of the stairs giving access to it, without any protective parapet.

After accessing its interior, we find an entrance hall giving access to the different rooms, destined as warehouse and stable, which are still in use today. Facing the entry we find a stretch of the staircase running through the construction almost from side to side and which, together with the back corridor, running parallel to it, form the central core. Both the first and second floors are divided into rooms that can be accessed directly from the corridor. Finally, we reach the rooftop through the shed. As in the Ait Aicha kasbah, there are locked rooms. The fact that the kasbah is shared among several owners leads to mixed uses, causing to find animals in the stable on the ground floor or crammed into a room on the second floor, while in other rooms we find women working with a loom, arranged next to the small windows where the light enters through small openings, or rooms for the storage of alfalfa and cereals.

The analysis of its constructive system led us to determine that the rammed earth walls lay over a foundation, or first row, of river pebbles. On top of it, 12 additional rows are arranged in the lowest part (west façade) and 8 in the highest part (east façade). The exterior wall has a thickness of 80 cm. while the interior ones are 50 cm. thick. The staircase shed is the only place where adobe bricks are used, forming an enclosure of 30 to 40 cm. The slab is first resolved by elm beams with planks of the same wood arranged without mortar. The other two floors have small round

logs on top of the beams, and stones over them. Then the layer of rammed earth conforms the rest of the element. There are no pillars due to the reduced space between walls, except to support the door lintel. The stairs are resolved in the same way as in the upper slab, while the steps are built by combining a log nosing and stones. On the second floor there is a recent intervention in a chamber and the log beam filling has been replaced by reeds.

### 3.3. "THE WATER GUARDIAN" KASBAH

The third kasbah is located between Amejgag and Alemdoum, in the upper stretch of the M'Goun River, at more than 1,890 m. of altitude. It was not possible to find out its original name since it has been in a status of ruin for years, and although the local inhabitants know it as "The Water Guardian" because it is on the river course and has a sizeable well in front of it, we thought it might be the Tighremt n' Ougouguen kasbah, photographed by Jacques-Meunié in the 1980s. The kasbah partially keeps its towers and the lower part of its outer walls in place, but the interior is clogged by the fallen earth of the construction itself. Its current state is of ruin, although its external appearance can still be reconstructed, revealing its great significance. It has a square plant with a side length of about 8 meters between its opposite walls, with a tower in each corner whose maximum lengths oscillate around 3 meters on each side. Additionally, it has a wall in the manner of a cattle fold in an angle of the construction that closes its main façade, protecting its access. The existing remains led us to think of the existence of a staircase stretch aligned with the entrance, so that it would follow the scheme described in the Ait Boussaka kasbah.

Currently, only part of the wall remains in place, with a height of 82 cm. and an approximate thickness of 70 cm. at the height of the first floor. This wall preserves 11 rows in some places, although it seems certain that the first ones must be buried. The wall of the cattle fold has a thickness of 45 cm. In the upper part of the building, there are still remains of the body made of adobe bricks,

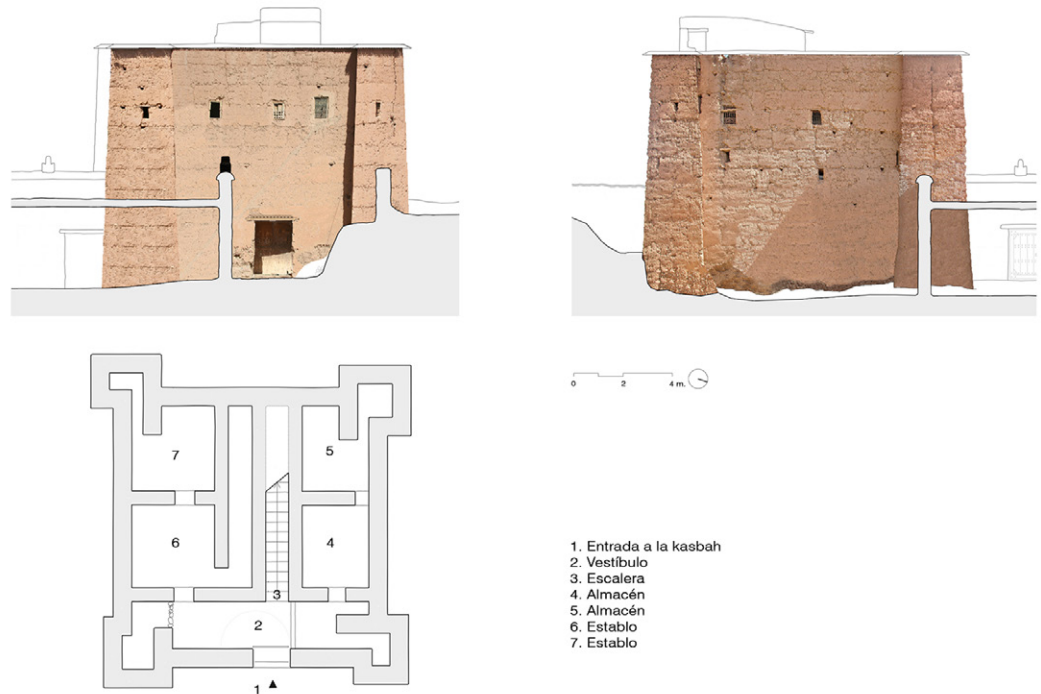


Fig. 6. Graphic survey of the Ait Boussaka kasbah. (1. Entry to the Kasbah; 2. Entrance hall; 3. Stairs; 4, 5. Warehouse; 6,7. Stable).



having been able to measure their dimensions: 23.5 x 10.7 x 5.5 cm. Part of the decoration made with this material can still be appreciated. With the intention of recovering the Kasbah, and with the limited means at our disposal, we started recording data for virtual reconstruction. First, we performed a leveling of its base referred to the topographic level in order to know its support plane. Additionally, we took complementary field data that we materialized in the corresponding sketches. In order to obtain a 3D model we used sequence photographs of its entire perimeter and of the remains still preserved inside. In this occasion, we could not use the drone, so the lack of aerial photography shots prevented us from closing the model. Thus, to avoid the deformations in the walls' crowning due to the continuous tone of the sky, we had to mask all the photographs making the process more laborious. Just as a brief description of the workflow based on multi-image modeling, we describe below the different stages of reverse modeling using SfM. The first duty that the software performs is the alignment of the photographs that will be used for model reconstruction. This work is done automatically and includes the calibration and correction of all images based on EXIF data. The procedure is based on the identification of each pixel of the image as a point, so that from the search of these points in all the photographs, the software calculates the relative positions of each camera. The set of positions of the cameras along with the photographs, are the determining factors for the construction of a cloud of points and the subse-



Fig. 7. "The Water Guardian" kasbah, Amejdad.

Fig. 8. Modeling of "The Water Guardian".

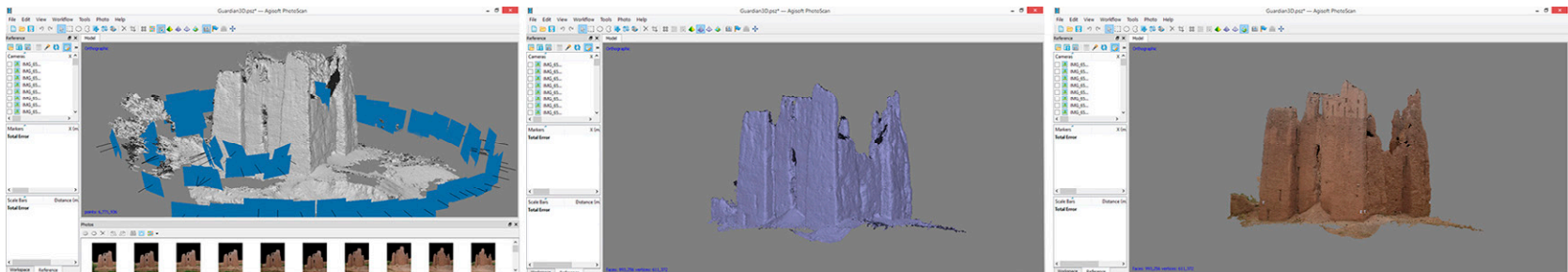




Fig. 9. From left to right: photograph from Jacques-Meunié's book (1982), current photograph and reconstructive hypothesis of "The Water Guardian".

quent geometry of the model, which is obtained from the network of 3D polygons that define its surface. The last phase consists in the application of the photorealistic texture, which is obtained directly from the photographs used for the restitution itself.

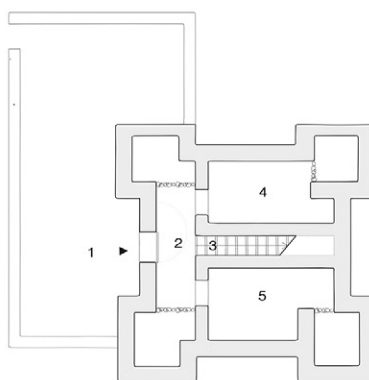
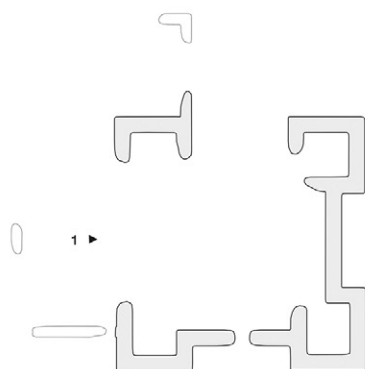
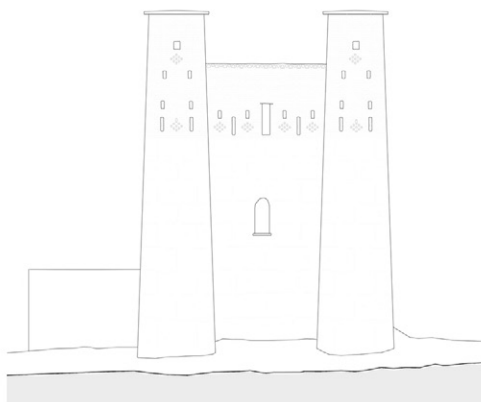
In the search for historical sources, fundamentally for the books of travelers who travelled through this region, we found in the book "Le Maroc saharien des origines au XVIe siècle", written by Djinn Jacques-Meunié in 1982, an image of a kasbah that we could easily identify as "The Water Guardian" by its shape and geographical setting. On the basis of this data and that other obtained in the field and from the 3D model, we decided to carry out its complete reconstruction using Sketchup. For this process, it was essential to have the available information obtained in the study of other kasbahs in the valley as well, thus being able to interpret the material remains of its existing plant and make reasoned assumptions on which its original state would be.

#### 4. FINAL CONSIDERATIONS

The research conducted shows how the abandonment of rural areas in favor of cities involves, for an architecture with such a great need for maintenance, a progressive deterioration that finally leads the constructions to ruin and their subsequent disappearance. Similarly, desertification due to unsustainable forest use, causing these areas of the High Atlas to lack sufficient wood for life development, has direct repercussion on the kasbahs, that have initiated their ruin process, being also cleared of their wood remnants through pillage, which further favors the acceleration of the process, causing its immediate fall. As the work concluded, we can assert that our initial objective was satisfactorily accomplished. Through the architectural drawing of the three kasbahs studied, we have been able to read and interpret their morphology, rebuilding their spaces and recognizing their uses. The lack of availability of advanced instruments for the kasbahs' surveying, has led us to the use of photogram-

metry rectification for the survey of flat elements and the use of SfM for 3D surveys. In spite of it, these methods supported by the traditional data collection have led us to achieve precise and effective results, of high value to the scientific community, while they have allowed us to document these kasbahs and even generate reconstructive hypotheses with the aim of contributing to enhance the value of this architectural heritage. In short, through the possibilities offered by the different types of graphic surveying methods applied throughout the investigation, we have been able to get to know and disseminate this heritage, providing a vision of the M'Goun's kasbahs, unknown even to its own inhabitants, contributing to its dissemination and conservation for future generations.





1. Entrada a la kasbah, 2. Vestibulo, 3. Escalera, 4. Estancia, 5. Estancia



Fig. 10. Graphic survey of "The Water Guardian" kasbah. Current status (left) and proposed status (right). (1. Entry to the Kasbah; 2. Entrance hall; 3. Stairs;

#### NOTES

[1] A Kelâat refers to a collective settlement, with a marked defensive character that sits on the top of a mountain, adapting its shape to the geographical characteristics of its surroundings.

[2] As regards methodologies applied to the survey see Rodríguez-Navarro, P., et alii, (2012). "Integrated Methodology for Urban Survey and Representation of the Morocco's High Atlas". In 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM 2012). IEEE. pp. 637 – 640.

[3] YOUSSEF HOTEIT, Aida, "Culture, space and organization in the Islamic city", in Cuadernos de Investigación Urbanística, 2nd edition, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1993, pp. 31-32.

[4] JACQUES-MEUNIE, Djinn. "Le Maroc saharien des origines à 1670", Librairie Klincksieck, Paris, 1982.

#### REFERENCES

Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro, P. (2013). "Habitat e territorio nel Alto Atlas Orientale del Marocco", in Città e Territorio. Conoscenza, tutela e valorizzazione dei paesaggi culturali. Livorno: ed. Debatte. pp. 220-225.

Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro, P., Pérez Vila, A. (2017). "Vernacular architecture in El Khorbat, Morocco.: Evolution of the Igrem's". In Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability (SosTierra 2017, Valencia, Spain, 14-16 September 2017). pp. 123-128.

Jacques-Meunie, D. (1982). Le Maroc saharien des origines au XVIe siècle. Paris: Librairie Klincksieck.  
Nijst, A.L.M.T. et alii, (1973). Living

on the edge of the Sahara. A study of traditional forms of habitation and types of settlement in Morocco. Le Hague: Government Publishing Office.

Rodríguez Navarro, P., Verdiani, G. (2013) "Digital survey and interpretation of a fortification fragment: the Cadi Bridge at the feet of the Alhambra hill, Granada". In Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress. IEEE. pp. 363-366. DOI: 10.1109/DigitalHeritage.2013.6744781.

Rodríguez-Navarro, P., & Gil Piqueras, T. (2014). "El destino de las kasbah del Alto Atlas en Marruecos. Tres ejemplos en el valle del M'Goun". En La arquitectura Construda e Tierra, Patrimonio y Vivienda, actas del X Congreso de Arquitecta de Tierra CIATTI, 2013, Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. pp. 167-176.

Rodríguez-Navarro, P., & Gil Piqueras, T. (2014). "Lectura e interpretación de la evolución urbana del Ksar Tatiouine. Hipótesis reconstructiva". In Nuevas técnicas, mismos fundamentos, actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Madrid: Editorial Rueda. pp. 131-139.

Rodríguez-Navarro, P., (2012). "Integrated methodology for urban survey and representation of the Morocco's High Atlas earth architecture". In Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2012, 18th International Conference. IEEE. pp. 637-640. DOI: 10.1109/VSM.2012.6365996

Verdiani, G., (2011). Il ritorno all'immagine, nuove procedure image based per il Cultural Heritage, Lulu.com.

## ***Arqueología de la arquitectura de tierra. Estudio gráfico en el valle del río M'Goun, Marruecos***

### 1. INTRODUCTION

A lo largo de los últimos años hemos sido testigo de la ruina de muchos de los modelos tradicionales de arquitectura de tierra del sur de Marruecos. Sin entrar en analizar los motivos, que son muchos y de diverso origen, nos encontramos en un momento histórico en el que la pérdida de dichos modelos es irremediable. La particularidad de estas construcciones vernáculas, ejecutadas con tierra cruda y materia vegetal, unido a la falta de mantenimiento, hacen que con el paso del tiempo estas construcciones se desmoronen integrándose en el territorio del que surgieron. Lamentablemente, una vez llegados a este punto la mimesis con el territorio es tal que se hace imposible su identificación, no dejando restos arqueológicos que permitan retomar su estudio en investigaciones futuras. Por este motivo es necesario realizar una catalogación temprana de este

patrimonio, que nos permita documentar esta arquitectura ancestral, tan unida a su sociedad y a su modo de vida.

La investigación que aquí se muestra se centra en el valle del río M'Goun, conocido como el valle de las rosas por su gran producción de rosas damasquinas, de las que se extrae el agua y la esencia de rosas comercializada por todo Marruecos y tan característica de esta región. El valle se sitúa al sur del Alto Atlas, dentro de la provincia de Tinerhir, y a su cuenca se accede desde el Kelâat M'Gouna, ciudad ubicada en la carretera nacional N10 a 94 km. al este de Ouarzazate y a unos 75 km. al oeste de Tinerhir. A partir de dicha carretera la ciudad crece mientras ascendemos el valle, con una trama regular y ordenada, propia de las ciudades de nueva planta, mostrando tipologías arquitectónicas que se sitúan a caballo entre lo tradicional, los modelos heredados del protectorado francés y una especie de desarrol-

lismo caótico de escaso interés arquitectónico y urbanístico. Sin embargo, a escasos kilómetros de allí, el significado de Kelâat toma sentido cuando nos encontramos ante la fortaleza de Mirna, uno de los lugares más emblemáticos y bellos de la zona. A medida que ascendemos por el valle hacia las montañas, primero por carreteras locales y posteriormente por pistas de tierra, vemos como el entorno se va despojando del caos que le precede y empezamos a leer a través de la arquitectura vernácula, la tradición constructiva y cultural de su esta sociedad rural. Desde Mirna llegamos a la población de Bou Tharar en donde el río recibe las aguas llegadas desde dos cursos fluviales: el que viene del oeste, y que sigue su recorrido hasta la población de Amejgag, uno de los últimos poblados habitados situados en la parte alta de la cordillera; y el que llega desde el este, que atravesando la población de Issoumar se adentra en la cordillera hasta perderse. A partir



de Bou Tharar la arquitectura cambia y comienzan a aparecer las kasbahs, diferenciadas por ser residencias fortificadas de planta cuadrada, dotadas de torres más o menos esbeltas en las esquinas, ejecutadas con altos muros de tapia y adobe, y que en origen fueron construidas para una única familia, propietaria de las tierras de cultivo. Hoy en día, fruto de la emigración a las grandes ciudades o incluso en muchas ocasiones de la fragmentación de la propiedad como consecuencia de las herencias, la mayoría de estas kasbahs han sido abandonadas o se encuentran muy transformadas. El paisaje natural que las rodea también se ha antropizado, e incluso su entorno directo también ha cambiado, ya que ahora aparecen rodeadas de nuevos modelos arquitectónicos, que se adosan a sus fachadas impidiendo verlas en su estado original. La esbeltez de sus torres y la ornamentación de sus muros se pierden muchas veces como consecuencia de ello. Tras avanzar por el valle comprobamos cómo las kasbahs de los poblados más lejanos son muy vulnerables, mostrando ya alguna un avanzado estado de deterioro, añadiéndoles un factor de riesgo de ruina importante. Como consecuencia de ello se hace preciso una documentación temprana de este patrimonio en riesgo, que permita avanzar en el conocimiento de esta arquitectura a la vez que nos facilite la salvaguarda de este corpus arquitectónico.

## 2. OBJETO DE ESTUDIO Y MÉTODO

Fueron precisamente estos condicionantes los que nos llevaron a realizar un estudio detallado de tres ejemplos singulares de kasbahs a lo largo del valle, documentando sus morfologías y usos a través del levantamiento gráfico. Seleccionamos tres modelos repartidos a lo largo del cauce fluvial, en concreto situados en las poblaciones de Bou Tharar, Issoumar y Amejgag. La kasbah Ait Aicha, emplazada en el primero de ellos, presenta un estado aceptable de conservación y se usa como lugar de visita turística; la kasbah Ait Bousaka situada en el siguiente poblado, de menor riqueza arquitectónica que la anterior, mantiene

un uso familiar; y por último la kasbah conocida como “El Guardián del Agua”, cuyo estado de ruina es muy avanzado y por lo tanto se encuentra sin uso. Del levantamiento gráfico de las dos primeras y del estudio comparativo de sus estructuras y usos, pudimos obtener información suficiente como para poder abordar la modelización de la tercera de ellas, la kasbah de El Guardián del Agua.

El estudio de las kasbahs partió de la realización de un riguroso levantamiento gráfico que, según los condicionantes de cada construcción, requirió de una metodología diferente en función de las posibilidades del modelo, de los medios técnicos disponibles y de la accesibilidad, entre otros. Las condiciones previas limitaban mucho las posibilidades del uso de tecnología avanzada para obtener levantamientos gráficos eficaces. Ante todo, la dificultad de introducir un escáner láser 3D en Marruecos, e incluso la imposibilidad de usar un drone por motivos legales en el país alauita, hizo que tuviéramos que recurrir al uso de métodos más sencillos aunque no por ello menos precisos. Otro factor a tener en cuenta era la escasez de tiempo para obtener los datos, por lo que debíamos recurrir a un método rápido, con el que pudiéramos obtener toda la información posible en el menor tiempo. Finalmente los métodos utilizados variaron desde el levantamiento directo mediante sistema tradicional (croquis) o la rectificación fotogramétrica, hasta el fotomodelado 3D mediante Structure from Motion (SfM). El equipo de levantamiento consistió en un distanciómetro láser (Leica Disto™ D2), un nivel óptico topográfico (Leica NA720) y dos cámaras fotográficas (Leica D-Lux3 y Canon 5D). Posteriormente la información obtenida fue procesada mediante diferentes softwares, del que destacamos AsRix para la calibración de la cámara y la rectificación fotogramétrica, AutoCAD para las elaboraciones 2D, Agisoft Photoscan para la generación de modelos 3D, y Sketchup y Photoshop para la elaboración de hipótesis reconstructivas 3D.

## 3. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LAS KASBAHS

### 3.1. KASBAH AIT AICHA (BOU THARAR)

La primera kasbah se encuentra en la pequeña población de Bou Tharar a 1.589 m. de altitud, en el tramo más bajo del río. En este lugar se distinguen todavía varias kasbahs que presentan estados de conservación dispares que van desde una grado de mantenimiento aceptable hasta la ruina absoluta. La mayoría de las construcciones son todavía de tierra, conviviendo con alguna nueva construcción a base de bloques de hormigón. En el mismo centro, junto a la carretera, encontramos la kasbah Ait Aicha, con un estado aceptable de conservación.

La kasbah fue construida por Ali N'Ait Aicha a finales del siglo XIX, del que conserva el nombre, aunque también la llaman kasbah Ait Oumergdane. Los actuales propietarios son los descendientes directos de su primer propietario, y están representados por Moha ou Hamou.

Hoy en día se encuentra integrada en el tejido urbano, teniendo adosadas otras construcciones en la mayoría de su perímetro, de menor altura, por lo que no merman su impacto visual en el que destacan sus cuatro esbeltas torres en las esquinas. Del levantamiento gráfico se deduce que la planta tiene forma cuadrada, de más o menos 10 m. de lado entre sus fachadas opuestas, que queda limitada en sus cuatro esquinas con torres cuyos lados oscilan entre los 2,50 m. y los 3,20 m. Tiene una altura de 11 m. en su parte central, llegando a alcanzar las torres una altura aproximada de 14 m.

Tras estudiar y analizar la morfología y usos de la kasbah, vemos que el acceso principal está precedido de un porche, que a modo de cobertizo protege la puerta de entrada. Una vez accedemos a la planta baja, desde el eje central de su superficie se sitúa una estancia y una escalera a cada lado, creando una simetría que se conserva prácticamente en toda su altura. Las plantas primera y segunda repiten el mismo esquema de una única sala por cada escalera, hasta salir a la azotea, desde donde se puede acceder al interior del

último tramo de las torres. Aunque las estancias de la edificación están vacías en su mayoría, dos permanecen cerradas con llave teniendo uso de almacén y una de las de planta baja, también cerrada, se utiliza como garaje-trastero, disponiendo de un nuevo acceso directo al exterior. La zona del porche conserva su uso como corral para los animales.

Para el levantamiento gráfico de las fachadas recurrimos a la rectificación fotogramétrica de sus planos, método que nos proporcionó rápidamente la información métrica y de superficie. Quizá el factor más complejo fue el de obtener las coordenadas de sus paramentos, dado que no disponíamos de estación total. El uso de plomadas y la organización constructiva de los muros ejecutados con una tapia constante, nos permitió medir una serie de puntos sobre los paramentos, a partir de los que pudimos establecer un sistema de coordenadas en dos dimensiones sobre el que obtener la posición 2D de cada uno de ellos, coordenadas necesarias para la rectificación fotogramétrica con el software AsRix.

Tal y como pudimos apreciar la construcción de la kasbah se resuelve mediante muro de tapia de tierra cruda, formado por 11 hiladas con un espesor de 80 cm. en planta baja, 60 cm en la planta primera y 50 cm. en la planta segunda. Las reducciones del espesor del muro se realizan al nivel de los distintos forjados. En el último cuerpo, correspondiente a la cubierta, con los antepechos y los remates de las torres, se reduce el espesor a 30 cm., realizados en este caso mediante muro de adobe. La utilización de este material facilita la elaboración de la decoración a base de elementos geométricos. Los forjados se resuelven mediante grandes vigas de chopo apeadas en ocasiones con pilares del mismo material cuando se aproximan a la tapia, con el objeto de evitar la carga puntual directamente sobre la tierra. El entrevigado está compuesto de rollizos de la misma madera pero con menor sección, sobre los que se disponen ramas y yescas sobrantes para impedir el paso de la tierra compactada que conforma la última capa, sirviendo ésta de suelo para el piso superior. Con esta misma tierra compactada se forman las pendientes en la azotea, sin dispon-

er actualmente de ningún elemento de impermeabilización. Las escaleras se ejecutan de igual forma, algunas zancas presentan lajas de piedra sobre los rollizos; llevando la formación de los escalones con adobes y mampelanes con los mismos rollizos. Desde el interior se puede apreciar cómo las ventanas de aspecto rectangular y con marco decorado al exterior son de reciente construcción, correspondiendo los huecos originales a las estrechas franjas realizadas mediante la separación de dos tapias.

### 3.2. KASBAH AIT BOUSSAKA (ISSOUMAR)

La segunda kasbah se encuentra en la población de Issoumar a 1.720 m. de altitud en el tramo medio del río, junto a una zona fértil donde el río se encuentra con tierras de aluvión formando un auténtico vergel. Al otro lado del río existen tres pequeños asentamientos urbanos denominados Imi n-Ouaqqa, Igrem Akedim y Tizguine, que conforman la parte más antigua del lugar, en donde casi no existen construcciones de bloques de hormigón.

La kasbah es propiedad de Brahim Ait Boussaka, descendiente directo del primer propietario quien comparte algunas estancias de la kasbah con familiares suyos posiblemente como consecuencia de las estrictas leyes islámicas existentes sobre la división de la herencia, en las que se establece que la propiedad debe dividirse entre todos los descendientes, no pudiendo ceder más de una tercera parte a un solo sucesor.

La kasbah se encuentra prácticamente exenta en todo su perímetro excepto en una esquina a la que llegan los muros del patio de una casa en la que actualmente vive Brahim Ait Boussaka con su familia, y en la parte previa al ingreso, en donde se genera un espacio a modo de albacar que protege la entrada.

El método de levantamiento empleado fue el mismo que en el caso de la Kasbah de Ait Aicha, obteniendo el alzado fotogramétrico de sus fachadas mediante AsRix, y teniendo que recurrir al sistema tradicional para la representación de sus plantas. Del análisis gráfico se deduce que la

planta es cuadrangular de 11 m. de lado medidos entre dos fachadas opuestas, y cuenta con torres en las cuatro esquinas cuyas longitudes máximas varían entre los 2,20 m. a los 3,00 m. de lado. La altura de éstas que ronda los 10 m. no llega a sobrepasar la cubierta dando la sensación de robustez al conjunto. En realidad es como si les faltase el último tramo ejecutado normalmente con adobes, aunque desconocemos si éste algún día existió, pues no es el único caso que mantiene esta estética. Por encima de la cubierta tan sólo asoma el pequeño casetón de la escalera de acceso a la azotea, que tampoco presenta ningún antepecho de protección.

Tras acceder a su interior encontramos un distribuidor que da paso a las diferentes estancias, destinadas a almacén y establo, que en la actualidad siguen en uso. Enfrentado al acceso encontramos una escalera de un tramo que recorre la construcción casi de parte a parte y que junto con el pasillo de vuelta, que discurre paralelo a ella, forman el núcleo central. Tanto la primera planta como la segunda se encuentran divididas en estancias a las que se accede directamente desde dicho pasillo. Por último accedemos a la cubierta a través del casetón. Al igual que en la kasbah Ait Aicha, aparecen estancias cerradas con llave. El hecho de compartir la kasbah entre varios propietarios hace que se mezclen los usos, llegando a encontrar animales en el establo de la planta baja o hacinados en una estancia de la planta segunda; mientras que en otras habitaciones encontramos mujeres trabajando con un telar, dispuestas junto a las reducidos huecos por los que entra la luz, o salas destinadas al almacenaje de alfalfa y cereales.

El análisis de su sistema constructivo nos lleva determinar que los muros de tapia de tierra cruda apoyan sobre una cimentación, o primera hilada, de piedra rodada proveniente del río. A partir de ésta se disponen 12 hiladas en la parte más baja (fachada oeste) y 8 en la parte más alta (fachada este). La tapia exterior presenta un espesor de 80 cm. mientras que las interiores son de 50 cm. El casetón de escalera es el único lugar en donde encontramos la utilización de adobes, formando un cerramiento de 30 a 40 cm. El forjado



primero se resuelve mediante vigas de olmo con tablones de la misma madera dispuestos a hueso. Las otras dos plantas disponen sobre las vigas pequeños rollizos, y sobre éstos piedras. A continuación la capa de tierra apisonada conforma el resto del elemento. No existen pilares debido a las pequeñas luces entre muros, salvo para el apeo de dinteles en las puertas. Las escaleras se resuelven de igual forma que los forjados superiores, mientras que la formación de los peldaños se realiza con mampelán de rollizo y piedras. En la planta segunda hay una intervención reciente en una estancia y se ha cambiado el entrevigado de rollizos por cañas.

### 3.3. KASBAH "GUARDIÁN DEL AGUA"

La tercera kasbah la localizamos entre Amejgag y Alemdoum, en el tramo alto del río M'Goun, a algo más de 1.890 m. de altitud. No pudimos conocer su nombre original debido a que lleva años en ruina, y aunque los lugareños la denominan "El Guardián del Agua" por situarse en el mismo curso fluvial y disponer de un importante pozo frente a ella, pensamos que podría tratarse de la Tighremt n' Ougouguen, fotografiada por Jacques-Meunié durante los años 80 del siglo pasado.

La kasbah mantiene parcialmente en pie sus torres y la parte baja de sus muros exteriores, pero el interior está colmatado por las propias tierras caídas de la construcción. Su estado actual es de ruina aunque aún se puede recomponer su aspecto exterior dejando ver su gran envergadura. Presenta una planta cuadrada de aproximadamente 8 m. de lado entre dos fachadas opuestas, con una torre en cada esquina cuyas longitudes máximas oscilan entre los 3 m. de lado, y posee un muro a modo de albacar en un ángulo de la construcción que cierra su fachada principal protegiendo su acceso. Los restos existentes nos llevan a pensar en la existencia de una escalera de un tramo alineada con la entrada, por lo que seguiría el esquema descrito en la kasbah de Ait Boussaka.

En la actualidad observamos que sólo queda parte de los muros de tapia, con una altura de hilada

de 82 cm. y un espesor aproximado de 70 cm. a la altura de la planta primera. Esta tapia mantiene en algunas partes 11 hiladas, no obstante parece seguro que las primeras se encontrarán semienterradas. La tapia del albacar tiene un espesor de 45 cm. En la parte superior de la edificación aún se conservan restos del cuerpo realizado a base de adobes, habiéndose podido medir las dimensiones de estos: 23,5x10,7x5,5 cm. Aún podemos apreciar parte de la decoración realizada con este material.

Con la intención de recuperar la kasbah, y con los escasos medios de los que disponíamos comenzamos a tomar datos para su reconstrucción virtual. En primer lugar realizamos una nivelación de su base con el nivel topográfico con el objeto de conocer su plano de apoyo. También tomamos datos de campo complementarios que materializamos en los correspondientes croquis. Seguidamente para obtener el modelo 3D comenzamos a realizar una secuencia fotográfica de todo su perímetro y de los restos aun conservados de su interior. En este caso no pudimos disponer del uso del drone, de manera que la falta de tomas fotográficas aéreas nos impidió cerrar el modelo, por lo que para impedir las deformaciones en las coronaciones de los muros debidas al tono continuo del cielo, tuvimos que enmascarar todas las fotografías haciendo el proceso más laborioso.

Tan sólo como una descripción sucinta del flujo de trabajo basado en el modelado multi-imagen, describimos a continuación las distintas etapas del modelado inverso mediante SfM. El primer trabajo que realiza el software es la alineación de las fotografías que se van a utilizar para la reconstrucción del modelo. Esta labor es automática e incluye la calibración y corrección de todas las imágenes partiendo de sus datos EXIF. El procedimiento se basa en la identificación de cada pixel de la imagen como un punto, de manera que a partir de la búsqueda de estos puntos en todas las fotografías, el software calcula las posiciones relativas de cada cámara. El conjunto de posiciones de las cámaras junto con las fotografías, son los factores determinantes para la construcción de una nube de puntos y la posterior geometría del modelo, que se obtiene a partir de

la red de polígonos en 3D que definen su superficie. La última fase consiste en la aplicación de la textura fotorrealística, que se obtiene directamente de las fotografías utilizadas para la propia restitución.

En la búsqueda de fuentes históricas, fundamentalmente de los libros de viajeros que recorrieron esta zona, hallamos en el libro "Le Maroc saharien des origines au XVIe siècle" escrito por Djinn Jacques-Meunié en el año 1982, una imagen de una kasbah que podríamos fácilmente identificar con la del Guardián del Agua por su forma y entorno geográfico. Basándonos en ella y a partir de los datos obtenidos en campo y del modelo 3D, decidimos realizar su reconstrucción completa mediante Sketchup. En este proceso fue fundamental contar también con la información obtenida en el estudio de las otras kasbahs del valle, pudiendo así interpretar los restos materiales de su planta actual y establecer hipótesis de cuál sería su estado original.

### 4. CONSIDERACIONES FINALES

El estudio realizado muestra cómo el abandono de las zonas rurales hacia las ciudades, conlleva, en una arquitectura con una gran necesidad de mantenimiento, un progresivo deterioro que finalmente dirige a la construcción hacia la ruina y su posterior desaparición. Del mismo modo la desertización, debida al uso no sostenible del bosque, que ha llevado a estas zonas del Alto Atlas a no disponer de madera suficiente para el desarrollo de la propia vida, repercute directamente en las kasbahs que han iniciado el proceso de ruina, viéndose despojadas de sus restos de madera a través del expolio, lo que favorece aún más la aceleración del proceso de ruina, provocando su caída inmediata.

Tras el trabajo podemos afirmar que nuestro objetivo inicial se cubrió satisfactoriamente. A través del dibujo arquitectónico de las kasbahs estudiadas, hemos podido leer e interpretar sus morfologías, reconstruyendo sus espacios y reconociendo sus usos. La falta de disposición de instrumentos avanzados para el levantamiento

de las kasbahs, nos ha llevado al uso de la rectificación fotogrametría para el levantamiento de elementos planos y al empleo de SfM para los levantamientos 3D. A pesar de ello, estos métodos junto a la toma de datos tradicional nos han llevado a alcanzar unos resultados precisos y eficaces, de alto valor para la comunidad científica, a la vez que nos han permitido documentar estas kasbahs e incluso generar hipótesis reconstructivas con el objeto de poner en valor este patrimonio arquitectónico.

En definitiva, a través de las posibilidades ofrecidas por los distintos tipos de levantamientos aplicados a lo largo de la investigación, hemos podido conocer y difundir este patrimonio, aportando una visión de las kasbahs del M'Goun inédita incluso para sus propios moradores, contribuyendo a su difusión y conservación para generaciones futuras.

## SUBTÍTULOS

Fig. 1. Fortaleza de Mirna en el valle del M'Goun.

Fig. 2. Mapa del valle del M'Goun con la ubicación de las tres kasbahs objeto de estudio.

Fig. 3. Kasbah Ait Aicha en el poblado de Bou Tharar

Fig. 4. Levantamiento gráfico de la kasbah de Ait Aicha.

Fig. 5. Kasbah Ait Boussaka, en Issoumar.

Fig. 6. Levantamiento gráfico de la kasbah Ait Boussaka.

Fig. 7. Kasbah "El Guardián del Agua", Amejdad.

Fig. 8.- Modelizado del Guardián del Agua mediante software PhotoScan.

Fig. 9. De izquierda a derecha: fotografía del libro de Jacques-Meunier (1982), fotografía actual, hipótesis reconstructiva del guardián del Agua.

Fig. 10. Levantamiento gráfico de la kasbah El Guardián del Agua. Estado actual (izda.) y estado propuesto (dcha.).

## NOTES

[1] Se conoce con el nombre de Kelâat a un asentamiento colectivo, con marcado carácter defensivo que se sitúa en la cima de una montaña, adaptando su forma a las características geográficas de su entorno.

[2] Sobre metodologías aplicadas al levantamiento ver Rodríguez-Navarro, P., et alii, (2012). "Integrated Methodology for Urban Survey and Representation of the Morocco's High Atlas". En 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM 2012). IEEE. pp. 637 – 640.

[3] YOUSSEF HOTEIT, Aida, "Cultura, espacio y organización en la ciudad Islámica", en Cuadernos de investigación urbanística, 2ª edición, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1993, p. 31-32.

[4] JACQUES-MEUNIER, Djinn, Le Maroc saharien des origines à 1670, Librairie Klincksieck, Paris, 1982.

## BIBLIOGRAFÍA

Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro, P. (2013). "Habitat e territorio nel Alto Atlas Orientale del Marocco", en Città e Territorio. Conoscenza, tutela e valorizzazione dei paesaggi culturali. Livorno: ed. Debatte. pp. 220-225.

Gil Piqueras, T., Rodríguez-Navarro, P., Pérez Vila, A. (2017). "Vernacular architecture in El Khorbat, Morocco.: Evolution of the Igrems". In Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability (SosTierra 2017, Valencia, Spain, 14-16 September 2017). pp. 123-128.

Jacques-Meunier, D. (1982). Le Maroc saharien des origines au XVIe siècle. Paris: Librairie Klincksieck.

Nijst, A.L.M.T. et alii, (1973). Living on the edge of the Sahara. A study of traditional forms of habitation and types of settlement in Morocco. Le Hague: Government Publishing Office.

Rodríguez Navarro, P., Verdiani, G. (2013) "Digital survey and interpretation of a fortification fragment: the Cadi Bridge at the feet of the Alhambra hill, Granada". In Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress. IEEE. pp. 363-366. DOI: 10.1109/DigitalHeritage.2013.6744781.

Rodríguez-Navarro, P., & Gil Piqueras, T. (2014). "El destino de las kasbah del Alto Atlas en Marruecos. Tres ejemplos en el valle del M'Goun". En La arquitectura Construida e Tierra, Patrimonio y Vivienda, actas del X Congreso de Arquitectura de Tierra CIATTI, 2013, Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. pp. 167-176.

Rodríguez-Navarro, P., & Gil Piqueras, T. (2014). "Lectura e interpretación de la evolución urbana del Ksar Tatiouine. Hipótesis reconstructiva". In Nuevas técnicas, mismos fundamentos, actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Madrid: Editorial Rueda. pp. 131-139.

Rodríguez-Navarro, P., (2012). "Integrated methodology for urban survey and representation of the Morocco's High Atlas earth architecture". In Virtual Systems and Multimedia (VSMM), 2012, 18th International Conference. IEEE. pp. 637-640. DOI: 10.1109/VSM2012.6365996

Verdiani, G., (2011). Il ritorno all'immagine, nuove procedure image based per il Cultural Heritage, Lulu.com.