

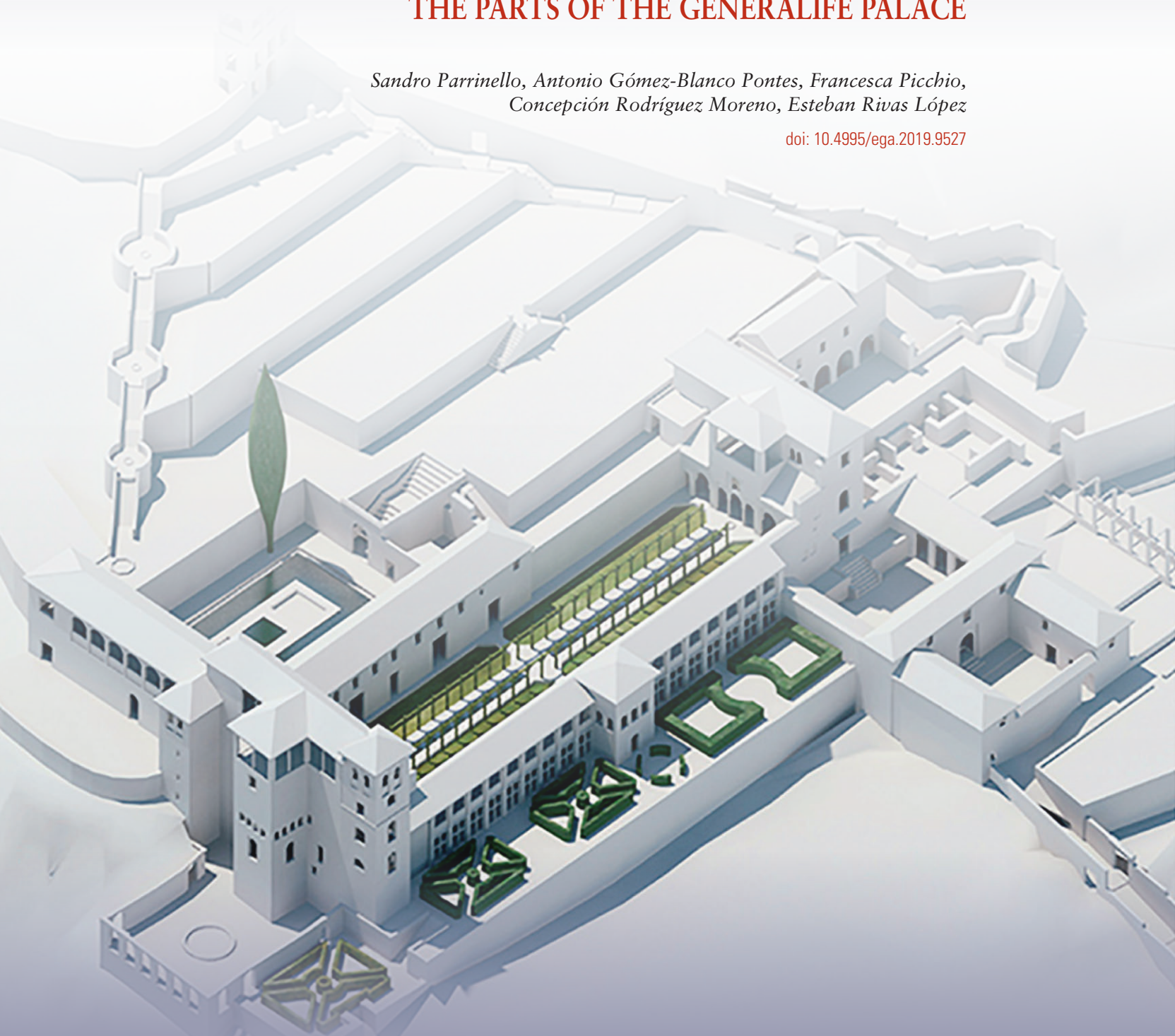
PALACIO DEL

UNA FORMA INTEGRADA DE DOCUMENTAR, ANALIZAR Y GESTIONAR EL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO: EL TODO Y LAS PARTES EN EL PALACIO DEL GENERALIFE

AN INTEGRATED SYSTEM FOR DOCUMENTATION, ANALYSIS AND MANAGEMENT OF THE ARCHITECTURAL HERITAGE: THE GENERAL AND THE PARTS OF THE GENERALIFE PALACE

*Sandro Parrinello, Antonio Gómez-Blanco Pontes, Francesca Picchio,
Concepción Rodríguez Moreno, Esteban Rivas López*

doi: 10.4995/ega.2019.9527





GENERALIFE

El proyecto que aquí se presenta es fruto de la colaboración establecida entre el Laboratorio DAda Lab (*Drawing Architecture DocumentAction Laboratory*) de la Universidad de Pavía y el Laboratorio SMLab (*Survey and Modelling Lab of Architectural Heritage*) de la Universidad de Granada, junto al inestimable apoyo recibido por parte del Patronato de la Alhambra y el Generalife. Numerosos profesores e investigadores han participado en este proyecto multidisciplinar que tomando como referente el Palacio del Generalife, se propuso una reflexión teórica y práctica del levantamiento arquitectónico digital, que ha permitido confrontar los distintos formatos de datos tridimensionales en cuanto a su capacidad para ser interpretados en el proceso de conservación y gestión del patrimonio arquitectónico. Las experiencias

obtenidas en los diferentes procesos de levantamiento se completaron con un riguroso análisis histórico de la evolución formal y constructiva del Generalife a partir del cual ha sido posible efectuar la valoración crítica posterior.

PALABRAS CLAVE: PALACIO DEL GENERALIFE. PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO. DOCUMENTACIÓN. LEVANTAMIENTO. GESTIÓN. LÁSER ESCÁNER. FOTOGRAMETRÍA. BIM

he project here presented is the result of the collaboration established between the Laboratory DAda Lab (Drawing and Architecture DocumentAction Laboratory) of the University of Pavia and the Laboratory SMLab (Survey and Modeling Lab of Architectural Heritage) of the University of Granada, together with the invaluable support received from the Board of the Alhambra

and the Generalife. Several professors and researchers have participated in this multidisciplinary project that, using the Generalife as a test, proposed a theoretical and practical methodology about the digital architectural survey, which has allowed to compare the different three-dimensional data formats in terms of their capacity to be interpreted in the process of conservation and management of architectural heritage. The experiences obtained in the different survey processes were completed with a rigorous historical analysis of the formal and constructive evolution of the Generalife, from which it has been possible to carry out the subsequent critical assessment.

KEYWORDS: GENERALIFE PALACE. ARCHITECTURAL HERITAGE. DOCUMENTATION. DIGITAL SURVEY. MANAGEMENT. LASER SCANNER. PHOTOGRAMMETRY. BIM

Una vez más el Complejo Monumental de la Alhambra y el Generalife sirve de base para reflexionar sobre la Arquitectura. Ya lo sería en los debates que a mediados del siglo pasado se materializaron en el Manifiesto de la Alhambra de la mano de Fernando Chueca Goitia. Documento que vería la luz en enero de 1953 y donde un grupo de arquitectos reunidos en el monumento deliberarían “sobre las bases de una nueva arquitectura española” (Chueca, 1993, p.54). Fue la primera vez que la Alhambra se contemplara con ojos de arquitecto. Sin duda, las reflexiones que sobre la Alhambra se vierten

en este documento han determinado los trabajos de levantamiento y documentación que seguidamente pasamos a describir.

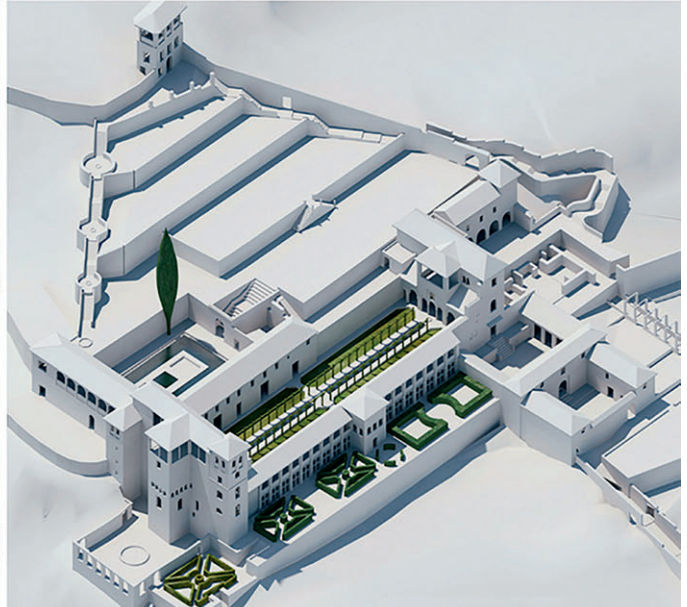
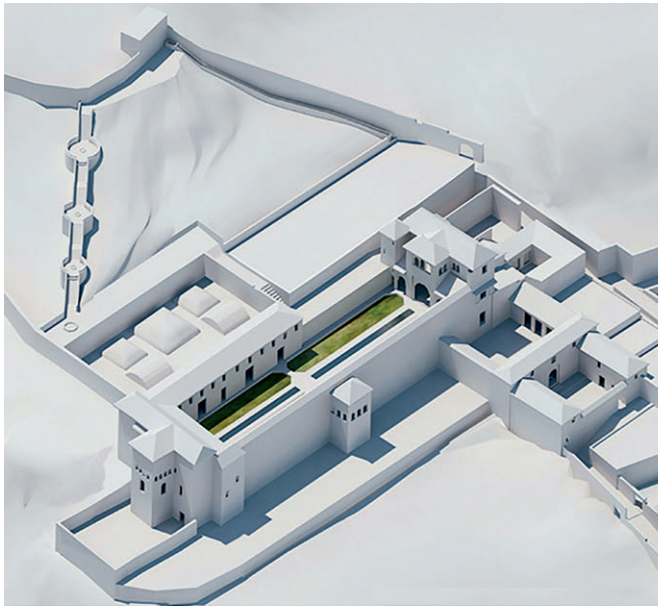
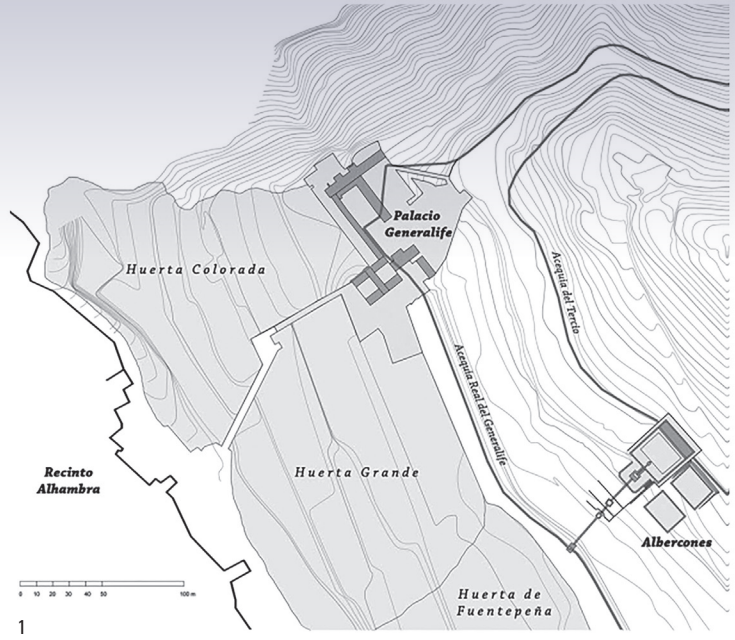
El proceso de investigación que las Universidades de Pavía y de Granada han desarrollado en el seno de sus respectivos laboratorios de investigación experimental, el Dada Lab y el SMLab, ha tenido como objetivo principal “la verificación de unos procesos de análisis basados en la confección de una base de datos fiables relacionadas con el patrimonio arquitectónico, y más concretamente, con el conjunto arquitectónico nazarí de la Alhambra y el Generalife (Parrine-

Once again, the Monumental Complex of the Alhambra and the Generalife serves as a basis for think about Architecture. This has already happened in the debates that in the middle of the last century were materialized in the Manifiesto of the Alhambra by Fernando Chueca Goitia. Document that would be written in January of 1953 and where a group of architects gathered in the monument would deliberate “on the bases of a new Spanish architecture” (Chueca, 1993, p.54). It was the first time that Alhambra was contemplated with the view of an architect. Undoubtedly, the reflections on the Alhambra that are poured into this document have determined the survey and documentation work that we are going to describe.

The research process that the Universities of Pavia and Granada have developed within their respective experimental research laboratories,



- 1. El palacio y la almunia del Generalife (Rodríguez-Moreno y Navarrete, 2017)
- 2. (1) El Generalife en el siglo xv; (2) En torno a 1526; (3) En torno a 1850. (4) En 1935. (Imágenes en Parrinello et al., 2017, pp. 60-63)
- 1. The palace and the almunia of Generalife (Rodríguez-Moreno and Navarrete, 2017)
- 2. (1) The Generalife in the fifteenth century; (2) Around 1526; (3) Around 1850. (4) In 1935. (Images in Parrinello et al., 2017, pp. 60-63)





llo, Gómez-Blanco, Picchio, 2017, p.21)". La elección del Generalife no fue sólo por su importante valor patrimonial, sino –en atención al Manifiesto de la Alhambra– por la riqueza de su decoración, por su diversidad de materiales y sistemas constructivos, por sus jardines y, muy especialmente, por sus cualidades formales.

El Generalife desaparecido

El *Generalife*, *ÿinān al-'arif* (Fig. 1), fue la almunia real más cercana a la Alhambra. Concebido como monumental palacio de recreo del sultán, el aspecto que ofrece actualmente dista mucho del que tendría en su origen. Por esta razón decidimos acometer el estudio de la evolución arquitectónica experimentada por este conjunto, con el objetivo de recrear virtualmente sus fases históricas más relevantes.

Para ello se analizaron las referencias directas al Generalife que aparecen en algunos testimonios medievales islámicos **1** y en relatos de viajeros cristianos que, desde el siglo XVI, visitaron la ciudad de Granada **2**. También fueron importantes diversos documentos conservados en el Archivo Histórico de la Alhambra que informan de las intervenciones realizadas en esta almunia durante los siglos XVI y XVII y de lo ejecutado ya a partir del siglo XX, cuando el Generalife pasó a ser propiedad del Estado **3**.

Gran relevancia tuvieron también los testimonios gráficos que, desde el siglo XVI y hasta la actualidad, han plasmado el aspecto que este monumento ha ofrecido en cada momento de su historia. La recreación virtual de determinados espacios arquitectónicos desaparecidos hubiera sido imposible sin

los grabados de Wingaerde (1567), Murphy (1835) ó Prangey (1836); las planimetrías de Hermosilla (1766), Laborde (1806), Laredo (1922) ó Torres Balbás (1929-1936) y las fotografías de Laurent, García Ayola o Torres Molina entre otros, recogidas en diversas publicaciones (Tito 2000; Gámiz 2008).

Tras el estudio documental y el análisis exhaustivo de la bibliografía disponible (Bermúdez-Pareja 1965, 1974; Orihuela 1996; Vilchez 1991) se acometió la reconstrucción virtual del Generalife en cuatro momentos fundamentales de su historia: a finales del siglo XV, es decir, inmediatamente antes de la Reconquista cristiana (Fig. 2.1), en torno a 1526 (Fig. 2.2), en torno a 1850 (Fig. 2.3) y tras las restauraciones de Torres Balbás en 1935 (Fig. 2.4).

Planificación de la toma de datos y el levantamiento digital

El trabajo de campo se inició con una primera subdivisión del complejo en 5 macrobloques (identificados por el código B) para así organizar mejor la adquisición de datos y su archivo digital. Estos *blocks* se diferenciaron a su vez en espacios cerrados (de carácter más puramente arquitectónico) y abiertos (E) como los jardines y terrazas. Una segunda subdivisión de cada macrobloque en *Units* (U) y *Locals* (L) diferenciaría los diferentes espacios y elementos del conjunto (Fig. 3).

Para documentar los espacios y los detalles arquitectónicos a la máxima resolución posible, se optó por un sistema de levantamiento que integraría las cualidades del escáner láser Z + F 2010c y la fotogrametría SfM (*Structure from Motion*) **4**.

Dada Lab and SMLab, had as its main objective "the verification of some analysis processes based on the creation of a reliable database related to the architectural heritage, and more specifically, to the Nasrid architectural ensemble of the Alhambra and the Generalife (Parrinello, Gómez-Blanco, Picchio, 2017, p.21)". The election of the Generalife was motivated not only by its important heritage value, but – in attention to the Manifiesto of the Alhambra – for the richness of its decoration, for its diversity of materials and construction systems, for its gardens and, especially, for its formal qualities.

The disappeared Generalife

The Generalife, *ÿinān al-'arif* (Fig. 1), was the royal almunia nearest to the Alhambra. Conceived as a monumental recreational palace for the sultan, the today aspect is far from what it would have originally. For this reason we decided to undertake the study of the architectural evolution experienced by this ensemble, with the aim of virtually recreating its most relevant historical phases.

For this purpose, the documents referring directly to the Generalife, in which appear in some medieval Islamic testimonies **1** and in the stories of Christian travelers who, from the 16th century, visited the city of Granada **2**, have been analyzed. Also important were various documents preserved in the Historical Archive of the Alhambra that show the interventions made in this area during the sixteenth and seventeenth centuries and what was already executed from the 20th century, when the Generalife became the property of the State **3**. Also the graphic testimonies had great relevance, from the sixteenth century and up to the present period, because they have transformed the aspect that this monument has offered at each moment of its history. The virtual recreation of certain disappeared architectural spaces would have been impossible without the engravings of Wingaerde (1567), Murphy (1835) or Prangey (1836); the planimetries of Hermosilla (1766), Laborde (1806), Laredo (1922) or Torres-Balbás (1929-1936) and the photographs of Laurent, García Ayola or Torres Molina among others, collected in various volumes (Tito 2000, Gámiz 2008).

After the documentary study and the exhaustive analysis of the available



bibliography (Bermúdez-Pareja 1965, 1974, Orihuela 1996, Vilchez 1991) the virtual reconstruction of the Generalife was undertaken in four fundamental moments of its history: at the end of the XV century, that is, immediately before the Christian Reconquest (Fig. 2.1), around 1526 (Fig. 2.2), around 1850 (Fig. 2.3) and after the restorations of Torres Balbás in 1935 (Fig. 2.4).

Planning of data acquired and digital surveying

The survey campaign began with a first subdivision of the whole complex into 5 macro-blocks (identified by code B) in order to better organize the data acquisition activities and the data outputs digital archive. These blocks were differentiated into closed spaces (of a purely architectural aspects) and open spaces (E) such as gardens and terraces. A second subdivision of each macro-block in Units (U) and Locals (L) would underline the different spaces and elements of the complex (Fig. 3).

With the intention of documenting the spaces and architectural details at the highest resolution, an integrated survey system was chosen, with the capability to exploit the qualities of the Z + F 2010c laser scanner and incorporate the information from the SfM photogrammetry (Structure from Motion) 4. The organization of the laser scanner work had to take into account several aspects,

3. Estructura y codificación utilizada en la toma de datos
4. Distribución de las diferentes estaciones del escáner láser

3. Structure and coding used in the data collection
4. Distribution of the different stations of the laser scanner

La organización del trabajo con escáner láser hubo de tener en cuenta aspectos tales como la morfología discontinua del complejo, la concatenación articulada de los ambientes e incluso la continua presencia de turistas en las inmediaciones. Factores todos ellos que determinaron la planificación y ubicación de las más de 400 estaciones (Fig. 4), los tiempos de barrido, y el día y la hora en que se realizarían los escaneos. Finalmente se obtuvo la nube de puntos completa del complejo (Fig. 5).

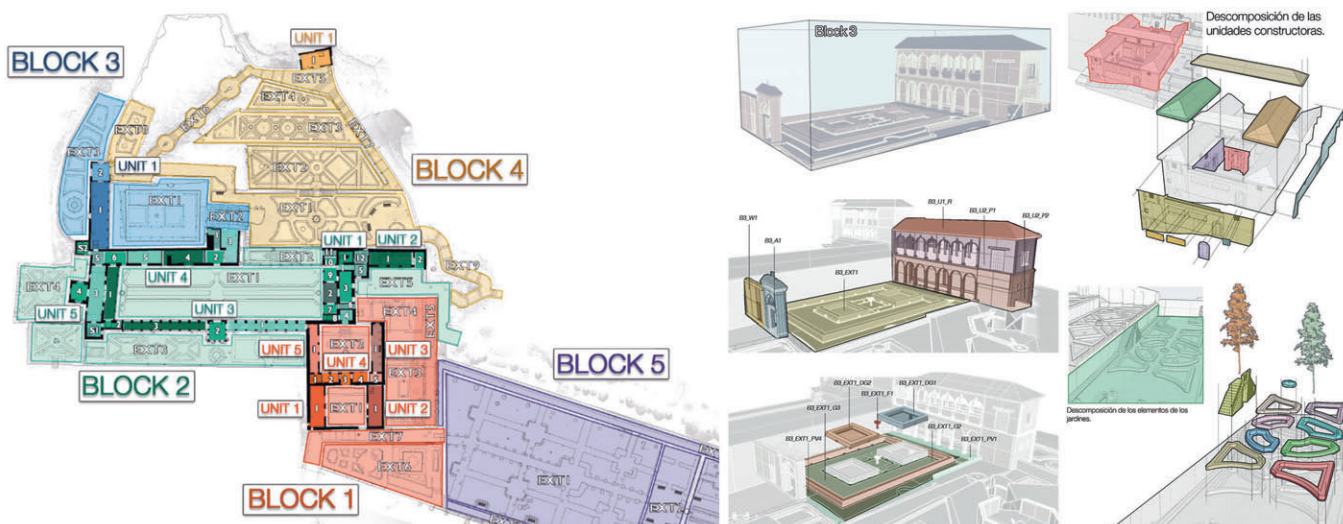
La complejidad del sistema arquitectónico del Generalife también obligaría a realizar una planificación preliminar del trabajo de campo por parte del equipo responsable de las tomas fotogramétricas (Parrinello, 2017). Una primera subdivisión de los trabajos distinguiría entre elementos o zonas cuya escasa altura permite el uso de una cámara fotográfica para tomas *close range*, y aquellos otros elementos cuya excesiva altura requiere el uso de una herramienta específica –como es *3dEye*– dotada de una cámara de

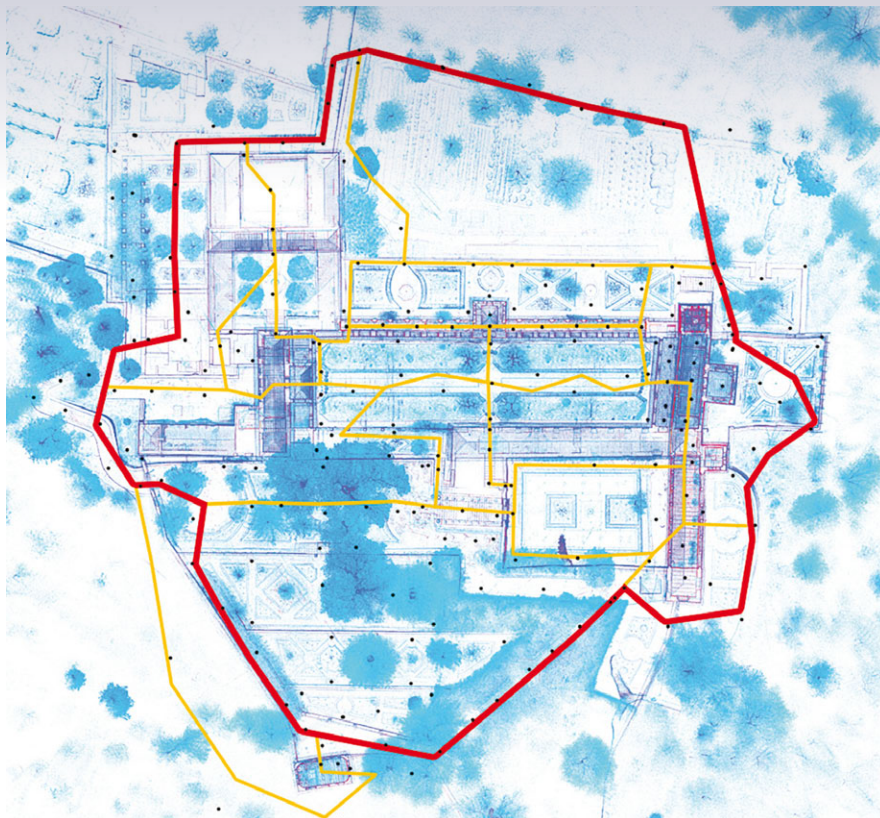
alta resolución controlada de forma remota y conectada a un estabilizador electromecánico *gimball* para girar sobre dos ejes a una altura máxima de 13,5 metros. En este caso, la obtención y edición final de las diferentes nubes de puntos mediante fotogrametría SfM (Fig. 6) se efectuó con *Agisoft Photoscan*.

La representación 2D y el modelado 3D del Palacio del Generalife

La fase de recreación gráfica –2D y 3D– de las cualidades espaciales y arquitectónicas de todo el conjunto del Generalife comenzó con la gestión de las nubes de puntos obtenidas en los escaneos láser mediante el software Cyclone, para luego proceder a su vectorización en un entorno CAD. De esta manera pudieron obtenerse las axonometrías seccionadas, plantas, alzados y secciones detalladas –a escala 1:50– que se consideraron necesarias (Fig. 7).

En el modelado 3D (Fig. 8) se integraron técnicas para la visualiza-





4

ción en *real-time* (con una cantidad limitada de información métrica) y de *reverse modelling* (en base a los datos aportados por el escáner láser y la fotogrametría). Así es como el modelo NURBS, simplificado mediante planos regulares y superficies de bajo número de polígonos, se ha visto completado con elementos *mesh* dotados de un mayor número de polígonos y, por tanto, de la definición que se requería. Posteriormente se enlazaría a su correspondiente base de datos catalográfica.

El Manifiesto de la Alhambra dedica un apartado especial a sus jardines, lo que justifica un tratamiento documental apropiado. En el caso del Generalife también se utilizó la instrumentación del escáner láser en la toma de datos relacionada con la vegetación (Fig. 9). En estos casos tan singulares también se hacía necesario experimentar los nuevos procedimientos de procesado de datos basados en sistemas informáticos integrados.

Mediante las fichas catalográficas que fueron generadas y enlazadas al modelo se obtuvo una base de datos capaz de incorporar información relevante y de gran utilidad para la consulta y gestión de este importante sistema natural (Parrinello, 2012).

Análisis de resultados y nueva documentación generada

El exhaustivo levantamiento realizado del conjunto monumental permite abordar estudios temáticos más detallados de interés para su gestión, conservación e intervención (Puche et al., 2017; Reinoso-Gordo et al., 2018). En este caso los trabajos se completaron con una serie de análisis relacionados con las patologías constructivas y energéticas del edificio, así como con su comportamiento estructural (Picchio, 2017).

La cámara termográfica ha sido de especial ayuda para diagnosti-

such as the discontinuous morphology of the complex, the articulated concatenation of the environments and even the continuous presence of tourists. They are all factors that determined the planning and location of more than 400 stations (Fig. 4), the sweeping times, and the day and time in which the scans would be performed. Finally the complete point cloud of the complex was obtained (Fig. 5).

The complexity of the architectural system of the Generalife would also require preliminary planning of the field work by the team responsible for the photogrammetric shots (Parrinello, 2017). A first subdivision of the works would distinguish between elements or zones whose low height allows the use of a camera for close range shots, and those other elements whose excessive height requires the use of a specific tool -such as 3dEye- equipped with a camera High resolution controlled remotely and connected to an electromechanical stabilizer gimbal to turn on two axes to a maximum height of 13.5 meters. In this case, the obtaining and final output of the different point clouds by means of SfM photogrammetry (Fig. 6) was carried out with Agisoft Photoscan.

The 2D and 3D modeling of the Generalife Palace

The graphic representation phase –2D and 3D– of the spatial and architectural qualities of the whole Generalife complex, began with the management of the point clouds obtained by the laser scans thanks to the management in Cyclone software, and then proceeded to its vectorization in CAD. In this way, the sectioned axonometries, the plants, the elevations and the detailed sections – at 1: 50 scale – that have been considered necessary for the complete representation of the space, (Fig. 7) could be obtained.

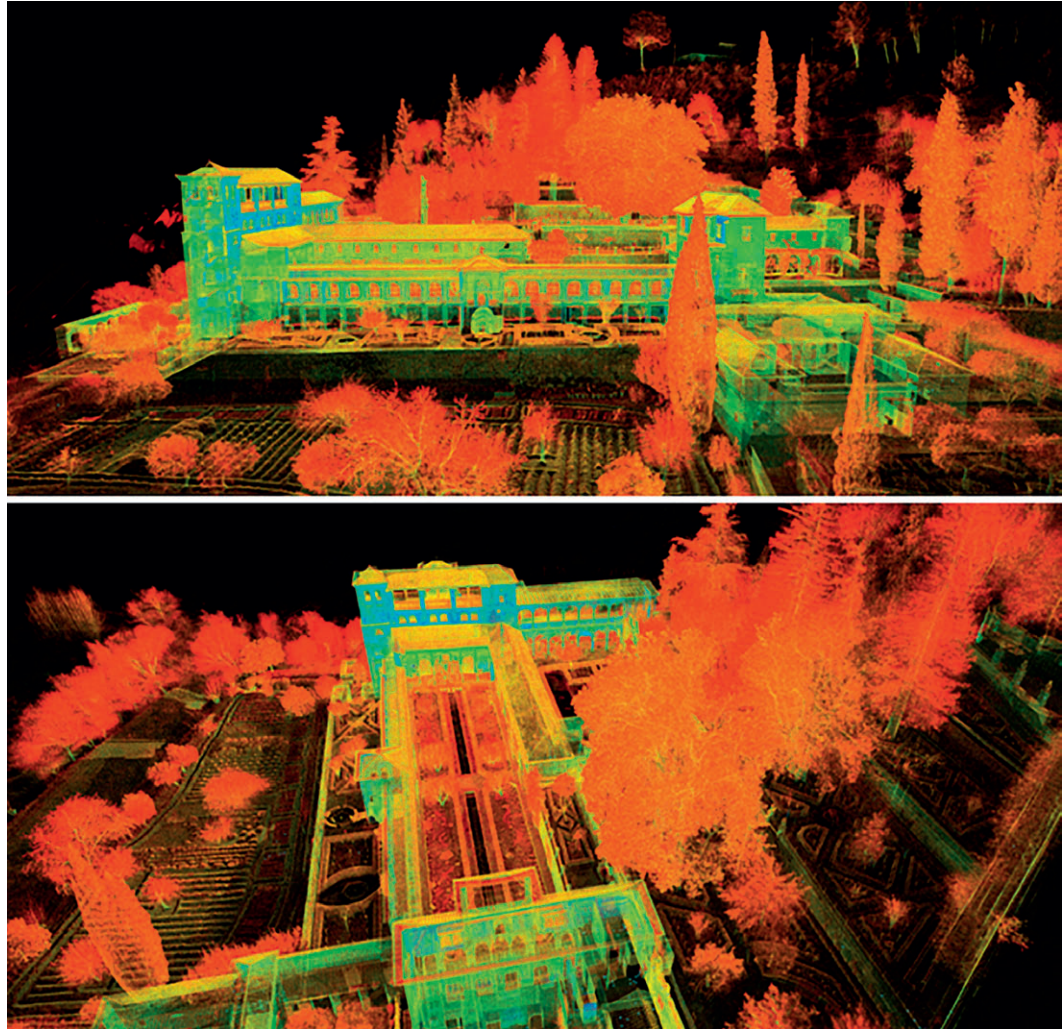
In 3D modeling (Fig. 8) different techniques were integrated for real-time visualization (with a limited amount of metric information) and reverse modeling (based on the data provided by the laser scanner and photogrammetry). This is how the NURBS model, simplified by regular plans and surfaces with a low number of polygons, has been completed, with mesh elements, with a greater number of polygons and, therefore, the definition that was required. Later the products obtained would be linked to its corresponding catalog database.



The Manifesto of the Alhambra devotes a special section to its gardens, which justifies an appropriate documentary treatment. In the case of the Generalife, the laser scanner tool was also used in data collection related to vegetation (Fig. 9). In these cases has been also necessary to experiment with new data processing procedures based on integrated computer systems. By means of the catalog sheets that were drafted and linked to the model, a multi-informative database, capable of incorporating relevant and useful information for the consultation and management of this important natural system, has been obtained (Parrinello, 2012).

Analysis of results and new documentation generated

The exhaustive survey carried out of the monumental complex allows to undertake more detailed thematic studies of interest for its management, conservation and intervention (Puche et al., 2017; Reinoso-Gordo et al., 2018). In this case, the research work were completed with a series of analyzes related to the constructive and energetic pathologies of the building, as well as its structural behavior (Picchio, 2017). The thermal camera has been helpful to diagnose possible pathologies. It is known that thermographies provide valuable information for the survey of thermal variations, infiltration or capillarity humidities (Fig. 10), discontinuity of materials, control of the existing facilities in the architectural complex heritage or even analysis of structural pathologies. Once their weak points have been identified, it is possible to evaluate the integral efficiency of the building (Minutoli and García-Quesada, 2017). With the thermal data obtained, simulations of energy behavior can also be carried out in each historical stage (García-Quesada et al., 2017). In order to assess the structural deformations existing in the monumental complex, the information provided by the laser scanner survey using has also been relevant. The analysis of deformations carried out on several walls has allowed to evaluate their collapses and lack of flatness, which allows to identify possible causes of collapse. Through the elevation maps, the distance of all the points of the analyzed wall has been calculated to a virtual vertical plane and, by means of a suitable color coding, visualize the deformations (Fig. 11).



5

car posibles patologías. Es sabido que las termografías arrojan información valiosa para la detección de puentes térmicos, humedades de infiltración o capilaridad (Fig. 10), discontinuidad de materiales, control de las instalaciones existentes en el conjunto patrimonial o incluso detección de patologías estructurales. Una vez identificados sus puntos débiles es posible evaluar la eficiencia integral del edificio (Minutoli y García-Quesada, 2017). Con los datos térmicos obtenidos también se pueden realizar simulacros de comportamiento

energético en cada etapa histórica (García-Quesada et al., 2017).

Para valorar las deformaciones estructurales existentes en el conjunto monumental también ha sido relevante la información aportada por el levantamiento mediante escáner láser. El análisis de deformaciones realizado sobre determinados paramentos murarios ha permitido evaluar sus desplomes y falta de planicidad, lo que permite identificar posibles causas de colapso. A través de los *elevation maps* se ha calculado la distancia de todos los puntos del paño analizado a un plano verti-



5. Nube de puntos obtenida con el escáner láser
6. En la Torre de Ismail, la instrumentación del 3dEye se dispuso en el centro de la sala para documentar los elementos situados en zonas elevadas

5. Point cloud obtained with the laser scanner
6. In the Tower of Ismail, the 3DEye instrumentation was placed in the center of the room to document the elements located in highest parts

cal virtual y, mediante una codificación adecuada de colores, visualizar las deformaciones (Fig. 11).

Creación de un modelo de gestión integral basado en la metodología BIM

Finalmente, la implementación BIM (*Building Information Modeling*) del caso de estudio seleccionado, la galería Oeste del Patio de la Acequia, se hizo en base a la siguiente metodología (Rodríguez-Moreno et al., 2016) (Fig. 12):

1. Vinculación de la nube de puntos escaneada del referente arquitectónico real, al espacio de trabajo en la plataforma de modelado BIM Autodesk Revit.
2. Desarrollo de niveles y ejes estructurales usando como referencia la nube de puntos vinculada.
3. Modelado manual de los elementos básicos constitutivos de forma directa mediante Categorías de Modelo (Muros, soportes, suelos, cubiertas, techos, huecos y topografía)
4. Modelado manual de elementos de detalle simple mediante el

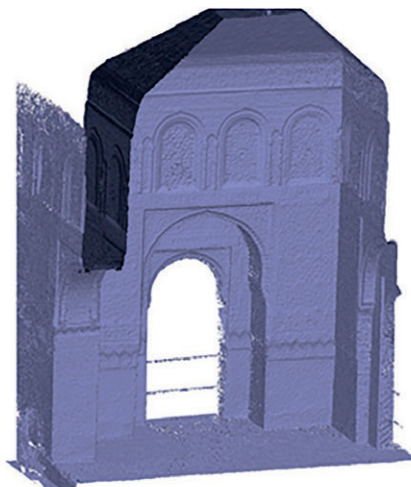
desarrollo de Familias de Objetos In-situ y Cargables, basadas en procedimientos de barrido, extrusión y solevación (molduras, viguetas, pasamanos, etc.)

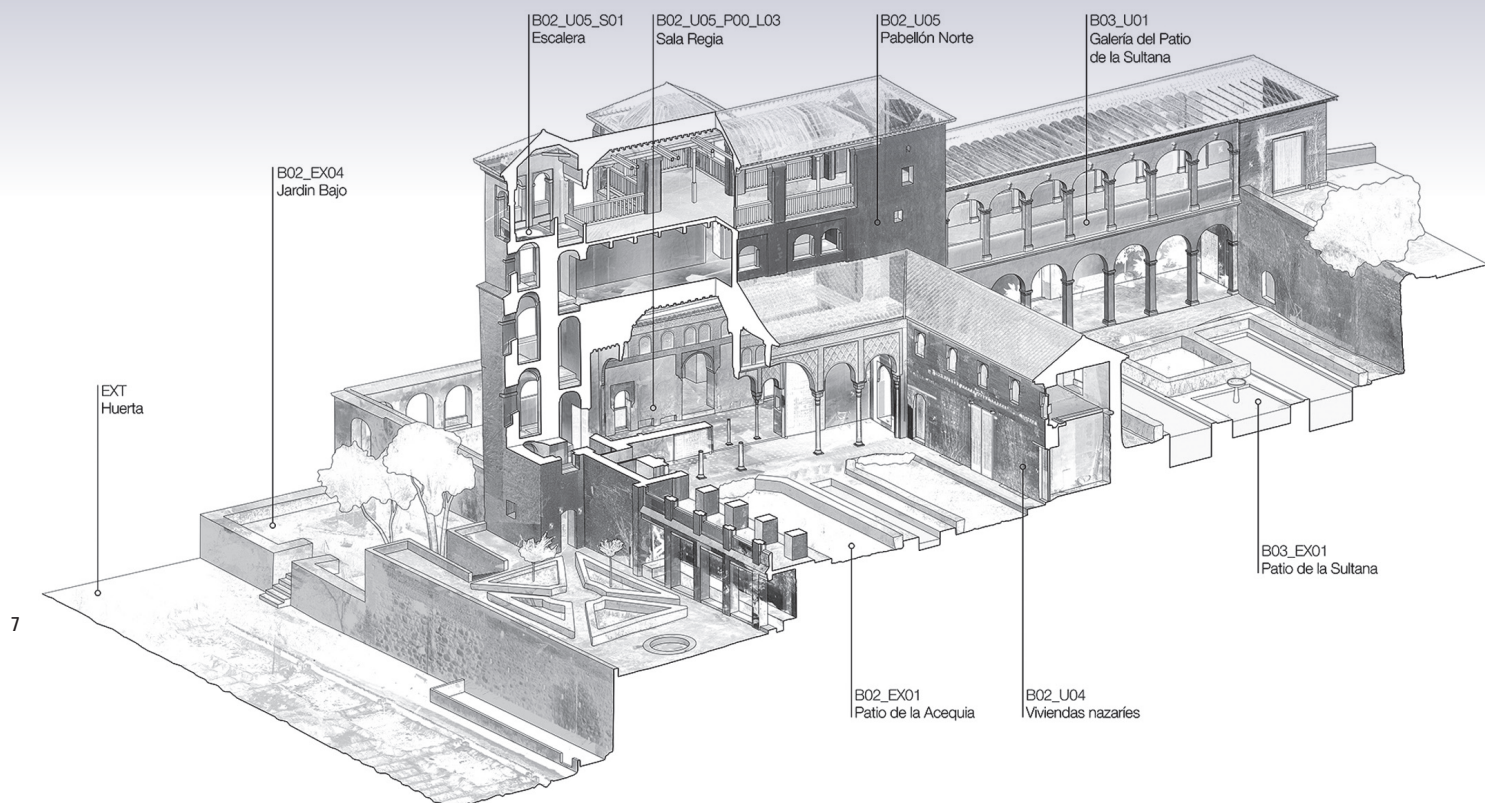
5. Modelado automatizado de elementos de detalle complejo mediante la herramienta desarrollada por Simone Garagnani con la denominación GreenSpider (Garagnani y Manferdini, 2013) y sus comandos asociados GStranlator, GSpoints y GScurves. El primero de ellos traduce el archivo de nube de puntos de su formato original al GSP al entorno de Revit en forma de puntos ya editables en el espacio; el segundo une los puntos obtenidos anteriormente mediante Splines de Hermite, que, en suma, darán como resultado una superficie muy precisa y a su vez cercana a la definición del objeto real. Todo este procedimiento se desarrolla dentro de un modelo de Masa Conceptual o Familia de Masa Métrica, convirtiendo así una simple condensación visual de puntos de la nube procedente del escaneado láser, en componentes arquitectónicos con

Creation of a comprehensive management model based on the BIM methodology

Finally, the BIM (*Building Information Modeling*) implementation of the case study selected, the West gallery of the Patio de la Acequia, has been tested based on the following methodology (Rodríguez-Moreno et al., 2016) (Fig. 12):

1. Linking the point cloud of the real architectural space, to the working space in the BIM Autodesk Revit modeling platform.
2. Development of structural levels and axes using the linked point cloud as reference.
3. Manual modeling of basic constituent elements directly through Model Categories (Walls, supports, floors, roofs, ceilings, holes and topography)
4. Manual modeling of simple detail elements through the development of Families of In-situ and Loadable Objects, based on sweeping, extrusion and loft procedures (moldings, joists, handrails, etc.)
5. Automated modeling of complex detail elements using the tool developed by Simone Garagnani with the name GreenSpider (Garagnani and Manferdini, 2013) and its associated commands GStranlator, GSpoints and GScurves. The first one translates the point cloud file from its original format to the GSP of the GreenSpider tool itself; the second one imports the GSP file into the Revit environment in the form of points that are already editable





in space; the third joins the points obtained previously by Splines de Hermite, which, in synthesis, will result in a very precise surface and in turn close to the definition of the real object. All this procedure is developed within a model of Conceptual Mass or Mass Metric Family, thus converting a simple visual condensation of points clouds from laser scanning into architectural components with BIM format, which faithfully reproduce the element of the world real.

Conclusions

The results obtained has shown that any research project of these characteristics becomes a unicum, where the methodology, the architectural representation and the processes used in the incorporation of data could change depending on the context analyzed and the specific qualities of the object investigated.

On the other side, and considering the seismic risk that the Alhambra and Generalife heritage complex potentially suffers, these databases constitute a digital heritage to be protected, since they preserve the memory of their formal qualities, appearance and physical state of the elements that compose it.

This has been a project that has experimented and put into value the dialogues that can be established between the information systems of architectural information (such as BIM and GIS) and the remote documentation systems

formato BIM, que reproducen de manera fidedigna el elemento del mundo real.

Conclusiones

El conjunto de resultados obtenidos ha evidenciado que todo proyecto de investigación de estas características se convierte en un *unicum*, donde la metodología, la representación arquitectónica y los procesos utilizados en la incorporación de datos varían en función del contexto analizado y de las cualidades específicas del objeto investigado.

Por otra parte, y considerando el riesgo sísmico que potencialmente sufre el complejo patrimonial de la Alhambra y el Generalife, estas bases de datos constituyen por sí mismas un patrimonio a proteger, ya que conservan la memoria de sus cualidades formales, el aspecto y el estado físico real de los elementos que lo integran.

Este ha sido un proyecto que ha experimentado y puesto en valor los diálogos que es posible establecer

entre los sistemas de información de la información arquitectónica (como BIM y GIS) y los sistemas de documentación remota de la arquitectura, intentando desarrollar, a través de la construcción de modelos 3D, bases de datos dinámicas donde el usuario pueda interactuar con un espacio virtual patrimonial como es el Generalife, donde pueda vivirlo e interrogarlo. ■

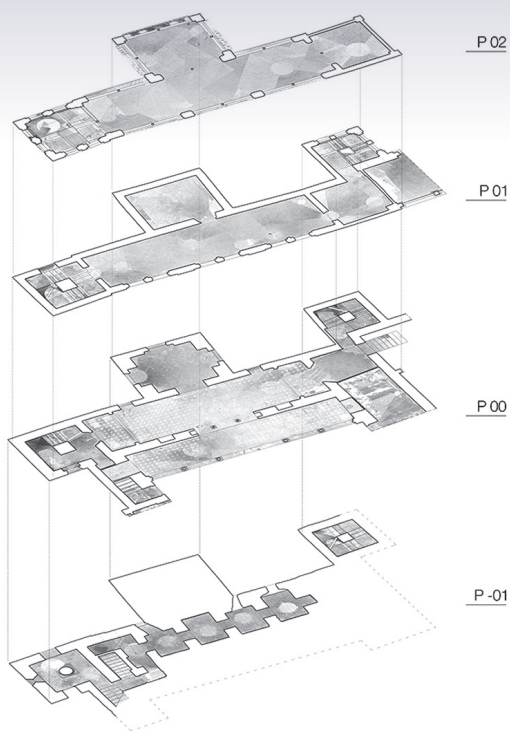
Notas

1 / Las fuentes árabes son muy parcas en información acerca de esta almunia nazari. No obstante, a través de los textos de Ibn al-Jatib, Ibn al-Yayyab, Ibn Zamrak, Ibn `Asim o Ibn Furkūn se han formulado diversas hipótesis en torno al Generalife islámico.

2 / Nos referimos a las descripciones de Jerónimo Münzer (Puyol, 1924 pp.86-90), que visitó el Generalife en 1494, Andrea Navagero que retrata el estado del palacio en 1526 (1983 pp. 47-49) o Fracois Bertaut que lo describe a finales del s. xvii (1682 pp. 75-76, 91-93).

3 / Especialmente valiosos fueron los planos y diarios de obras realizados por Torres Balbás, recogidos en algunas publicaciones del mismo (1965).

4 / Para el levantamiento escáner láser, se utilizó un láser Z + F 5010 (https://www.zf-laser.com/Z-F-IMAGER-R-5010.3d_laserscanner0.0.html?&L=1), que está diseñado para ver puntos de larga distancia, manteniendo la alta precisión y velocidad de adquisición; para la fotogrametría SfM se utilizó una cámara Nikon D90 con objetivo 18-55mm y un 3D Eye (<https://www.microgeo.it/en/products-e-solu>



7. Representación 2D obtenida superponiendo a la nube de puntos el dibujo en CAD
 8. Los modelos 3D obtenidos permiten ser usados en aplicaciones *real-time* tales como Unity 3D o Unreal Engine

7. 2D representation obtained by merging the CAD drawing on the point cloud
 8. The obtained 3D models can be used in real-time applications such as Unity 3D or Unreal Engine

tions/photogrammetry/systems/3deye.aspx) con una cámara "Lens style" DSC-QX30 con zoom óptico de 30x.

Referencias

- BERMUDEZ-PAREJA, J., 1965. El Generalife después del incendio de 1958. *Cuadernos de la Alhambra*, 1. pp.9-39.
- BERMUDEZ-PAREJA, J., 1974. *El Generalife, Granada*. Granada: Editorial Caja de Ahorros de Granada.
- BERTAUT, F., 1682. *Journal du voyage d'Espagne*. Francia, Chez René Guignard.
- CHUECA, F., 1993. *Manifiesto de la Alhambra*. Granada: Fundación Rodríguez-Acosta y Delegación en Granada del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental.
- GÁMIZ, A., 2008. *Alhambra. Imágenes de ciudad y paisaje (hasta 1800)*. Granada: Patronato de la Alhambra. <http://hdl.handle.net/11441/25210>
- GARAGNANI, G. y MANFERDINI, A.M., 2013. "Parametric accuracy: building information modeling process applied to the cultural heritage preservation". *3D-ARCH 2013*, Trento, ISPRS, pp. 87-92. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-87-2013
- GARCÍA-QUESADA, R., MINUTOLI, F., LIONE, R., 2017. On a nearly zero energy building restoration. *Sobre una arquitectura hecha de tiempo*. Granada: Editorial Universidad de Granada, Vol.1, pp. 351-357.
- MINUTOLI, F., GARCÍA-QUESADA, R., 2017. La riqualificazione energetica dell'housing sociale attraverso interventi economico-sostenibili. *Archivio di Studi Urbani e Regionali*. Milano: Franco Angeli, a.XLVIX, n.119, pp. 172-180. DOI: 10.3280/ASUR2017-119011

- NAVAGERO, A., 1983. *Viaje por España (1524-1526)*. Madrid: Editorial Turner. Vol.1.
- ORIHUELA, A., 1996. *Casas y palacios nazaries. Siglos XIII-XV*. Barcelona: Editorial Ludwig.
- PARRINELLO S., 2012. Banche dati e sistemi integrati per la gestione del verde urbano. *Disegnarecon*, numero speciale, vol.5, 0, pp. 273-278. DOI: 10.6092/issn.1828-5961/3355
- PARRINELLO, S. 2017. Il complesso di al-Nabi Musa in Palestina. Documentazione e analisi dell'oasi edificata. In *Disegnare, Idee, Immagini*. N. 54. Roma. Gangemi Editore. Roma. ISBN: 9788849234121
- PARRINELLO, S., GÓMEZ-BLANCO, A. y PICCHIO, F., 2017. *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.
- PICCHIO, F., 2017. Metodologie di rilievo integrato per indagini diagnostiche non invasive: la documentazione della Moschea Bianca di Al-Jazzar a San Giovanni d'Acari, Israele. In *Restaurio Archeologico*, vol. 26, p. 90-105, ISSN: 1724-9686.
- PUCHE, J.M. et.al., 2017. Más allá de la métrica. Las nubes de puntos como expresión gráfica semántica. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, [S.l.], v. 22, n. 31, p. 228-237, nov. 2017. ISSN 2254-6103. DOI: 10.4995/ega.2017.6781
- PUYOL, J., 1924. Jerónimo Münzer. Viaje por España y Portugal en los años 1494 y 1495. *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 84. pp. 197-279.
- REINOSO-GORDO, J.F., RODRÍGUEZ-MORENO, C., GÓMEZ-BLANCO, A. y LEÓN-ROBLES, C., 2018. Cultural Heritage

of architecture, trying to develop, through the construction of 3D models, dynamic databases where the user can interact with a virtual heritage space such as the Generalife, live in it and interrogate it. ■

Notes

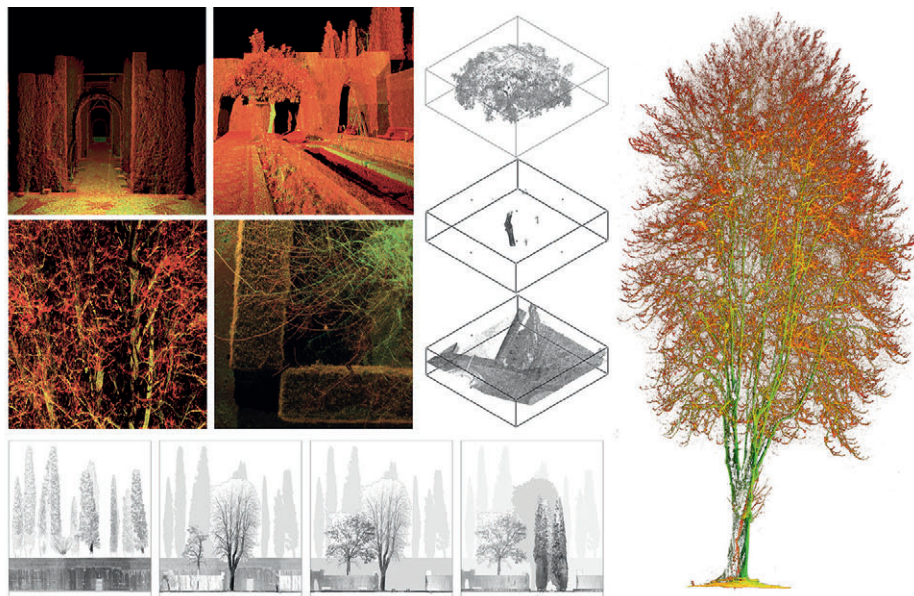
- 1 / Arab sources are very sparing in information about this Nazari almunia. However, through the texts of Ibn al-Jatib, Ibn al-Āyayyāb, Ibn Zamrak, Ibn 'Āsim or Ibn Furkūn, various hypotheses have been formulated around the Islamic Generalife.
- 2 / We refer to the descriptions of Jerónimo Münzer (Puyol, 1924 pp.86-90), who visited the Generalife in 1494, Andrea Navagero who portrays the state of the palace in 1526 (1983 pp. 47-49) or Fraçois Bertaut who describes it at the end of the s. xvii (1682 pp. 75-76, 91-93).
- 3 / Especially valuable were the plans and journals of works made by Torres Balbás, collected in some publications of the same author (1965).
- 4 / For the laser scanner survey, a Z + F 5010 laser was used (https://www.zf-laser.com/ZF-IMAGER-R-5010.3d_laserscanner0.0.html?L=1), which is designed to see long distance points, maintaining high accuracy and acquisition speed; for the SfM photogrammetry a Nikon D90 camera with 18-55mm lens and a 3D Eye (<https://www.microgeo.it/en/products-e-solutions/photogrammetry/systems/3deye.aspx>) with a camera was used "Lens style" DSC-QX30 with 30x optical zoom.

References

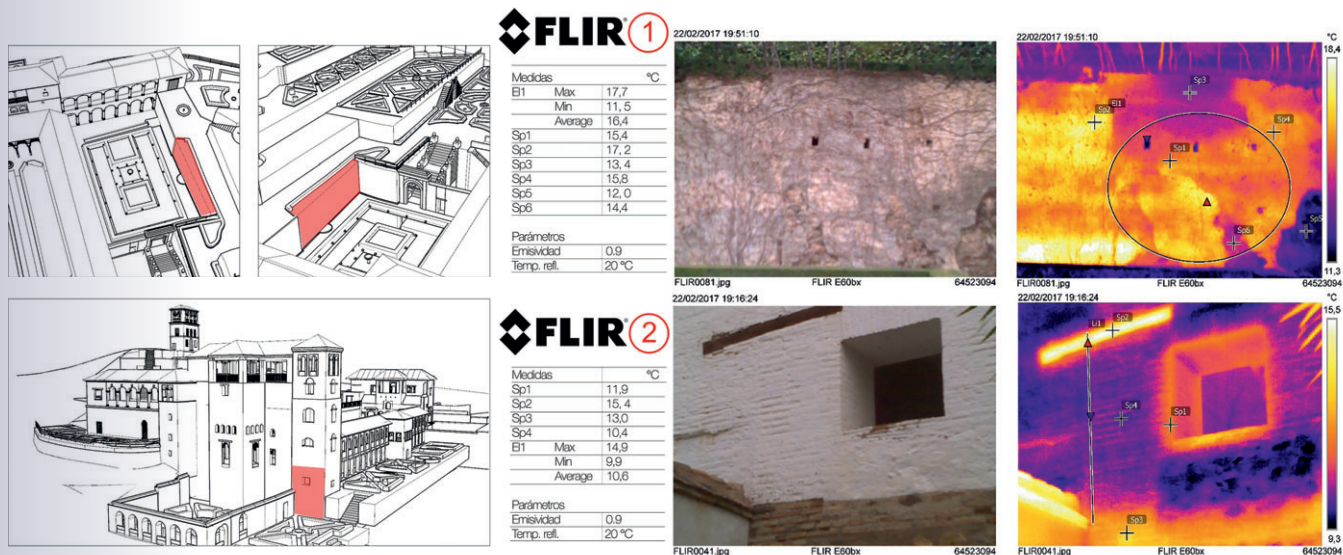
- BERMUDEZ-PAREJA, J., 1965. El Generalife después del incendio de 1958. *Cuadernos de la Alhambra*, 1. pp.9-39.
- BERMUDEZ-PAREJA, J., 1974. *El Generalife, Granada*. Granada: Editorial Caja de Ahorros de Granada.
- BERTAUT, F., 1682. *Journal du voyage d'Espagne*. Francia, Chez René Guignard.
- CHUECA, F., 1993. *Manifiesto de la Alhambra*. Granada: Fundación Rodríguez-Acosta y Delegación en Granada del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental.



- 9. El modelo generado en base a la vegetación existente
- 10. Análisis crítico energético: (1) Humedades por capilaridad; (2) Absorción de radiación
- 11. Elevation map del muro que da acceso al Patio de la Sultana
- 12. Superposición de la nube de puntos y el modelo BIM del edificio. (Rivas-López y Roda-García, 2017)



9

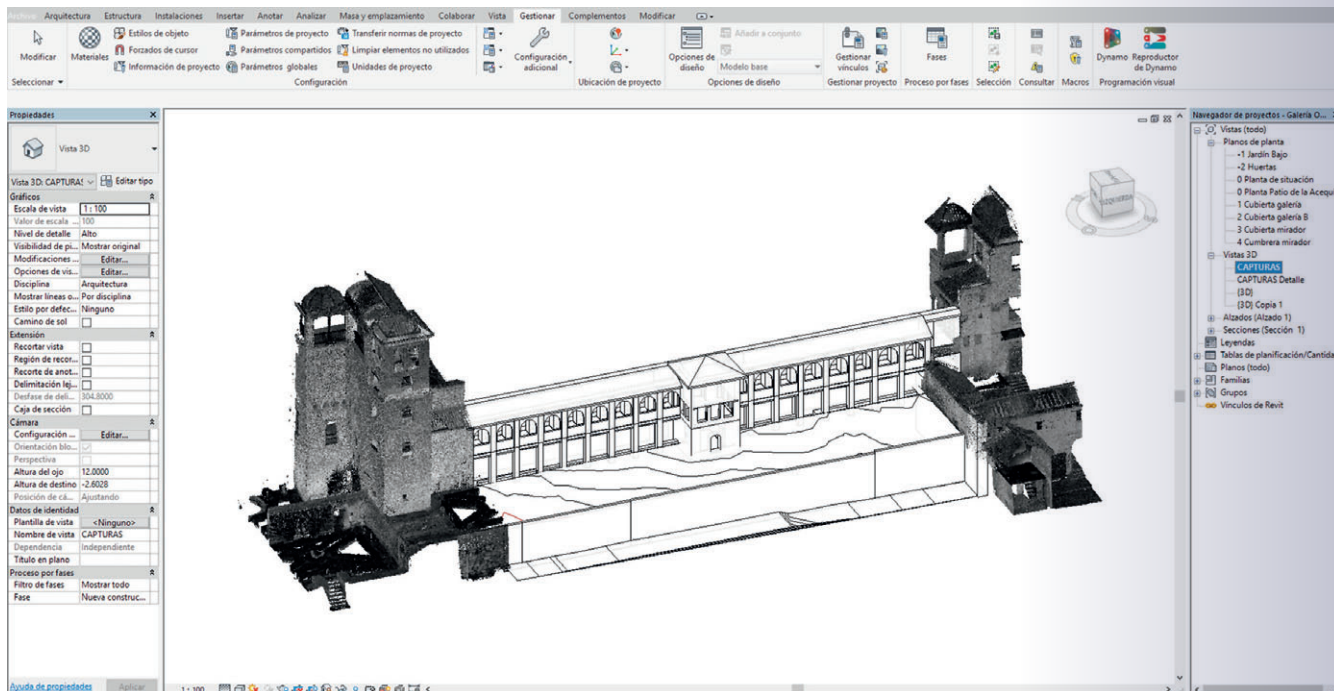


10

- 9. The model generated based on the existing green elements
- 10. Critical energy analysis: (1) Capillarity humidity; (2) Absorption of radiation
- 11. Elevation map of the wall that gives access to the Patio de la Sultana
- 12. Merging of the point cloud and the BIM model of the building complex. (Rivas-López and Roda-García, 2017)



11



12

Conservation and Sustainability Based on Surveying and Modeling: The Case of the 14th Century Building Corral del Carbón (Granada, Spain). *Sustainability of Culture and Heritage*, 10, 1307. DOI: 10.3390/su10051307

– RODRÍGUEZ-MORENO, C., REINOSO-GORDO, J.F., RIVAS-LÓPEZ, E., GÓMEZ-BLANCO, A., ARIZA-LÓPEZ, J.F. y ARIZA-LÓPEZ, I., 2016. From point cloud to BIM: an integrated workflow for documentation, research and modelling of architectural heritage. *Survey Review*, Volume 50, Issue 360, pp. 1-20. DOI: 10.1080/00396265.2016.125971

– TITO, J., 2000. La colina de la Alhambra y sus jardines en la fotografía del siglo XIX. *La Alhambra. Paisaje y memoria*. Granada: Diputación de Granada. pp. 35-53.

– TORRES-BALBÁS, L., 1965. Diario de obras y reparos en el Generalife. *Cuadernos de la Alhambra*, 6, pp. 109-130.

– VÍLCHEZ, C., 1991. *El Generalife*. Granada: Proyecto Sur.

Equipo de investigadores

Responsables Científicos:

- Prof. Sandro Parrinello (Universidad de Pavia)
- Prof. Antonio Gomez-Blanco Pontes (Universidad de Granada)

Coordinadora Científica:

- Dra. Francesca Picchio (Universidad de Pavia)
- Análisis Histórico, levantamiento digital y post-producción:

- Dra. Concepción Rodríguez Moreno, Arq. Ágata A. Michot Roberto, Est. Emilia Navarrete Ruiz, Est. Doc. Pietro Becherini, Est. Doc. Matteo Bigongiari, Est. Doc. Raffaella De Marco, Est. Doc. Federico Cioli, Est. Doc. Anna Dell'Amico, Est. Eugenia Bordini, Est. Doc. Kseniia Mezenina, Est. Doc. Monica Bercigli, Arq. José Pérez Garrido, Arq. Carlos Roda García, Dr. Juan Francisco Reinoso Gordo, Dr. Esteban Rivas López, Dr. Rafael García Quesada.

– GÁMIZ, A., 2008. *Alhambra. Imágenes de ciudad y paisaje (hasta 1800)*. Granada: Patronato de la Alhambra. <http://hdl.handle.net/11441/25210>

– GARAGNANI, G. y MANFERDINI, A.M., 2013. "Parametric accuracy: building information modeling process applied to the cultural heritage preservation". *3D-ARCH 2013*, Trento, ISPRS, pp. 87-92. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-87-2013

– GARCÍA-QUESADA, R., MINUTOLI, F., LIONE, R., 2017. On a nearly zero energy building restoration. *Sobre una arquitectura hecha de tiempo*. Granada: Editorial Universidad de Granada, Vol.1, pp. 351-357.

– MINUTOLI, F., GARCÍA-QUESADA, R., 2017. La riqualificazione energetica dell'housing sociale attraverso interventi economico-sostenibili. *Archivio di Studi Urbani e Regionali*. Milano: Franco Angeli, a.XLVIX, n.119, pp. 172-180. DOI: 10.3280/ASUR2017-119011

– NAVAGERO, A., 1983. *Viaje por España (1524-1526)*. Madrid: Editorial Turner. Vol.1.

– ORIHUELA, A., 1996. *Casas y palacios nazaries. Siglos XIII-XV*. Barcelona: Editorial Ludweg.

– PARRINELLO, S., 2017. Il complesso di al-Nabi Musa in Palestina. Documentazione e analisi dell'oasi edificata. In *Disegnare, Idee, Immagini*. N. 54. Roma. Gangemi Editore. Roma. ISBN: 9788849234121

– PARRINELLO S., 2012. Banche dati e sistemi integrati per la gestione del verde urbano. *Disegnarecon*, numero speciale, vol.5, 0, pp. 273-278. DOI: 10.6092/issn.1828-5961/3355

– PARRINELLO, S., GÓMEZ-BLANCO, A. y PICCHIO, F., 2017. *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.

– PICCHIO, F., 2017. Metodologie di rilievo integrato per indagini diagnostiche non invasive: la documentazione della Moschea Bianca di Al-Jazzar a San Giovanni d'Acri, Israele. In *Restauro Archeologico*, vol. 26, p. 90-105, ISSN: 1724-9686.

– PUCHE, J.M. et al., 2017. Más allá de la métrica. Las nubes de puntos como expresión gráfica semántica. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*,

[S.I.], v. 22, n. 31, p. 228-237, nov. 2017. ISSN 2254-6103. DOI: 10.4995/ega.2017.6781

– PUYOL, J., 1924. Jerónimo Münzer. Viaje por España y Portugal en los años 1494 y 1495. *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 84, pp. 197-279.

– REINOSO-GORDO, J.F., RODRÍGUEZ-MORENO, C., GÓMEZ-BLANCO, A. y LEÓN-ROBLES, C., 2018. Cultural Heritage Conservation and Sustainability Based on Surveying and Modeling: The Case of the 14th Century Building Corral del Carbón (Granada, Spain). *Sustainability of Culture and Heritage*, 10, 1307. DOI: 10.3390/su10051307

– RODRÍGUEZ-MORENO, C., REINOSO-GORDO, J.F., RIVAS-LÓPEZ, E., GÓMEZ-BLANCO, A., ARIZA-LÓPEZ, J.F. y ARIZA-LÓPEZ, I., 2016. From point cloud to BIM: an integrated workflow for documentation, research and modelling of architectural heritage. *Survey Review*, Volume 50, Issue 360, pp. 1-20. DOI: 10.1080/00396265.2016.125971

– TITO, J., 2000. La colina de la Alhambra y sus jardines en la fotografía del siglo XIX. *La Alhambra. Paisaje y memoria*. Granada: Diputación de Granada. pp. 35-53.

– TORRES-BALBÁS, L., 1965. Diario de obras y reparos en el Generalife. *Cuadernos de la Alhambra*, 6, pp. 109-130.

– VÍLCHEZ, C., 1991. *El Generalife*. Granada: Proyecto Sur.

Team of researchers

Scientific Responsible:

- Prof. Sandro Parrinello (University of Pavia)
- Prof. Antonio Gomez-Blanco Pontes (University of Granada)

Scientific Coordinator:

- Dra. Francesca Picchio (University of Pavia)

Historical Analysis, digital survey and post-production:

- Dra. Concepción Rodríguez Moreno, Arq. Ágata A. Michot Roberto, Est. Emilia Navarrete Ruiz, Est. Doc. Pietro Becherini, Est. Doc. Matteo Bigongiari, Est. Doc. Raffaella De Marco, Est. Doc. Federico Cioli, Est. Doc. Anna Dell'Amico, Est. Eugenia Bordini, Est. Doc. Kseniia Mezenina, Est. Doc. Monica Bercigli, Arq. José Pérez Garrido, Arq. Carlos Roda García, Dr. Juan Francisco Reinoso Gordo, Dr. Esteban Rivas López, Dr. Rafael García Quesada.