Sandro Parrinello Antonio Gómez-Blanco Francesca Picchio

Cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica

EL PALACIO DEL GENERALIFE

DEL LEVANTAMIENTO DIGITAL AL PROYECTO DE GESTIÓN

PROSPETTIVE MULTIPLE

STUDI DI INGEGNERIA ARCHITETTURA E ARTE

Pavia University Press

Cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica

Sandro Parrinello Antonio Gómez-Blanco Pontes Francesca Picchio

El palacio del Generalife

Del levantamiento digital al proyecto de gestión

PaviaUniversityPress

El palacio del Generalife : del levantamiento digital al proyecto de gestión : cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica / Sandro Parrinello, Antonio Gómez-Blanco Pontes, Francesca Picchio. - Pavia : Pavia University Press, 2017. - 222 p. : ill. ; 21 cm.

(Prospettive multiple: studi di ingegneria, architettura e arte)

ISBN 9788869520716 (brossura)

Esta publicación forma parte de la serie "Prospettive multiple: studi di ingegneria, architettura e arte", que cuenta con un panel de referee internacionales. "El palacio de Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión" es un texto científico evaluado y aprobado por el Comité Científico Editorial de la Editorial Pavia University Press de la Universidad de Pavia.

Los editores y los autores están a disposición de quieres no hayan podido ser contactados por cualquier omisión e inexactitud.

PaviaUniversityPress

© Copyright 2017
by Pavia University Press -
Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia
Via Luino, 12 - 27100 Pavia (PV)
Tel: +39 0382 987743 / 985047
Fax:+39 0382 985047
Email: unipress@unipv.it

Edición
Sandro Parrinello,
Antonio Gómez-Blanco Pontes
Francesca Picchio

Diseño gráfico
Francesca Picchio

Impreso por
DigitalAndCopy S.A.S., Segrate (MI)

ISBN 978-88-6952-071-6

En la portada: Nube de puntos del palacio del Generalife

Los derechos de traducción, almacenamiento electrónico, reproducción (incluso adaptación parcial), por cualquier medio, están reservados para todos los países.

Las fotocopias para uso personal del lector no pueden exceder el 15% de cada libro y con pago a SIAE de la compensación prevista en el art. 68, c. 4, de la Ley 22 de abril de 1941, n. 633 y por acuerdo de 18 de diciembre, entre SIAE, AIE, SNS y CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfComercio, ConfEsercenti. Las reproducciones con fines diferentes a los mencionados anteriormente sólo podrán realizarse previa autorización expresa de quienes tengan derecho de autor a la Editorial.

Este libro fue publicado junto con la exposición "Documentación arquitectónica del Palacio del Generalife", realizada en la ETS_ Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada, del 11/10/2017 al 31/10/2017. La exposición abarcó los resultados de un proyecto de investigación promovido por la Universidad de Pavia y la Universidad de Granada, en particular por el DAda Lab (Drawing, Architecture DocumentAction Laboratory de la Universidad de Pavia), SMlab LAB (Survey and Modeling LAB of Architectural Heritage de la Universidad de Granada) y LS3D (laboratorio conjunto universidad y empresa Landscape Survey & Design de la Universidad de Florencia y de la Universidad de Pavia). Los Jefes del Convenio de Colaboración entre Laboratorios son el Prof. Sandro Parrinello y el Prof. Antonio Gómez-Blanco Pontes.

Curadores de la Exposición

Sandro Parrinello	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Antonio Gomez-Blanco Pontes	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Francesca Picchio	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia

Comité Organizador de la Exposición

Reynaldo Fernández Manzano	Director del Patronato de la Alhambra y Generalife
Manuela Reina de la Torre	Patronato de la Alhambra
Laura Esparragosa Díaz	Patronato de la Alhambra
Javier Gallego Roca	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Rafael García Quesada	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Antonio Gómez-Blanco Pontes	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Ricardo Hernández Soriano	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Josemaría Manzano Jurado	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Milagros Palma Crespo	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Sandro Parrinello	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Francesca Picchio	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia

Comité Científico

Stefano Bertocci	Universidad de Estudios de Florentia
Daniela Besana	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Antonio Conte	Universidad de Estudios de Basilicata
Lourdes Gutierrez Carrillo	Universidad de Granada
Fauzia Farneti	Universidad de Estudios de Florentia
Reynaldo Fernández Manzano	Director del Patronato de la Alhambra y Generalife
Rafael García Quesada	Universidad de Granada
Antonio Gómez-Blanco Pontes	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Antonella Guida	Universidad de Estudios de Basilicata
Ricardo Hernandez	Universidad de Granada
Raffaella Lione	Universidad de Estudios de Messina
Josemaría Manzano Jurado	Universidad de Granada
Giovanni Minutoli	Universidad de Estudios de Florentia
Marco Morandotti	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Andrea Nanetti	Nanyang Technological University
Catuxa Novo Estebánez	Jefa de Servicio de Jardines, Bosques y Huertas del Patronato de la Alhambra y Generalife
Sibel Onat Hattap	Mimar Sinan Fine Arts University, Estambul
Milagros Palma Crespo	Universidad de Granada
Luis Palmero Iglesias	Universitat Politècnica de València
Sandro Parrinello	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Francesca Picchio	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Università di Pavia
Maria Dolores Robador González	Universidad de Sevilla
Adriana Rossi Seconda	Universidad de Estudios de Nápoles
Antonio Ruiz Sánchez	Jefe de Servicio de Conservación y Protección del Patronato de la Alhambra y Generalife
Riziero Tiberi	Universidad de Estudios de Florentia
Silvio Van Riel	Universidad de Estudios de Florentia

Esta publicación se realizó con la contribución de DICAr, Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad de Pavia, del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica e Ingeniería de la Universidad de Granada y del Patronato de la Alhambra y Generalife.

Patronato de la Alhambra y Generalife
CONSEJERÍA DE CULTURA

Patronato de la Alhambra y Generalife

Università di Pavia

Universidad de Granada

Escuela Superior de Arquitectura de Granada

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura

DAda Lab_ Drawing and Architecture DocumentAction

SMlab, Survey and Modeling LAB of Architectural Heritage

LS3D_ Laboratory Landscape, Survey and Design

EBIME, BIM Consulting Services for Architecture and Engeneering

La exposición "Documentación arquitectónica del Palacio del Generalife" y su relativo catálogo monográfico como Cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica ""El palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión" se presentaron en el V Congreso Internacional de documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico ReUSO 2017, celebrado en Granada del 18 al 21 de octubre de 2017.

V Congreso Internacional de documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico ReUSO 2017.

INDICE

PRESENTACIONES

Fabio Rugge	Rector de la Universidad de Pavia	09
Pilar Aranda Ramírez	Rectora de la Universidad de Granada	10
Lalo Magni	Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Pavia	11
Josemaría Manzano Jurado	Director de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada	12
Ferdinando Auricchio	Director del DICAr - Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad de Pavia	13
Juan Domingo Santos	Director del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería de la UGR	14
Antonio Ruiz Sánchez	Jefe de Servicio de Conservación y Protección del Patronato de la Alhambra y Generalife	15
Marco Morandotti	Presidente del Máster en ingeniería arquitectónica de la Universidad de Pavia	16

PREFACIO 21

CAPITULOS

01 La almunia y el Palacio del Generalife 27

02 El Generalife desaparecido 37
- 2.1 El Generalife en epoca medieval 38
- 2.2 Los primeros años del Generalife cristiano (1492-1537) 44
- 2.3 El Generalife de la familia Granada Venegas (1537-1921) 48
- 2.4 El Generalife en el siglo XX 54

03 Para un levantamiento arquitectónico del Generalife. El Manifiesto de la Alhambra como documento de referencia 65

04 El levantamiento del Generalife. Campaña de 2017 73
- 4.1 La planificación de los trabajos de campo del escaneado láser 76
- 4.2 La construcción del archivo 3D 80
- 4.3 El registro de la base de datos 3D 84
- 4.4 El levantamiento fotogramétrico 90
- 4.5 Toma de datos con 3D EYE 94
- 4.6 El dibujo del Palacio del Generalife 100

05 La catalogación de los elementos arquitectónicos 109
- 5.1 Descomposición de los elementos arquitectónicos 110

5.2 El levantamiento tridimensional y el modelado de elementos decorativos 114
5.3 El análisis de los elementos decorativos y los patrones geométricos 118
5.4 La confección de la ficha catalográfica 122

06 El Modelado tridimensional del Generalife 127
6.1 Desarrollo del modelo 3D. De la base de datos al Modelado Inverso 130
6.2 La modelación NURBS del Palacio 134
6.3 El modelado del sistema decorativo 138
6.4 Creación de un sistema interactivo para la exploración del modelo 3D 144

07 Para la representación y gestión de la vegetación 149
7.1 Definición de un lenguaje adecuado y medida de la vegetación 156
7.2 Para una catalogación de los elementos vegetales 162

08 Trabajos previos a la implementación de la metodología BIM 167
8.1 Recepción y estudio de la información de la nube de puntos 168
8.2 Adecuación de la nube de puntos al modelado BIM 170

09 La creación de un modelo de gestión integral basado en la metodología BIM 173
9.1 A propósito de BIM: Contexto global y vías de investigación 174
9.2 Generación del Existing Building Information Model del Palacio del Generalife 180

10 Un Lenguaje Temático para la conservación 189
10.1 El uso de la base de datos 3D para el análisis de deformaciones 190
10.2 Metodología de un análisis crítico energético 196
10.3 Levantamiento térmico y toma de datos de transmitancias 198
10.4 Hacia un BIM que incluya la lectura energética 200

NOTAS 202

Bibliografia 206

Creditos

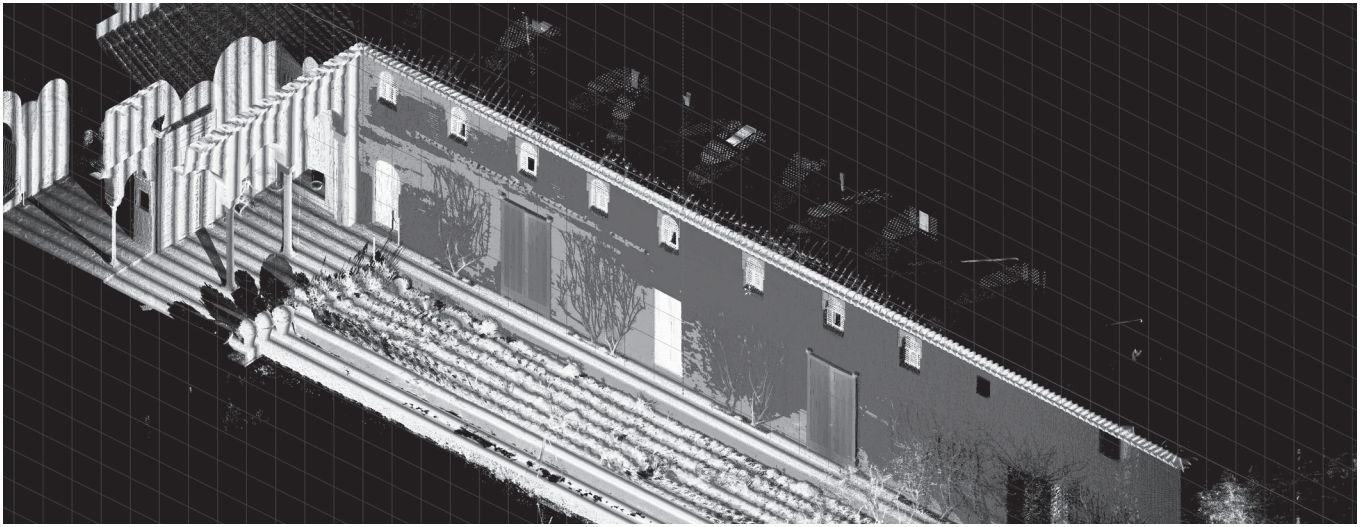
Creditos del projecto de investigación 214
Fotos de la campaña de levantamiento del Palacio del Generalife - Febrero 2017 216
Presentación de los primeros resultados en el Aula Magna de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Granada, 24- Febrero 2017 219
Créditos de la publicación 220
Créditos de las traducciones 222
Créditos de las imágenes 222

10.1 El uso de la base de datos 3D para el análisis de deformaciones

M. Bigongiari

La realización de una base de datos tridimensional obtenida a partir de un levantamiento efectuado mediante láser escaner proporciona una gran cantidad de información sobre el objeto arquitectónico analizado, tanto de carácter geométrico, constituida por las coordenadas polares de los puntos que lo componen, como de tipo cualitativo, relacionada con el grado de alineación de las superficies y ocasionalmente con el índice de color de la fotografía tomada del instrumento. Los datos facilitados por la nube de puntos obtenida se utilizan para generar diferentes tipos de resultados: desde los clásicos dibujos arquitectónicos bidimensionales hasta modelos tridimensionales basados en la fiabilidad que aporta el láser escaner. El uso de un levantamiento real based garantiza la existencia de una base de datos donde los puntos de las superficies murarias del objeto arquitectónico son colocados en su posición real en el espacio[63].

Conocer la verdadera posición de los puntos es útil, no sólo para documentar el verdadero estado del objeto patrimonial, sino también para facilitar su conservación: permite evaluar la posible falta de planeidad de una paramento murario, realizar un análisis de deformaciones



Axonometría de una porción de la nube de puntos del Patio del Agua, coloreada según el elevation map; en este caso, el funcionamiento de esta escala de color es comprensible: los puntos se colorean dependiendo de la distancia desde un plano vertical, realizando curvas de nivel en la fachada. Lejos del plano vertical, los colores se repiten como se muestra en los puntos en el suelo lejos de la pared.

y, si se integra adecuadamente en un levantamiento estructural con información sobre las fisuras existentes, describir posibles causas de colapso.

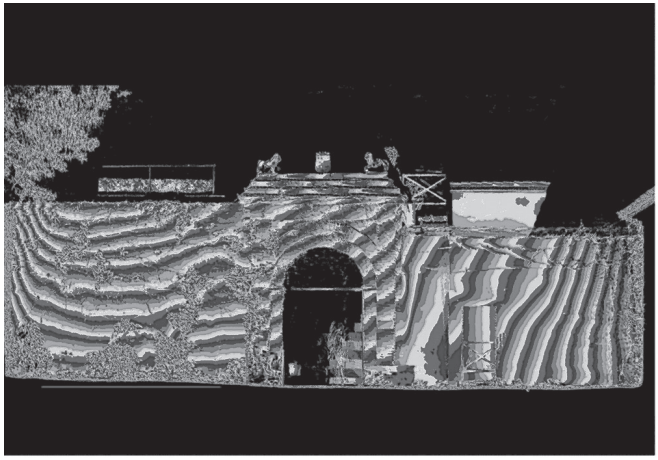
El posicionamiento de puntos arquitectónicos en alzado mediante operaciones de levantamiento manual es realmente complejo; la utilización de estaciones totales solventa el problema de fiabilidad de las medidas en fachadas, y permite obtener, alineando los puntos obtenidos en base a un plano vertical, secciones reales del edificio. Pero sólo con el láser escaner, gracias a su sistema de adquisición masiva[64], sí se obtiene la descripción de toda la superficie.

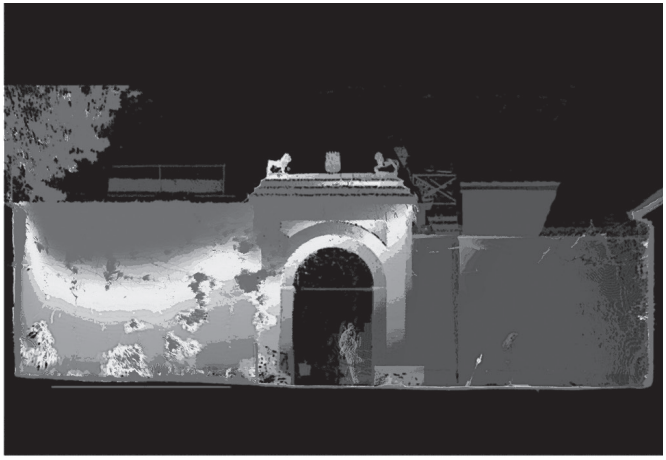
En la práctica, para evaluar el estado de deformación de un paramento murario se secciona el muro por numerosos puntos, dibujando en cada caso el perfil de la sección; de esta manera se puede evaluar métricamente el valor del desplome respecto al eje vertical del muro y si las dos superficies del muro se comportan estáticamente de forma concordante o discordante. Repetir esta operación en toda la extensión del muro comporta un largo periodo de tiempo para estudiar toda su morfología y localizar los puntos donde la deformación es máxima, evaluar su estado de conservación o la necesidad de un proyecto de consolidación. El software para la gestión de la nube de puntos permite visualizar y cuantificar métricamente los desplomes de forma directa a lo largo de toda la zona de estudio; esto es posible gracias al mapa de colores denominado elevation map, utilizado inicialmente para la restitución gráfica de las curvas de nivel del terreno; una vez situado el plano de referencia, el programa calcula la distancia de todos los puntos a dicho plano, lo que pemite efectuar la codificación adecuada para visualizar todas las deformaciones de forma inmediata.

Elevation map de la fachada al norte del Ala Norte; se muestran las dos elaboraciones diferentes obtenidas para el análisis de deformación: a la izquierda, el análisis realizado con curvas de nivel, donde cada color corresponde al desplazamiento de un centímetro y se calcula así precisamente el desplazamiento máximo; a la derecha el análisis que pone de relieve el grado de peligro de deformación, en el que el verde corresponde a la adherencia al plano vertical y el rojo a la distancia máxima de éste.

A la izquierda, elevation map del plan general del edificio; es posible extraer, a partir de este tipo de imagen, las curvas de nivel altimétricos: la gran presencia de vegetación en los jardines y las terrazas dificulta la lectura de los datos, lo que requiere profundización en áreas ocultas por el follaje.

Encima la presencia de follaje también complica la interpretación de los datos de deformación: en este caso, la perspectiva en el análisis es difícil de entender, no es posible calcular la dislocación real debido a la presencia de arbustos en toda la base del edificio.





Elevation map de la pared del lado sur del Patio de la Sultana: las curvas de nivel (a la derecha), realizadas cada cm de desplazamiento a lo largo del eje ortogonal a la pared, muestran un "fuera de eje" de al menos 45 cm, alto para una pared de solo 3 metros de altura; en la imagen de la izquierda, el área más deformada es claramente visible en rojo.

Debajo, vista de la pared desde el interior del Patio de la Sultana: la deformación, destacada por el mapa de elevación, se debe al vuelco de la pared debido a la falta de conexiones.

Elevation map, un procedimiento operativo para el Generalife

Para evaluar la inclinación o desplome de los muros del Generalife, en primer lugar se dividieron en unidades estructurales con el objeto de comprender cómo se comportan las diferentes superficies de forma individual y cómo afectan a su entorno sus respectivas deformaciones. En el Ala Norte del complejo, por ejemplo, es evidente cómo el compartimento sito en la escalera se encuentra ligeramente girado respecto al alineamiento de la fachada, lo que induce a pensar que existe un desfase constructivo con el resto de la estructura; por tanto su análisis deberá efectuarse de forma individualizada. Tras analizar individualmente el muro en cuestión dentro de la base de datos tridimensional, se procedió a ajustar el mapa de color encargado de evidenciar las deformaciones existentes: para ello se estableció un plano de referencia vertical, paralelo a la fachada, para después asignar un código de color a los diferentes puntos en función de la distancia que cada uno de ellos tenía respecto a dicho plano de referencia; resumiendo, en primer lugar se establece un plano de referencia y después se fija un gradiente de color.

El parámetro más importante a fijar cuando se asigna un código de color a la nube de puntos es el delta de deformación, es decir, el valor según el cual el gradiente cambia de un color a otro. Se puede elegir cualquier valor métrico, pero es necesario establecer de antemano qué valor permite obtener resultados claros y fiables. El problema de la fiabilidad depende de dos variables: de una parte el valor de precisión del instrumento utilizado, que en este caso es del orden del milímetro[65], de otra, el error cometido durante el registro de la nube de puntos. En el caso de efectúar un único escaneado láser para detectar deformaciones es posible utilizar un delta ajustado a la precisión del instrumento, lo que es útil no sólo a nivel arquitectónico, donde las deformaciones apreciadas visualmente son del orden del centímetro, sino también, por ejemplo, en los análisis de los estados de conservación de las yeserías o de otros muchos elementos que forman parte de los muros analizados. En el caso del Generalife, para mostrar las deformaciones fue

Elevation map de la torre del Ala Norte; en este caso se hace evidente que es necesario romper la fachada en forma más elaborada para calcular correctamente las deformaciones: el último piso, girado con respecto al cuerpo principal, parece estar deformado erróneamente.

necesario utilizar el modelo obtenido en el trabajo de campo, motivo por el cual se decidió fijar un valor de delta de 1cm, lo que vino determinado por el nivel de fiabilidad del registro: los perfiles de las secciones en dicho registro admitían desalineaciones de hasta un centímetro, por lo que utilizar un delta de menor valor no garantizaba resultados fiables.
Para el análisis de deformaciones en el Generalife se decidió generar dos tipos de resultados diferentes: una mapa que mostrase las curvas de nivel sobre la fachada, para conocer con precisión el desplazamiento de los puntos de su superficie, y un mapa de color que describiese el grado de peligrosidad de las deformaciones, menos técnico pero más intuitivo, en el que se utilizase una escala de color que fuese del verde (códico asignado cuando existe estabilidad estructural) al rojo (código de peligro). Ambas representaciones expresan la misma información, permitiendo al arquitecto localizar rápidamente la existencia de deformaciones en el paramento murario, para luego reconstruir a través de un completo análisis cómo se comporta estática y dinámicamente el objeto arquitectónico analizado.[66]

Lectura e interpretación de los datos

Para comprender los datos "en crudo" extraídos directamente del programa en forma de imágenes, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones previas. El software que asigna color a la nube de puntos lo hace a todos los puntos existentes en el espacio: un objeto o cualquier arbusto ubicado junto al muro, circunstancia muy frecuente en el Generalife, ocultan la deformación real de dicho muro y muestra un "falso positivo"[67] que puede inducir a error al interpretar los datos de deformación.
Los muros de los edificios históricos, no sólo presentarán muy posiblemente defectos de ejecución con cierta falta de planeidad en sus superficies; es fácil que, a lo largo del tiempo, en ellos también se haya intervenido con añadidos que no guardaban relación con lo anteriormente existente; circunstancias que en el proceso de obtención del elevation map pueden interpretarse como patologías estructurales necesitadas de intervención inmediata, cuando en realidad se trata de irregularidades geométrico-constructivas. En los edificios con muros de carga, especialmente donde existen varios pisos sobre rasante, es muy posible que hayan sido construidos muros de mayor canto en los niveles inferiores; esta técnica constructiva, correcta desde el punto de vista estructural, es interpretada por el ordenador como una deformación. Un análisis pormenorizado de la morfología estructural del muro evitaría tales errores de interpretación.
El análisis de datos del elevation map de los diferentes elementos que forman el complejo del Generalife ha obtenido conclusiones tranquilizadoras. Los elementos o edificios principales no presentan grandes deformaciones; el Ala Sur, según las curvas de nivel, apenas presenta deformaciones que superen los 5 cm, lo que es ideal para un edificio de dos o tres plantas sobre rasante (dependiendo de la zona); el mapa del Ala Norte es de compleja lectura porque se compone de numerosas unidades estructurales: la parte central, frente al Patio de la Acequia, carece de deformación, excepto el lado norte bajo la zona de acceso al patio, donde se aprecia una pequeña deformación que requiere un análisis estructural más detallado. La torre de las escaleras se encuentra también ligeramente deformada; el cuerpo superior se construyó algo girado con respecto al resto de la torre, lo que se considera complejo de interpretar; el pórtico del Patio de la Acequia presenta un muro con una cierta inclinación, pero no debe considerarse como una patología, sino más bien como una deformación beneficiosa para el comportamiento estructural del elemento; en el lado opuesto, de dos niveles, en su mayor parte cubierto de vegetación, el análisis no aporta resultados significativos. Los elementos arquitectónicos que conforman el Patio de la Sultana son estáticamente estables y verticales, a excepción del muro que lo cierra en su parte sur, mostrando un desplome importante que en parte hubiera podido evitarse de existir alguna conexión estructural con su entorno más inmediato.

Notas

[1] El acceso de la acequia del Tercio al palacio del Generalife se producía cerca de donde hoy está el mirador romántico. El agua caía por la escalera del Agua, con una caudal que podía ser regulado mediante una serie de llaves distribuidoras, y se unía al caudal de la acequia del Rey. En época cristiana el agua de la acequia del Tercio alimentaba también las fuentes de los jardines altos y permitía accionar los surtidores del los patios de la Sultana y de la Acequia, que alcanzaban una considerable altura gracias a la elevada presión con la que llegaba el agua.

[2] Se tiene noticia de la construcción de otra escalera en 1572, en la parte Este del pabellón septentrional, que también permitiría ir al jardín bajo o subir a los pisos altos. Este dato parece corroborar el mal estado de la escalera Oeste.

[3] Castell Sant´Angelo, Roma, 2000.

4 Profesor de Investigación especializado en Arquitectura Islámica en la Escuela de Estudios Árabes de Granada, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Director del servicio de Fotogrametría e Infografía de la EEA; Miembro del Comité Internacional de Documentación del Patrimonio, antiguo Comité Internacional de Fotogrametría Arquitectónica (CIPA), dependiente de ICOMOS (International Council of Monuments and Sites) y de ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remóte Sensing).

[5] Cf. Almagro, A. (2004): Levantamiento Arquitectónico, Editorial de la UGR, Granada, p.19.

[6] Cf. Almagro, A. (2004): Op. cit., pp. 26-27. Texto traducido del italiano por la Ana Almagro Vidal.

[7] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Manifiesto de la Alhambra, Fundación Rodríguez-Acosta y Delegación en Granada del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, Granada, p.54.

[8] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., pp.65-67.
[9] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.82.

[10] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.63.

[11] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.64.

[12] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.93.

[13] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.95.

[14] Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.97.

[15] Ibn Zamrack, nacido en Granada en el año 1333, es el poeta que más adornó las paredes de la Alhambra: la Fuente de los Leones, la Sala de las dos hermanas, etc... Ibn Zamrak siguió las reglas de la poesía árabe tradicional con sus metros, sus rimas y sus hemistiquios.

[16] Sobre el concepto de memoria cf. el estudio de Halbwachs que trata de la relación entre el espacio y la memoria de los lugares. Significativa es la conclusión de la obra donde el autor invita a recorrer el tiempo transcurrido para recordar el espacio colectivo a través del cual la establece «l'illusion de ne point changer à travers le temps et de retrouver le passè dans le présent; mais c'est bien ausi qu'on poit definit la mémoire; et l'espace seul est assez stable pour puovoir durer sans vieillir ni perdre aucune de ses parties». M. Halbwachs, *La mémoire collective*, Presses Universitaires de France, 1950, p. 38.

[17] En este sentido, creemos que es muy significativa una frase que Frank Lloyd Wright deja plasmada en su Autobiografía (Einaudi, 1964): «Una casa nunca debe estar sobre una colina o sobre cualquier otra cosa.

Debe ser la colina, formar parte de ella, de modo que la colina y la casa puedan vivir juntas, cada cual más feliz por los méritos de la otra».
Más recientemente, Norberg-Schulz en su volumen Genius locis, cit., p. 141 afirma con razón que observando un edificio «se debera considerar como éste se apoya sobre el terreno y como se alza hacia el cielo, y prestar especial atención a las delimitaciones laterales o muros, que a su vez contribuyen de manera decisiva a definir el carácter del entorno urbano.....En general, el carácter de la "familia" de edificios que componen el lugar se condensa en motivos característicos, como las tipologías particulares de ventanas, puertas, techos...En el ámbito arquitectónico, variables y espacio se asocian, y entonces podemos reconocer como... la Arquitectura representa la separación entre el interior y el exterior».

[18] En este sentido, por poner un ejemplo, la relación entre la distancia y la altura de dos cuerpos de fábrica debe ser considerada como parte del umbral arquitectónico-ambiental, ya que al pasar entre ellos se producirian sensaciones diferentes en función sus distintas disposiciones.

[19] V. Gregotti, *Dentro l'architettura*, Torino, 1991, p. 35 e 37.

[20] El levantamiento planimétrico del complejo del Generalife comenzó el 19 de febrero de 2017, finalizando el 26 del mismo mes.

[21] En este caso, los snippets se utilizaron para localizar las dianas que estaban a una distancia considerable y luego densificar el área localmente para permitir en la fase de grabación posterior la lectura, a través de software dedicado, de los mejores puntos a capturar.

[22] La luz solar, al igual que la luz artificial, no afecta el correcto funcionamiento del escáner láser.

[23] El ruido es el factor que afecta la exactitud de los datos detectados. Describe el rango de desviación de las lecturas individuales dentro de una muestra de medición respecto al valor "real". El término "ruido" indica que las desviaciones observadas son aleatorias y no sistemáticas.

[24] Cada fase de trabajo de campo ha tenido en cuenta el flujo de turistas que desde las 8:30 am. sobre ellos comenzaron a cruzar las instalaciones al igual que cualquier otro trabajo de mantenimiento llevado a cabo durante las actividades diarias.

[25] Los protocolos metodológicos para la correcta toma de datos del levantamiento mediante escáner láser han sido definidos por el grupo de investigación de Pavia, en particular los procedimientos de detección siguen las prácticas llevadas a cabo por el laboratorio LS3D sobre la definición de bases de datos para el estudio de grandes complejos monumentales.

[26] El problema de conseguir una nube de puntos de un gran complejo arquitectónico ya ha sido abordado en S. Bertocci, S. Parrinello (2015). *Digital Survey and Documentation of the Archaeological and Architectural Sities. Unesco World Heritage List*. p. 1-240, Firenze:Edifir-Edizioni Firenze.

[27] Se utilizó un láser Z + F 5010, que está diseñado para ver puntos de larga distancia, manteniendo la alta precisión y velocidad de adquisición.

[28] Escaneado de densificación significa escaneado detallado con una resolución mayor que la escaneado original de 360°: es posible seleccionar una parte de la nube de puntos y densificar la red de puntos.

[29] El target es simplemente una hoja de papel que identifica un punto en la fachada del edificio. El target tiene la función de materializar un punto; cada nube de puntos debe contener tres target para que se pueda orientar en el sistema de referencia en el que se va a orientar la base de datos.

[30] No es necesario hacer rotaciones porque el origen, el eje vertical y la rotación de los ejes X e Y entre los escaneos son los mismos

[31] Se ha utilizado el software Cyclone v.9.1.5 de Leica Geosystem, que se ha recientemente perfeccionado en la gestión y registro de grandes bases de datos.

[32] Para más detalles ver la contribución de Pancani G. en Bertocci S., Minutoli G., Mora S., Pancani G. (2015), *Complessi religiosi e sistemi difensivi sul cammino di Santiago de Compostela: rilievi ed analisi perla valorizzazione e il restauro della cattedrale di Santa Maria La Real a Sasamòn*, Firenze, Università degli Studi.

[33] El operador elige los valores admisibles de tolerancia de movimiento y rotación en el reconocimiento automático de targets, para evitar errores demasiado grandes. En este caso, no se aceptaron en el reconocimiento automático targets con errores de movimiento mayores de 5 mm.

[34] El operador escoge los valores admisibles de tolerancia de movimiento y rotEl auto-reconocimiento de targets ha creado problemas solamente en áreas como las escaleras, donde los targets están muy juntos y se posicionan de manera similar; en este caso se han realizado alineaciones cloud to cloud.

[35] El auto-reconocimiento del objetivo ha creado problemas solamente en áreas como las escaleras, donde los objetivos están muy juntos, posicionándose en cualquier caso de manera similar; en este caso se han realizado alineaciones cloud to cloud.

[36] Ver. Pancani, G., (2017), The historic centre of Poppi, an urban-scale analysis for assesment of seismic risk. Disegnare con. Recuperado de http://disegnarecon.univaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/view/248.

[37] La precisión requerida por el pre-alineamiento depende de la tolerancia asignada al cloud costraint. Con los ajustes básicos los puntos deben estar dentro de un radio de precisión de 10 cm.

[38] El tema del levantamiento y la representación de la vegetación ha sido tratado de una manera específica en el capítulo 7, donde se se profundizan los temas relacionados con el diseño del verde y de la gestión de bases de datos 3D para la creación de atlas descriptivos del patrimonio vegetal.

[39] Tipología decorativa de la arquitectura musulmana, que se difundió a partir del siglo XII en todo el Islam. Fue una solución para cubrir un ámbito de planta cuadrangular con una cúpula mediante un dispositivo transitorio. Las muqarnas se desarollan por niveles horizontales sobre escalones unidos por superficies planas y curvas descendiendo en cascada hacia el suelo. Simbólicamente son la representación de la luz divina, que difundida por el cielo, se cristaliza al nivel del terreno.

[40] Como recuerda E. T. Hall, el individuo lee y construye mentalmente el espacio en función de la misma gramática con la que se comunica y habla. Cf. Hall, E.T. (1968), *La dimensione nascosta. Vicino e lontano: il significato delle distanze tra i soggetti umani*, Bompiani, Milano.

[41] Para un análisis exhaustivo de sistemas de lectura paisajística funcional al diseño de la estructura de un lugar Cf. Parrinello, S. (2013), *Disegnare il paesaggio*, Edifir, Firenze. El texto describe actitudes hacia la observación y prácticas para la traducción de formularios en signos y gráficos.

[42] Cf. M. Heidegger, *Saggi e Discorsi*, 1964, pag. 103. Un tratado sobre este tema se puede encontrar leyendo in C. Norberg-Schulz, *Genius Loci, Paesaggio ambiente architettura*. Mondadori Electa, Documenti di architettura, 1992. p. 13.

[43] Detalles sobre el desarrollo de estructuras ornamentales en el complejo de la Alhambra están bien informados en el texto Eggleton, L. (2012), *History in the making: the ornament of the Alhambra and the past-facing present,* Journal of Art Historiography Number 6 June 2012. en particular, cf. p. 6.

[44] Acerca de los sistemas de escritura en las decoraciones y su uso Cf. Sutton, D. (2007), *Islamic Design, a genius for geometry*, Wooden Books Ltd., Glastonbury, Somerset, p. 12. el texto proporciona una orientación específica sobre la génesis geométrica de motivos ornamentales.

[45] Ibid., p. 10. una diversificación de las diferentes construcciones geométricas se puede explorar más en el párrafo: *Eight-Fold Rosettes and some construction principles*.

[46] Ministerio de Educación. Dirección General de Antigüedades y Bellas Artes, Oficina Central del Catálogo, Normas para la Preparación de Tarjetas del Centro Histórico Municipal, Roma, 1972, p. I.

[47] Para una disertación sobre el uso de los diferentes modelos tridimensionales de arquitectura cf. Ippolito, A., Borgogni, F., (2011). *I modelli 3D nei rilievi di architettura*, in E. Chaivoni, M. Filippa, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore.

[48] Un estudio de caso similar puede compararse consultando el artículo Fantini, F., Rodriguez Navarro, P., Di Tondo, S., (2012), *Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico*, En Rossi, M., Siniscalco, A. ((editado por) "*Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari*", Atti dell'Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna.

[49] En nuestro caso hemos utilizado Rhinoceros que es un software de modelado 3D capaz de crear, modificar, analizar, documentar, renderizar, animar y transformar curvas, superficies, sólidos, nubes de puntos, mesac poligonali y nurbs.

[50] NURBS es un acrónimo que significa Non Uniform Rational Basis-Splines, traducible en "Splines racionales definidas por una base no uniforme", una clase de curvas geométricas utilizadas en ordenadores gráficos para representar curvas y superficies.

[51] Una mesh es una red que define un objeto dentro del espacio. Esta red está compuesta basicamente por tres elementos: vértices, aristas y caras. Contrariamente a un objeto sólido real, no tiene volumen; así que es una especie de volumen vacío, sin grosor, cuyas caras son precisamente los "velos" superficiales.

[52] DAda Lab (Drawing Architecture Document-Action Laboratory) trabaja sobre la investigación, la formación y la transferencia de conocimientos en el campo del dibujo, la comunicación y la representación de la Arquitectura. Las actividades de investigación se ocupan de desarrollo de metodologías adecuadas para los trabajos preliminares con el fin de ofrecer una fiable base métrica y documental de soporte al diseño, la restauración, la planificación y la protección del espacio urbano, paisajístico, además de al diagnóstico y estudio del impacto sobre el medioambiente.

[53] El modelado se realizó mediante la experimentación de diseño de formas en el sistema NURBS. En particular, al grupo de trabajo, coordinado por Anna Dell'Amico, asistieron estudiantes que utilizaron la investigación para profundizar los temas del estudio realizando algunas porciones del modelo. Una parte del modelo tridimensional ha sido realizado por los estudiantes de ingeniería de la Università degli studi di Pavia, en concreto: Andrea Campotaro ha desarollado el bloque del Patio de los Cipreses y de la Sultana, Luca Frigerio se ha ocupado

del bloque de edificios de cara a los dos patios en la entrada del Palacio, Giulia Montanaro ha realizado el modelo de la Casa Romántica que se encuentra en la parte superior de los Jardines Altos, y Giulia Porcheddu ha realizado el modelo de la zona ocupada por los Jardines Altos.

[54] Gerosa, M., (2008), *Rinascimento virtuale*, Maltemi editore, Roma, p.59.

[55] Esta consideración fue expresada por Maurizio Unali en el texto: Unali, M., (2014), *Atlante dell'abitare virtuale*, Gangemi editore, Roma. p.23

[56] Structure from motion es una técnica que tiene sus orígenes en la comunidad de la visión por computador, método fácil de utilizar, para la obtención de datos de alta resolución en un rango de escalas, capaz de representar un objeto 2D a 3D con sólo unas cuantas fotografías desde diferentes puntos de vista. El programa utilizado para la elaboracion fotogrametrica es Agisoft Photoscan.

[57] El Blueprints es un sistema integrado en Unreal Engine 4 que permite crear visualmente los script vinculando nudos, eventos y funciones. El sistema de scripting de Unreal Engine 4 está basado en un interfaz estructurada alrededor de nudos y permite crear elementos de videojuego directamente dentro de Unreal Editor.

[58] Bini, M., (1982), *La dimensione dell'architettura. Note sulla rilevazione*, Alinea Editrice, Firenze. pag. 17.

[59] Las experiencias con la tesis doctoral: Parrinello, S., (2011) *Rilevare il verde urbano. Strategie per la rappresentazione e la comprensione dei sistemi di acquisizione e di informazione del verde urbano*, Firenze:Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Università degli Sudi di Firenze han sido recogidasen artículos científicos de la bibliografía.

[60] Los sistemas comúnmente utilizados para la detección de la vegetación, sólo para la utilización en a sistemas de gestión urbana, se centran generalmente en sistemas topográficos que buscan conocer el posicionamiento exacto de la unidad dentro de un contexto, el cual es, entonces, representado por medio de cartografías que generalmente no aportan ninguna información descriptiva adicional sobre las esencias consideradas; rara vez, sólo en los mejores casos, éstos se enriquecen con el equipo fotográfico. La figura correspondiente a un árbol se limita a menudo a un punto marcado en el tronco, que corresponde gráficamente a un círculo de tamaño diferente dependiendo de la tipología dimensional del árbol. El drama del simbolismo es obvio, no sólo debido a la ausencia total de descripción gráfica del arbol, sino porque mientras que los mapas modernos se están convirtiendo en sistemas totalmente tridimensionales, donde aunque la morfología y el equipamiento decorativo y tecnológico de los edificios se reproduce con simbología precisa y codificación, la vegetación sólo aparece como un mero símbolo todavía relegado a una superficie texturizada que muestra la presencia de un aglomerado vegetal, sin que se indiquen características o cualidades.

[61] Cf. Torselli, V., *Arte visiva e tecnologie digitali*, in "XÁOS. Giornale di confine", Año II, N.2 Julio - Octubre 2003, URL: http://www.giornalediconfine.net/anno_2/n_2/21.htm.

[62] Cf. Di Luggo, A., *Applicazioni di geometria descrittiva e rilievo dell'architettura. Nuove tecnologie per il rilievo dell'architettura: il laser scanner*. enlace web: www.federica.unina.it/architettura/applicazioni-di-geometria-descrittiva-e-rilievo-architettura/laser-scanner/.

[63] Para la posición real significa un punto colocado en el espacio con un error menor a lo que es aceptable para la escala 1:50, entonces 1.5cm.

[64] Se puede hablar de adquisición masiva porque el operador no elige qué puntos quiere medir, mientras el escáner adquiere indistintamente todos los puntos que ve en el espacio.

[65] Se utilizó un escáner láser Z + F 5010 para el levantamiento del Generalife, que tiene como característica un error lineal por debajo del milímetro y un ruido digital no superior a 0,5 mm en las superficies negras (para otros colores obtiene errores aún menores).

[66] El tema del conocimiento es cada vez más importante también desde un punto de vista normativo: en Italia las leyes NTC 2008 han incluido factores de seguridad en el cálculo en función del grado de conocimiento adquirido sobre el edificio. El tema del conocimiento y sus componentes que deben ser analizados para el proyecto de restauración son tratados por Bertocci S., Minutoli G., (2012), *Un database per li controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano*, in Disegnarecon. 5/10. Mingucci R., Bartolomei C., Bravo L., Garagnani S. Ed. .

[67] Para profundizar en la interpretación de los datos de la elevación map y el reconocimiento de "falsos positivos" de un edificio, comparar con Bertocci, S., Minutoli, G., Pancani, G. (2015). *Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena*. in Disegnarecon. 8/14-gennaio. Carbonara G., Centofanti M., Mingucci R. Ed.

Bibliografia

Allen P. *et al.* (2004), *Seeing into the past: creating a 3D modeling pipeline for archeological visualization*, en Proceedings of 3DPVT'04, pp. 751-758.

Almagro A. (2004), *Levantamiento Arquitectónico*, Editorial de la UGR, Granada.

Álvarez de Cienfuegos I. (1959), "La Hacienda de los nasrïes granadinos". *Miscelánea de Estudios Árabes y Hebraicos*, VIII, pp. 99-124.

Apollonio F.I., Gaiani M., Benedetti B. (2012), "3D reality-based artifact models for the management of archeological sites using 3D GIS: a framework starting from the case study of the Pompei Archeological area", *Journal of Archeological Science*, 39, n. 5, pp. 58-68.

Apollonio F.I., Gaiani M., Sun Z. (2013), "3D modeling and data enrichment in digital reconstruction of Architectural Heritage", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W2, pp. 43-48.

Arayici Y., Tah J. (2008), "Towards Building Information Modelling for Existing Structures". *Structural Survey*, 26, pp. 210-222.

Audisio L. (2011), "La catalogazione del disegno di architettura nell'era digitale". *Disegnarecon*, 4, n. 8, pp. 116-123.

Baglioni L. (2011), *Il modello strutturato*, en Albissini P., De Carlo L. (ed.), *Architettura disegno modello: Verso un archivio digitale dell'opera di maestri del XX secolo*, pp. 93-96, Gangemi Editore, Roma.

Baik A., Alitany A., Boehm J., Robson S. (2014), "Jeddah historical building information modeling 'JHBIM'- Object Library". *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II, 5, pp. 41-47.

Barrios Rozúa J.M. (2014), "El Generalife y las ruinas árabes de sus contornos. Un capitulo inédito de los Nuevos Paseos de Simón de Argote". *Al Qantara,* 35, pp. 29-59.

Benedetti B., Gaiani M., Remondino F. (2010), *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, Edizioni della Normale, Pisa.

Bercigli M. (2016), *Progetto di documentazione per la valorizzazione dell'altopiano di Masada: il disegno tridimensionale come strumento di conoscenza per il quartier generale del palazzo di Erode*, in *Le ragioni del disegno: pensiero, forma e modello nella gestione della complessità- Atti del 38° convegno internazionale dei docenti della rappresentazione, Congresso UID, Firenze 15, 16, 17 Settembre 2016*, Gangemi Editore, Roma.

Bermúdez López J. (2010), *La Alhambra y el Generalife. Guía oficial*, Granada.

Bermúdez López J. (1987), "Crónica Arqueológica", *Cuadernos de la Alhambra*, 23, pp. 131-145.

Bermúdez López J. (1988), "Crónica Arqueológica", *Cuadernos*

de la Alhambra, 24, pp. 195-223.

Bermúdez López, J. (1989): "Crónica Arqueológica", *Cuadernos de la Alhambra*, 25, pp. 199-204.

Bermúdez López, J. (2010), *La Alhambra y el Generalife. Guía oficial*, Granada.

Bermúdez Pareja J. (1965), "El Generalife después del incendio de 1958", *Cuadernos de la Alhambra*, 1, pp. 9-39.

Bermúdez Pareja, J. (1974), *El Generalife, Granada*. Editorial Caja de Ahorros de Granada.

Bertaut, F. (1682), *Journal du voyage d'Espagne*, Chez René Guignard, [s. l.].

Bertocci S., Minutoli G., Mora S., Pancani G. (2015), *Complessi religiosi e sistemi difensivi sul cammino di Santiago de Compostela: rilievi ed analisi perla valorizzazione e il restauro della cattedrale di Santa Maria La Real a Sasamòn*, Firenze, Università degli Studi di Firenze.

Bertocci S., Minutoli G., Pancani G. (2015), "Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena", *Disegnarecon*, 8, 14, pp. 26.1-26.20.

Bertocci S., Minutoli G. (2012), "Un *database* per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano", *Disegnarecon*., 5, 10, numero speciale (2012) - DOCO 2012, a cura di Mingucci R., Bartolomei C., Bravo L., Garagnani S.

Bertocci S., Parrinello S., Vital R. (2013), *Masada Notebooks, Report of the Research project*, Edifir, Firenze.

Bertocci S., Parrinello S., Vital, R. (2014). *Masada Notebooks. Report of the research project 2014*. Vol. II, Edifir, Firenze.

Bitelli G., Girardi F. (2010), *Problematiche nel rilievo e modellazione tridimensionale di oggetti di piccole dimensioni nel campo dei Beni Culturali*, In *Atti 14° Conferenza Nazionale ASITA, Brescia 9-12 novembre 2010*, pp. 285-290.

Bini M. (1982). *La dimensione dell'architettura. Note sulla rilevazione*, Alinea Editrice, Firenze.

Blaire, M. M. (2015): *Les almunias nasrides: une aproche histórico-artistique et archéologique d'une réalité matérielle.*

Bregianni, A. (2013). *BIM Development for Cultural Heritage Management*, Milano. Politecnico di Milano.

Brusaporci S. (editado por) (2011), *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del Patrimonio Architettonico Urbano*. MIUR PRIN COFIN 2006, Gangemi Editore, Roma.

Broug E. (2006), *Islamic geometric patterns,* Thames & Hudson, Londra.

Calatrava Escobar J.; Ruiz Morales M. (2005), *Los planos de Granada 1500-1909. Cartografía urbana e imagen de la ciudad*, Diputación Provincial de Granada, Granada.

Caraccia F. (2006), *Metodi di modellazione nurbs con Rhinoceros*, Janotek, L'Aquila.

Cavannah Murphy J. (1835), *Arabian Antiquities of Spain*, Procyta, Londres.

Chueca Goitia F. (1993), *Manifiesto de la Alhambra*, Fundación Rodríguez-Acosta y Delegación en Granada del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, Granada.

De Luca L. (2011), *La fotomodellazione architettonica*, *Rilievo, moderazione rappresentazione di edificio partire da fotografie*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

De Luca L., Veron P., Florenzano M. (2006), "Reverse-

engineering of architectural buildings based on an hybrid modeling approach", *Computers & Graphics*, 30, 2, pp. 160-176.

De Rubertis R., (1994), *Il disegno dell'architettura*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Di Luggo A., *Applicazioni di geometria descrittiva e rilievo dell'architettura. Nuove tecnologie per il rilievo dell'architettura: il laser scanner.* URL: <www.federica.unina.it/architettura/applicazioni-di-geometria-descrittiva-e-rilievo-architettura/laser-scanner/> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Dodge M. (editado por) (2002), *Atlas of the cyberspace*, in Fisher, U., Pearson Education.

Dore C., Murphy M. (2012), *Integration of Historic Building Information Modeling and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites*. En *VSMM2012. Proceedings of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia. Virtual Systems in the Information Society*, Milano, Politecnico di Milano, pp. 369-376.

Eastman C.M., Teicholz P., Sacks R., Listo, K. (2011), *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons, New York.

Eggleton L. (2012), "History in the making: the ornament of the Alhambra and the past-facing present", *Journal of Art Historiography*, 6, pp.1-29.

Fai S., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R. (2011), *Building Information Modelling and Heritage documentation*, URL: <http://www.autodeskresearch.com/pdf/Fai.pdf> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Fantini F., Rodriguez Navarro P., Di Tondo S. (2012), *Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico*, en Rossi M., Siniscalco A. (editado por), *Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari*, Atti dell'Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna.

Fassi F., Achille C., Gaudio F., Fregonese L., (2011). "Integrated strategies for the modeling of very large, complex architecture", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, ISPRS Trento 2011, Workshop, 2-4 Marzo 2011, Trento, Italy.

Fernández Puertas A.; Cabanelas Rodríguez D. (1978), "Inscripciones poéticas del Generalife". *Cuadernos de la Alhambra*, 14. pp. 3-86.

Ford R. (1955), *Granada. Escritos con dibujos inéditos del autor*, Patronato de la Alhambra, Granada.

Gaiani M. (a cura di) (2015), *I portici di Bologna*, *Architetture, modelli 3D e ricerche tecnologiche*, Bononia University press, Bologna.

Gámiz Gordo A. (2008), *Alhambra. Imágenes de ciudad y paisaje (hasta 1800).* Patronato de la Alhambra, Granada.

Gámiz Gordo A. (2001), *La Alhambra nazarí. Apuntes sobre su paisaje y arquitectura*, Universidad de Sevilla, Sevilla.

Gámiz Gordo A. (2009), *Alhambra. Imágenes de ciudad y paisaje (hasta 1800)*. Fund. El Legado Andalusi, Granada.

García Pulido L.J. (2013), *El territorio de la Alhambra. Evolución de un paisaje cultural remarcable.* Patronato de la Alhambra y el Generalife, Granada.

García Mercadal J. (1953): *Viajes de extranjeros por España y Portugal desde los tiempos más remotos al siglo XVI*, Editorial Aguilar, Madrid.

Garzón Pareja M. (1968), "Notas para la historia del Generalife", *Cuadernos de la Alhambra*, 4, pp. 73-88.

Gerosa M. (2008), *Rinascimento virtuale*, Maltemi editore, Roma.

Garagnani G., Manferdini A.M. (2013), *Parametric accuracy: building information modeling process applied to the cultural heritage preservation*. En *3D-ARCH 2013,* Trento, ISPRS, pp. 87-92.

Garagnani S., Cinti S., Mingucci, R. (2011), "*Building Information Modeling: la tecnologia digitale al servizio del progetto di*

architettura", *Disegnarecon*, Vol. 4, 7, pp. 5-19.

Del Giudice M., Osello A. (2013), *BIM for Cultural Heritage*, in Grussenmeyer P. (ed.), XXIV International CIPA Symposium, Trento, ISPRS, pp. 225-229.

Giuffrè A. (1991), *Letture sulla meccanica delle murature storiche*, Edizioni Kappa, Roma.

Gregotti V. (1991), *Dentro l'architettura,* Bollati Boringhieri, Torino.

Gómez-Moreno Martínez M. (1966), "Granada en el siglo XIII", *Cuadernos de la Alhambra*, 2, pp. 3-41.

Guarnieri A., Remondino F., Vettore A. (2006), *Digital photogrammetry and TLS data fusion applied to Cultural Heritage 3D modelling*, en *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVI, part 5. Dresden, ISPRS, pp.1-6.

Guidi G., Russo M., Beraldin J.A. (2010), *Acquisizione 3D e modellazione poligonal*e, Editore McGraw – Hill, Milano.

Guidi G., Tucci G., Beraldin J.A., Ciofi S., Ostuni D., Costantini F., El-Hakim S. (2002), *Multiscale archaeological survey based on the integration of 3D scanning and photogrammetry*, en *Proceedings of the International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording – Complementing or Replacing Photogrammetry*, Corfu, NRC-CNRC, pp. 58-64.

Halbwachs M. (1950), *La mémoire collective*, Les Presses universitaires de France, Paris.

Hernández Bermejo J.E., García Sánchez E. (2015), *Huertas del Generalife*. Editorial Comares, Granada.

Kagan R.L. (1986), *Ciudades del Siglo de Oro: Las vistas españolas de Anton van den Wyngaerde.* El Viso, Madrid.

Koukopoulos Z., Koukopoulos D. (2016), *Implementation and Usage Scenarios of a Participatory Platform for Cultural Environments,* en *Proceeding of 6th International Conference, EuroMed 2016 Nicosia, Cyprus "Digital Heritage, Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, Cyprus, Springer, pp. 3-14.

Kundert Gibbs J., Lee P. (2004), *Maya 5. Guida completa*, Apogeo editore, Milano.

Jimenez B., Morabito D., and Remondino F. (2016), "*Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions"*, *Journal of cultural heritage*, vol. 23, pp. 40-48.

Jones O. (1868), *The grammar of ornament. Moresque ornament from Alhambra*, Quaritch, London.

Ippolito A., Borgogni F. (2011), *I modelli 3D nei rilievi di architettura*, en Chaivoni E., Filippa M. (ed.), *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore, Roma, pp. 71-78.

Lensch H.P.A., Goesele M., Kautz M., Seidel H.P. (2001), *A framework for the acquisition, processing, transmission, and interactive display of high quality 3D models on the web*, en Tutorial Notes for DAGM, Paderborn, MAX-PLANCK-INSTITUT F U R¨ INFORMATIK, pp. 1-32.

Lerma J. L., Cabrelles M., Navarro S., Fabado S. (2013), "Dalla fotografia digitale alla fotogrammetria per i Beni Culturali Documentazione e Divulgazione", *Disegnarecon* con la fotografia digitale, vol.6, n. 12, pp. II/1-8.

Lévy P. (1997), *Il virtuale*. Raffaello Cortina editore, Milano.

Malpica Cuello A. (1991), "El complejo hidráulico de los albercones", *Cuadernos de la Alhambra*, 27, pp. 65-97.

Malpica Cuello A. (1995), "El agua y el poblamiento de la Alhambra de Granada", *El agua y la agricultura en Al-Andalus,* pp. 119-130.

Malpica Cuello A. (2002), "La Alhambra y su entorno. Espacio rural y espacio urbano", *Cuadernos de la Alhambra*, 38, pp. 183-203.

Malpica Cuello A. (2003), "*La hidráulica de la Alhambra*", *Ingeniería Hispano Musulmana. XII Curso de Verano de Ingeniería Civil,* Colegio Ingegneros Caminos, Madrid.

Manzano Martos R. (2002): "*De la villa romana a la almunia islámica*", en Halcón F., Herrera F. J., Recio A. (ed.), Pomar P. J. (co.) *Haciendas y Cortijos. Historia y Aquitectura en Andalucía y América*, Sevilla, Universidad de Sevilla, pp. 15-36.

Marotta A., De Bernardi Mauro L., Bailo M. (2008), "La conoscenza dell'architettura, città e paesaggio: "Il Progetto Logico di Rilievo*", in una sperimentazione metodologica"*, *Disegnarecon*, vol.1, 2, pp. 1-13.

Martín Heredia M. (2003), "Patios de acceso al Palacio del Generalife: Rehabilitación de edificaciones de carácter doméstico*", Cuadernos de la Alhambra*, 39, pp. 121-134.

Merlo A., Fantini F., Lavoratti G., Aliperta A., Lòpez Hernàndez J. L. (2013), "Texturing e ottimizzazione dei modelli digitali reality based: la chiesa della Compania de Jesùs*", Disegnarecon*, vol. 6, 12, pp. XIV/1-14.

Migliari R., Ciammaichella M., Curuni M., De Majo T., Paolini P. (2001), "Recenti linee di ricerca", *Disegnare idee immagini*, n 23, anno XII, pp. 71-83.

Minutoli G. (2017), "Florence: urban layout and seismic vulnerability", *Disegnarecon,* vol.10, 18, pp. X/1-7.

Münzer J. (2002), *Viaje por España y Portugal*, Editorial Polifemo, Madrid.

Murphy M., McGovern E., Pavia S. (2013), "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*", Journal of Photgrammetry and Remote Sensing*, vol. 76, pp. 89-102.

Navagero A. (1983), *Viaje por España (1524-1526)*, Editorial Turner, Madrid.

Navarro Palazón J. (2005), "*Sobre palacios Andalusíes (siglos XII-XIV)*", in VV. AA. *Vivir en Palacio en la Edad Media. Siglos XII-XV*. Segovia, Caja Segovia, pp. 111-144.

Norberg-Schulz C., (1992), *Genius Loci, Paesaggio, Ambiente, Architettura,* Electa, Milano.

O'Brien J., Marakas G. (2011), *Introduction to Information Systems* (16th Edition), McGraw Hill, New York.

Orihuela Uzal A. (1996), *Casas y palacios nazaríes. Siglos XIII-XV*. Editorial Ludwerg, Barcelona.

Osello A. (2012), *The Future of Drawing with BIM for Engineers and Architects*, Palermo, Dario Flaccovio Editore.

Pancani G. (2017), "The historic centre of Poppi, an urban-scale analysis for assesment of seismic risk*", Disegnarecon,* vol. 10, 18, pp. IX/1-10.

Paris L. (2010), *Quantità e qualità nell'utilizzo dello scanner laser 3D per il rilievo dell'architettura*, en *X Convegno International Espresiòn gràfica aplicada a la edificaciòn*. vol.1, Alicante, ALCOY: editorial Marfil, pp. 279-289.

Paris L. (2009), *Il progetto di ripresa nell'acquisizione di dati con lo scanner laser 3D*, in Macera M. (ed.) *Il complesso monumentale del Verlasce in Venafro*, Roma, Kappa Edizioni, pp. 69-74.

Parrinello S. (2012), *I database e i sistemi di gestione dati georeferenziati GIS, applicazioni per il rilievo e il progetto,* en Bertocci S., Bini M. (ed) *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, Torino, Città Studi Edizioni, pp. 418–424.

Parrinello S. (2012), *Il disegno dell'imperfetto. Esigenze descrittive per l'analisi architettonica*, en *APEGA_Asociación de profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Investigatión grafica expresión arquitectonica,* Valencia, Editorial Universitat Politecnica de València, pp. 375-381.

Parrinello S. (2013), *Disegnare il paesaggio, esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi.* Edifir, Firenze.

Parrinello S. (2014). *Il Santuario di Monte Senario*. Edifir, Firenze.

Parrinello S. (2012) "Banche dati e sistemi integrati per la gestione del verde urbano*", Disegnarecon*, numero speciale, vol.5, 0, pp. 273-278.

Parrinello S., Picchio F. (2013*), "*Dalla fotografia digitale al modello 3D dell'architettura storica*", Disegnarecon*, vol. 6, 12, pp X/1-14.

Pauwels P., Verstraeten R., De Meyer R., Van Campenhout J. (2008), *Architectural information modeling for virtual heritage application*, en *Digital Heritage – Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Budapest, Archaeolingua, pp. 18-23.

Pavón Maldonado B. (1977), "*El Generalife*", in Pavón Maldonado B. (ed.) *Estudios sobre la Alhambra II, Anejo II de Cuadernos de la Alhambra,* Granada, Urania, pp. 5-19.

Penttilä H., Rajala M., Freese S. (2007), *Building Informatión Modellin of Modern Historic Buildings,* en *Predicting the Future: 25th eCAADe Conference Proceedings,* Frankfurt, FH Wiesbaden, pp. 607-613.

Picchio F. (2016), *Samara e il suo paesaggio urbano, metodologie di analisi e acquisizione dello spazio pubblico*, Edifir, Firenze.

Piñar Samos J. (ed.) (2003), *Imágenes en el tiempo. Un siglo de fotografía en la Alhambra. 1840-1940,* Granada, Patronato de la Alhambra.

Prieto-Moreno Pardo F. (1970-1971), "Diario de obras y reparos en la Alhambra y Generalife", *Cuadernos de la Alhambra*, 6-7, pp. 131-135 y 81-83.

Rinaudo F. (2003), *La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche*, en Crosilla F., Galetto R. (ed.) *La tecnica laser scanning. Teoria e applicazioni*, Udine, Cism, pp.157-172.

Rodríguez-Moreno C., Reinoso-Gordo J.F., Rivas-López E.J., Gómez-Blanco A., Ariza-López F.J., Ariza-López I. (2016), "From Point Cloud to BIM: An integrated workflow for documentation, research and Modelling of Architectural Heritage*", Survey Review,* 12/2016, pp. 1-20.

Salmerón Escobar P. (1997), *La Alhambra: estructura y paisaje*, Granada, Biblioteca De La Alhambra.

Silicon S. (2013), *GreenSpider, The Autodesk Revit point clouds plugin*, in TCProject, URL: <http://www.tcproject.net/pivotx/?p=greenspider> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Singh H., Smith D.K., Przybyla J.M. (2009), "Reducing facility management costs through integration of COBIE and LEED-EB", *Journal of Building Information Modeling*, spring volume, pp. 21-23.

Sutton D. (2007), *Islamic Design, a genius for geometry*, Wooden Books Ltd., Glastonbury.

Tito Rojo J. (2000), *La colina de la Alhambra y sus jardines en la fotografía del siglo XIX*, en González Alcantud J. A., Barrios Rozúa J. M. (ed.) *La Alhambra. Paisaje y memoria*. Granada, Diputación de Granada. pp. 35-53.

Tito Rojo J., Casares Porcel M. (2011), *El jardín hispanomusulmán: los jardines de al-Andalus y su herencia*. Granada, Editorial de la Universidad de Granada.

Torres Balbás L. (1939), "Con motivo de unos planos del Generalife", *Revista Al-Andalus*, IV, pp. 436-445.

Torres Balbás L. (1965), "Diario de obras y reparos en el Generalife", *Cuadernos de la Alhambra*, 6, pp. 109-130.

Torres Balbás L. (1948), "Dār al-`Arūsa y las ruinas de Palacios y Albercas Granadinos situados por encima del Generalife". *Al-Andalus*, 13, pp. 185-203.

Torselli V., "Arte visiva e tecnologie digitali", *XÁOS. Giornale di confine*, Anno II, 2. URL: <http://www.giornalediconfine.net/anno_2/n_2/21.htm> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Unali M., (2014), *Atlante dell'abitare virtuale*, Gangemi editore, Roma.

Underwood J., Isikdag U. (ed.) (2009), *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, IGI-Global, New York.

Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra,* 357, pp. 25-28.

Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra,* 358, pp. 49-52.

Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra,* 359, pp. 73-75.

Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", Revista Alhambra, 360, pp. 97-100.

Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra,* 361, pp. 121-124.

Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra,* 362, pp. 145-149.

Valladar y Serrano F de P. (1922), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 549, pp. 66-69.

Valladar y Serrano, F de P. (1922), "El Generalife y sus

contornos", *Revista Alhambra,* 550, pp. 93-95.

Valladar y Serrano F de P. (1922), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 551, pp. 115-116.

Valladar y Serrano F de P. (1922), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 557, pp. 262-265.

Valladar y Serrano F de P. (1922) "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 558, pp. 290-292.

Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos". *Revista Alhambra,* 559, pp. 10-12.

Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 560, pp. 36-39.

Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 561, pp. 89-91.

Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 562, pp. 129-131.

Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra,* 563, pp. 224-226.

Van Riel, S. (2012), *Alcune precisazioni sul consolidamento degli edifici storici*, en De Vita M. (ed.) *Architetture rurali della Toscana, Esperienze di un laboratorio di restauro*, Città di Castello, Alinea editrice, pp. 24-34.

Vílchez Vílchez C. (1988), *La Alhambra de Torres Balbás,* Granada, Editorial Comares.

Vílchez Vílchez C. (1991), *El Generalife,* Granada, Proyecto Sur.

Viñes Millet C. (1982), "La acequia Real de la Alhambra. Notas acerca de su distribución", *Cuadernos de la Alhambra*, 18, pp. 183-206.

Voltolini F., Remondino F., Pontin M., Girardi S., Rizzi A., Gonzo L., (2012), *Integrazione di fotogrammetria e laser scanner per la documentazione di beni culturali*, en *Atti della 10a Conferenza Nazionale ASITA Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali,* Varese, Artestampa, pp. 1869-1874.

Williams P. (2007), *Building information modelling poised to revolutionize building design and construction,* en Daily Commercial News and Construction Record, 14 December, URL: <http://dailycommercialnews.com/en-US/Technology/News/2007/12/Building-Information-Modeling-poised-to-revolutionize-building-design-and-construction-DCN025710W/> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Wong J., Yang J. (2010), *Research and application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: a review and direction for future research*, en *Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC),* Pennsylvania, State University, pp. 356-365.

Wrigth F. L., (1985), *Una autobiografia*, Jaca Book, Milano.

Zhihua X., Wu L., Shen Y., LI F., Wang Q., Wang R. (2014), "Tridimensional Reconstruction Applied to Cultural Heritage with the Use of Camera-Equipped UAV and Terrestrial Laser Scanner", *Remote Sensing*, 6(11), pp.10413-10434.

Zoppi M. (2009), *History of the european garden,* Alinea, Firenze.

Impreso en el mes de septiembre 2017
por Pavia University Press
Ediciones de la Universidad de Pavia