

Quaderno di lavoro per la documentazione architettonica

Anna Dell'Amico

# HAMMAM DE LA MEZQUITA NEL COMPLESSO DELL'ALHAMBRA

Strategie di documentazione per la gestione del patrimonio

Hammam de la Mezquita nel complesso dell'Alhambra. Strategie di documentazione per la gestione del patrimonio/ Anna Dell'Amico. - Pavia: Pavia University Press, 2022. - 192 p. : ill. ; 21 cm.

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

ISBN volume 978-88-6952-157-7

ISBN ebook 978-88-6952-158-4

COLLANA PROSPETTIVE MULTIPLE. STUDI DI INGEGNERIA, ARCHITETTURA E ARTE.

La serie di pubblicazioni scientifiche Prospettive Multiple ha l'obiettivo di diffondere i risultati delle ricerche e dei progetti realizzati dall'Università degli Studi di Pavia in ambito nazionale ed internazionale. Ogni volume è soggetto ad una procedura di accettazione e valutazione qualitativa basata sul giudizio tra pari affidata al Comitato Scientifico della Collana.

La collana "Prospettive Multiple. Studi di Ingegneria, Architettura e Arte", nella quale rientra questa pubblicazione, ha un collegio di *referee* internazionali. "*Hammam de la Mezquita nel complesso dell'Alhambra. Strategie di documentazione per la gestione del patrimonio*" ha un Comitato Scientifico ed il testo è stato sottoposto ad una commissione di tre *referee* composta da due membri italiani ed uno straniero.



PaviaUniversityPress

Pavia University Press  
Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia  
info@paviauniversitypress.it  
www.paviauniversitypress.it

Copyright © 2022 EGEA S.p.A.  
Via Salasco, 5 - 20136 Milano  
Tel. 02/5836.5751 - Fax 02/5836.5753  
egea.edizioni@unibocconi.it  
www.egeaeditore.it

Copertina: Nuvola di punti dell'Hamam de la Mezquita  
Progetto grafico e editing: Anna Dell'Amico, Francesca Picchio

Stampa: Logo S.r.l. – Borgoricco (PD)

Tutti i diritti sono riservati, compresi la traduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione, la comunicazione al pubblico e la messa a disposizione con qualsiasi mezzo e/o su qualunque supporto (ivi compresi i microfilm, i film, le fotocopie, i supporti elettronici o digitali), nonché la memorizzazione elettronica e qualsiasi sistema di immagazzinamento e recupero di informazioni.

Date le caratteristiche di Internet, l'Editore non è responsabile per eventuali variazioni di indirizzi e contenuti dei siti Internet menzionati.

Questa pubblicazione è stata realizzata in seguito alle attività promosse all'interno del progetto di ricerca per la documentazione digitale del complesso dell'Alhambra a Granada. Il progetto di ricerca ha visto, a partire dal 2017, la collaborazione tra il Patronato de la Alhambra y Generalife, i Laboratori di ricerca didattica sperimentale DAda-LAB (responsabile prof. Sandro Parrinello), PLAY (responsabile prof. Marco Morandotti) dell'Università degli Studi di Pavia, il Laboratorio Congiunto (Landscape Survey & Design) dell'Università degli Studi di Pavia e dell'Università degli Studi di Firenze, il Laboratorio SMLab dell'Escuela Técnica Superior de Arquitectura (responsabile prof. Antonio Gómez-Blanco Pontes) dell'Università di Granada, e l'impresa EBIME (BIM consulting for Architecture and Engineering) (SME) di Granada.

#### DIRETTORE DELLA COLLANA

Sandro Parrinello

Università degli Studi di Pavia

#### COMITATO SCIENTIFICO DEL VOLUME

Salvatore Barba	Università degli Studi di Salerno
José Antonio Barrera-Vera	Universidad de Sevilla
Stefano Bertocci	Università degli Studi di Firenze
Cecilia Bolognesi	Politecnico di Milano
Justyna Borucka	Gdansk University of Technology
Stefano Brusaporci	Università degli Studi dell'Aquila
Alessio Cardaci	Università degli Studi di Bergamo
Antonio Conte	Università degli Studi della Basilicata
Fernando Cos-Gayón	Universidad Politecnica de Valencia
Nadia Eksareva	Odessa State Academy
Tommaso Empler	Università di Roma "La Sapienza"
Antonio Gómez-Blanco Pontes	Universidad de Granada
Massimiliano Lo Turco	Politecnico di Torino
Antonella di Luggo	Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Marco Morandotti	Università degli Studi di Pavia
Andrea Nanetti	Nanyang Technological University
Caterina Palestini	Università degli Studi di Pescara
Sandro Parrinello	Università degli Studi di Pavia
Francesca Picchio	Università degli Studi di Pavia
Michelangelo Pivetta	Università degli Studi di Firenze
Cettina Santagati	Università degli Studi di Catania
Massimiliano Savorra	Università degli Studi di Pavia
María del Carmen Vílchez Lara	Universidad de Granada

Questa pubblicazione è stata realizzata con il contributo del DICAr, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia. L'azione di ricerca è stata promossa dai Laboratori di ricerca e didattica sperimentale DAda-LAB (Drawing and Architecture DocumentAction), PLAY (Photography and 3D Laser for virtual Architecture LaboratorY), e il laboratorio congiunto interdipartimentale LS3D (Landscape Survey & Design) dell'Università degli Studi di Pavia e dell'Università degli Studi di Firenze.



UNIVERSITÀ  
DI PAVIA

Università  
di Pavia



Dipartimento di Ingegneria  
Civile ed Architettura



DAda-LAB Drawing and  
Architecture DocumentAction



PLAY Photography and 3D Laser for  
virtual Architecture LaboratorY



LS3D Laboratory  
Landscape, Survey and Design

Le attività di documentazione dei Bagni dell'Alhambra sono state realizzate grazie alla collaborazione tra il DICAr, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia e l'Escuela técnica superior de arquitectura - Universidad de Granada, Laboratorio di Rilievo e Modellazione di Beni Architettonici SMLab, il Patronato dell'Alhambra y Generalife e l'azienda EBIME, BIM Consulting Services for Architecture and Engineering.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

Università  
di Granada



Escuela Técnica Superior de  
Arquitectura



Dipartimento di Espressione Gráfica  
Arquitectónica y en la Ingeniería



SMLab, Survey and Modeling  
LAB of Architectural Heritage



EBIME, BIM Consulting Services  
for Architecture and Engineering

# INDICE

## PRESENTAZIONI

Alessandro Reali	Direttore DICAr, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, UNIPV	7
Antonio Gómez-Blanco Pontes	Dipartimento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, UGR	9
Sandro Parrinello	Direttore DAda-LAB, Laboratorio sperimentale di didattica e ricerca del DICAr, UNIPV	11

## INTRODUZIONE

LO STUDIO DEL COMPLESSO DELL'ALHAMBRA, UN PERCORSO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE TECNOLOGICA	17
---	----

## CAPITOLI

01	L'EVOLUZIONE DELL'IMMAGINE DELL'HAMMAM DE LA MEZQUITA	
1.1	La tradizione dell' <i>hammam</i> nella cultura islamica	25
1.2	La <i>Mezquita</i> dell'Alhambra	30
1.3	L'evoluzione dei bagni tra processi di trasformazione e cambi di destinazione d'uso	38
1.4	L'intervento di ricostruzione di Torres Balbás e la configurazione pittoresca del bagno tradizionale	43
1.5	Le modifiche all'abitazione di Antonio Barrios	46
1.6	L'immagine attuale di un monumento al margine	51
02	METODOLOGIE DI RILIEVO INTEGRATO PER LA DOCUMENTAZIONE DEI BAGNI DELLA MEZQUITA	
2.1	<i>Database</i> digitali per la tutela della memoria e del patrimonio	75
2.2	Evoluzione, rivoluzione e involuzione del rilievo digitale tra <i>performance</i> , contrasti e opportunità	78
2.3	Interpretare e significare lo spazio per l'organizzazione dei dati	82
2.4	Il Disegno dell' <i>Hammam</i>	106
03	UN MODELLO AFFIDABILE PER LA NARRAZIONE DEL PATRIMONIO	
3.1	Una metodologia per la modellazione del <i>Cultural Heritage</i>	135
3.2	L'interscambio di dati tra piattaforme di dialogo	137
3.3	Le <i>n</i> dimensioni del sistema informativo BIM	138
3.4	Classificazioni tipologiche di rappresentazioni informative tridimensionali	140
3.5	Piattaforme e archivi digitali <i>web-based</i> per un <i>data-management</i> collaborativo	142
3.6	La definizione di un linguaggio per la costruzione del modello condiviso	143
3.7	Definizione delle strategie di modellazione e organizzazione del gruppo di lavoro	144
04	LE POSSIBILITÀ NARRATIVE DEL MODELLO PARAMETRICO PER LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO	
4.1	Strategie per la valorizzazione del patrimonio dell'Hammam de la Mezquita	169

## POSTFAZIONE

Stefano Bertocci	DIDA, Dipartimento di Architettura, UNIFI	175
------------------	---	-----

## BIBLIOGRAFIA

177

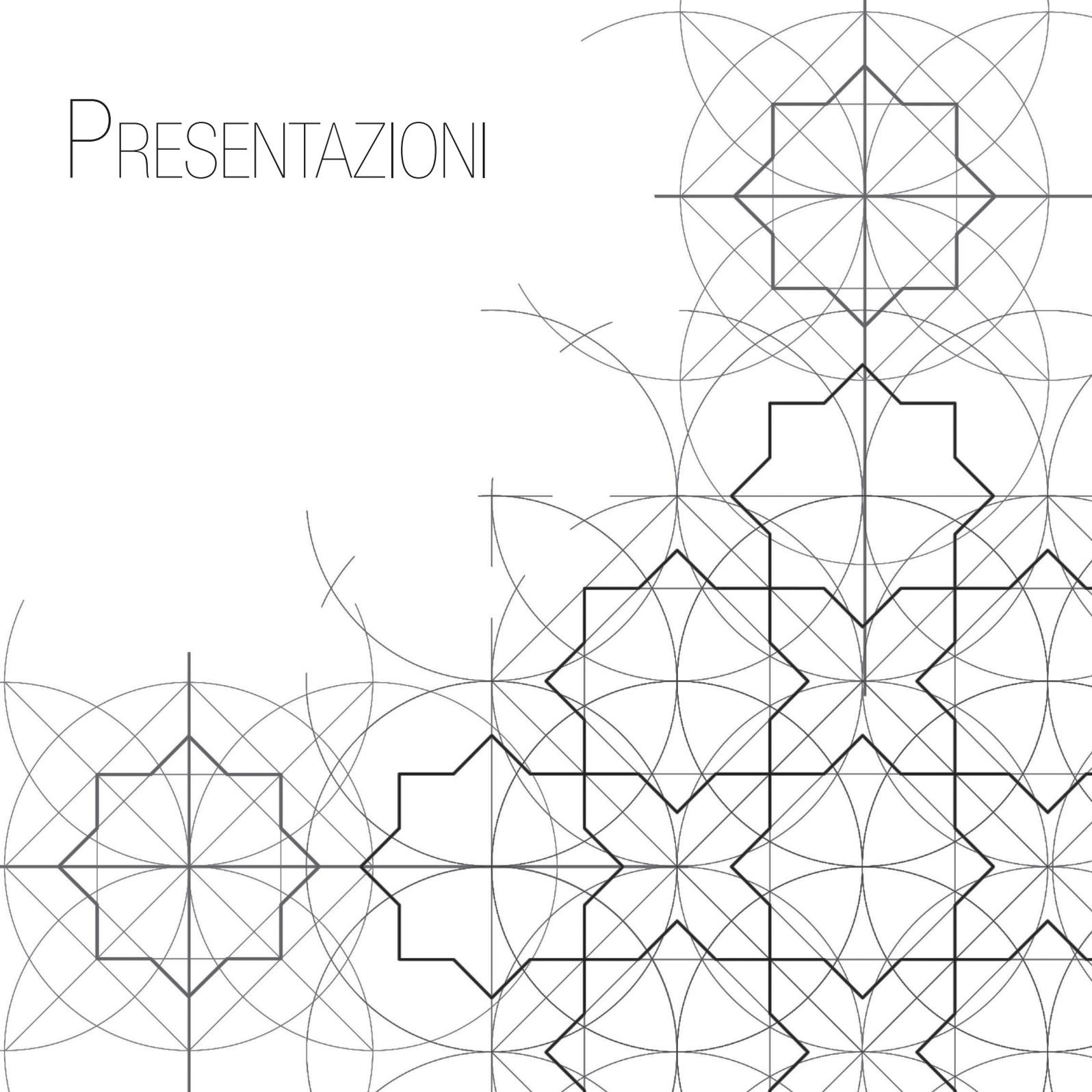
## SITOGRAFIA

189

## CREDITI

191

# PRESENTAZIONI



ALESSANDRO REALI

*Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, UNIPV*

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia vanta numerose azioni di ricerca condotte, in ambito nazionale e internazionale, a supporto dello studio del patrimonio storico e architettonico. L'utilizzo di tecnologie digitali e lo sviluppo di metodologie all'avanguardia per la documentazione, l'analisi e la conservazione del costruito, muovono docenti e ricercatori verso esperienze di ricerca applicata che hanno un'importante ricaduta per i diversi contesti socio culturali su cui tali ricerche atterrano.

"Digitalizzare" il patrimonio comporta oggi la messa in atto di processi critici e interpretativi oltre all'impiego di strumentazioni e tecnologie che richiedono particolari competenze tecniche. Si tratta di un sapere che si caratterizza per una forte sensibilità nei confronti di quanto deve essere analizzato, letto, studiato e interpretato.

Tale conoscenza deve essere supportata poi da un cospicuo bagaglio di conoscenze tecnologiche.

A cavallo tra discipline umanistiche e tecnologiche si trova quindi la scienza della rappresentazione che, devota al racconto dell'architettura, si aggiorna e si rinnova

costantemente, delineando modelli e rappresentazioni che trasferiscono nel digitale le complessità del costruito.

I nuovi sistemi di rappresentazione che l'era del digitale ha prodotto hanno inevitabilmente contribuito allo sviluppo di output sempre più aggiornati, nonché al rinnovamento di quelle aspettative legate alla loro capacità di comunicare e trasmettere i caratteri identitari e costitutivi del patrimonio indagato. Prodotti multiscala, strutturati per crescenti livelli di dettaglio, rispondono simultaneamente a differenti finalità comunicative, siano esse legate ad azioni di valorizzazione o di gestione del bene. L'incremento quantitativo e qualitativo di dati ha comportato la definizione di strategie per la produzione di archivi dinamici utili alla gestione sia del costruito che degli stessi modelli digitali.

I modelli vengono implementati con contenuti informativi prodotti specificamente per incrementare la "conoscenza", configurando sistemi versatili su cui applicare letture multiscala e multilivello. La configurazione digitale di tali prototipi del resto ben si presta a processi contestuali di analisi, a simulazioni di scenari alternativi e all'interconnessione con altri modelli, anche di differente natura.

Appare necessario, quindi, organizzare criticamente i dati acquisiti ed elaborati, in modo che questi possano organizzare la struttura stessa della conoscenza, selezionando le tipologie di informazioni che ciascun modello dovrà contenere e le modalità in cui queste saranno esperite. Il "digitale" diviene vera e propria estensione dell'intelligenza umana, un mezzo con cui i rapporti tra le informazioni e i modelli possano venire più facilmente strutturati e utilizzati, se supportati da un processo critico e rigoroso di lettura del costruito che rende ciascun modello portatore e, allo stesso tempo, promotore di una nuova e rinnovata conoscenza sul costruito.

Le azioni congiunte tra i dipartimenti e tra i rispettivi laboratori coinvolti nella presente ricerca, che oramai da anni collaborano nelle attività volte alla documentazione del complesso dell'Alhambra, sono testimonianza attiva di

un'azione strutturata per avviare un processo di conoscenza profondo e rigoroso sul patrimonio architettonico di Granada.

I modelli di indagine realizzati per il complesso dei Bagni de la Mezquita si configurano come prodotti che, per la trasversalità delle loro applicazioni, diventano sistemi aperti, implementabili e funzionali all'avvio di indagini più approfondite sul complesso monumentale dell'Alhambra. È quindi motivo di orgoglio che il nostro Dipartimento sia in prima linea non solo per la realizzazione di prodotti scientifici innovativi e funzionali alla preservazione del patrimonio architettonico, archeologico e paesaggistico, ma anche e soprattutto per la sperimentazione di metodi di indagine capaci di configurarsi come ricerche di livello, riconosciute dalla comunità scientifica anche nel vasto panorama internazionale.

ANTONIO GÓMEZ-BLANCO PONTES

*Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, UGR*

Son numerosos los profesores e investigadores que, desde el año 2017, se encuentran intensamente implicados en la documentación del patrimonio arquitectónico existente en la Alhambra. Se trata de un trabajo multidisciplinar fruto de la colaboración establecida entre la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada (España) y el Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad de Pavía (Italia); concretamente entre sus respectivos laboratorios especializados SMLab y DAda-LAB, los cuales vienen desarrollando a lo largo de los últimos años numerosos proyectos conjuntos destinados a analizar y poner en valor este conjunto monumental protegido por la UNESCO. Como consecuencia de dicha colaboración se están poniendo en práctica procedimientos y protocolos de levantamiento adaptados específicamente a la naturaleza y características singulares de este tipo de patrimonio arquitectónico. Su fundamento radica en la disciplina del dibujo y en el

tratamiento discretizado, de tipo crítico-interpretativo, de los datos digitales que describen los distintos elementos que conforman el conjunto monumental.

El trabajo de Anna Dell'Amico en *los Baños de La Mezquita* de la Alhambra se encuadra en este ámbito de investigación arquitectónica, quien ha podido comprobar de primera mano cómo ha evolucionado la práctica del dibujo sin que se pierdan los invariantes culturales de lo documentado, perfilando y aportando nuevos contenidos e incluso formulando y poniendo en práctica nuevas modalidades de difusión patrimonial. Las imágenes que se muestran en este volumen, desde eidotipos, nubes de puntos, dibujos bidimensionales y tridimensionales, describen de forma muy sugerente los detalles decorativos, los ambientes y las relaciones que caracterizan y cualifican la arquitectura de estos Baños; no en vano se trata de un tipo de edificación especialmente relevante en la arquitectura nazarí alhambrea.

Incluso los documentos de carácter técnico que también muestran un cierto carácter innovador, al ser capaces de expresar incluso cualitativamente la información aportada.

El pleno conocimiento del lugar, condición previa y fundamental para abordar los posteriores análisis formales y conceptuales del patrimonio arquitectónico, ha visto en las nuevas tecnologías de documentación digital un medio eficaz y de alto rendimiento, en especial por ser capaces de implementar bases de datos descriptivas de los diferentes elementos que lo componen. Se ha podido comprobar que el diseño adecuado de una base digital de elementos patrimoniales facilita la identificación y análisis de sus características e invariantes. A través de un proceso *Scan to H-BIM* de descomposición, síntesis y recomposición crítica, se ha creado un modelo digital de *los Baños de Mezquita*.

La investigación que se presentada muestra, en cuanto a sus métodos, la creación de un único lenguaje capaz de ser elaborado y compartido de forma multidisciplinar, estando constituido esencialmente por un léxico de elementos arquitectónicos parametrizados.

Una experiencia que podría perfectamente replicarse en la digitalización y documentación de cualquier otro complejo patrimonial.

Sin duda, este trabajo también contribuye al conocimiento del recinto de la Alhambra. Un estudio de caso cuya metodología se podría implementar con garantías de éxito sobre el resto del conjunto monumental, poniendo así de manifiesto la importancia de la colaboración universitaria internacional en el desarrollo de acciones de protección y preservación de la memoria y la identidad cultural del patrimonio.

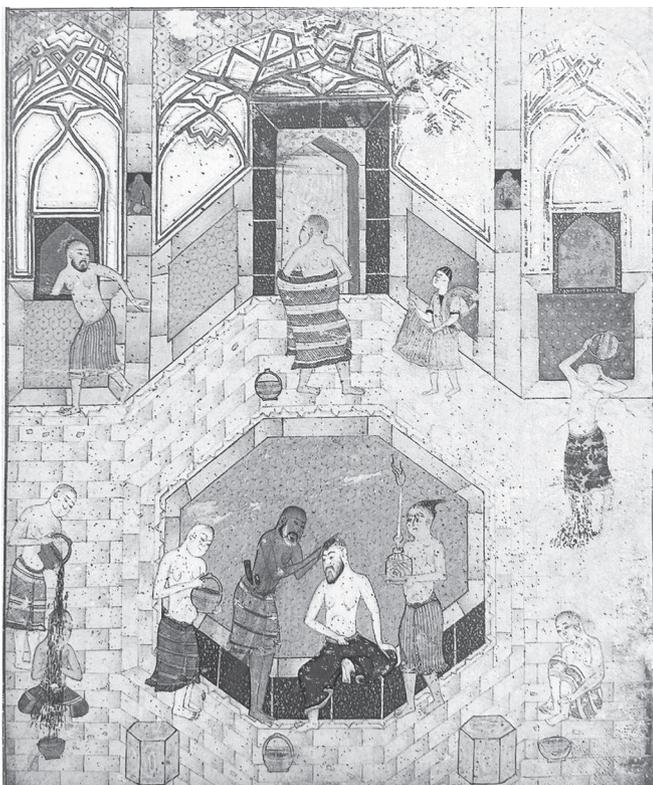
SANDRO PARRINELLO

*Direttore DAdA-LAB, Laboratorio sperimentale di didattica e ricerca del DICAr, UNIPV*

Non è possibile separare l'Alhambra dall'acqua. I palazzi, le architetture, l'intero impianto urbano della cittadella, sono studiati e progettati in funzione dell'acqua. Del resto, l'acqua, per le popolazioni di tradizione islamica, tra cui rientra a pieno titolo tutta la cultura nasride dei sultanati di Granada, non si presenta soltanto in relazione ad una funzione materiale di sussistenza, ma costituisce, soprattutto, un fondamento di ordine spirituale e simbolico che sostanzia il ciclo vitale degli individui. L'acqua assume poi un ruolo ancor più emblematico nel complesso andaluso, dove la nozione di paradiso viene concretizzata in un sistema di giardini recinti, che da questa sono attraversati dando vita a giochi e fontane. Camminando per le strade dell'Alhambra o percorrendo i sentieri dei suoi giardini, il suono dell'acqua riecheggia nell'aria. Accompagna il visitatore nel suo cammino, guidandolo nella conoscenza. L'acqua scorre nei canali, al centro dei sentieri, cambiando di quota, passando attraverso vasche e zampillando dalle fontane. L'udito è pacificato dal suono dell'acqua che contribuisce ad amplificare la sensazione di raffrescamento provata all'ombra di un albero o, al riparo dal sole, in un loggiato del palazzo. Se ogni architettura o cortile dell'Alhambra è qualificato dall'acqua, che anima con i suoi riflessi le complesse decorazioni sulle pareti stuccate, un ruolo particolare è riservato, nel complesso monumentale, ai

bagni e all'*Hammam de la Mezquita*. Tuttavia, nonostante la notorietà di questo particolare frammento della cittadella, poco si sa della storia che lo riguarda, connessa in parte alle vicende della *Mezquita* stessa, prima convertita in chiesa e poi demolita e ricostruita. Dei molti bagni che popolavano e in parte caratterizzano l'Alhambra, tra cui i più famosi Bagni de Comares, quelli della *Mezquita* sono connessi al mito della cittadella antecedente all'invasione cristiana. Dei bagni resta un'importante traccia. Sono entrati, grazie alle trasformazioni e all'uso che di questi è stato fatto nell'ultimo secolo e nonostante le tumultuose vicende storiche, nell'immaginario collettivo e nel cuore della comunità locale, divenendo un importante salotto letterario.

Il significato però che questo luogo porta con sé è legato alla pratica religiosa e sociale del bagno nella tradizione islamica, vista la connessione diretta alla moschea e, più in generale, al rituale della purificazione che, attraverso i secoli, ha assunto diverse connotazioni. Il rito del bagno in acqua calda è una pratica molto antica, risale ai tempi più remoti della storia dell'uomo. La sua origine non è strettamente connessa alle regioni che presentavano climi rigidi, come potrebbe sembrare ovvio. Si ha notizia di come l'usanza del bagno trovò ampia diffusione presso i greci, che a loro volta l'avevano appresa dai Micenei. Attraverso il bagno, caldo o freddo, il contatto con vapori caldi e la sudorazione, si



Scena di Hammam, XV secolo (Ms Vat. Pers. 32, Biblioteca Apostolica Vaticana).

potevano riequilibrare gli umori del corpo in modo da poter essere in salute. L'equilibrio tra le sostanze del corpo e dello spirito con l'ambiente esterno era soggetto ai cambiamenti climatici, alle stagioni e così via. La possibilità di correggere tale sbilanciamento, attraverso delle pratiche di esposizione a certe condizioni ambientali, divenne quindi fondamento per garantire salute e benessere oltre che favorire l'igiene, anche se le due cose spesso coincidevano. È dalla tradizione medica, dunque, che questa convinzione trova fondamento e si concretizza in una procedura e in un rito che si diffonde come pratica per il benessere pubblico.

Dal VI secolo a.C. circa questa pratica divenne abbastanza comune nel bacino del mediterraneo, portando allo sviluppo di sistemi di riscaldamento e alla realizzazione di architetture sempre più sofisticate che racchiudevano tali tecnologie. Verso la fine del II secolo a. C. i *balaneia* erano già considerati luoghi molto importanti, decorati come vere e proprie opere d'arte. I romani usarono un'altra parola greca, *thermós* (calore) per indicare le *thermae*, le terme. Queste, fin dalla tarda età repubblicana, rivoluzionarono gli usi e i costumi, affermando una pratica quotidiana e un modello architettonico. Le strutture articolate degli impianti termali prevedevano una serie di ambienti che, disposti in successione, consentivano il rito sociale e conviviale del bagno.

La diffusione in tutto l'impero di queste strutture trovò una sua connotazione specifica nella dimensione della cultura araba. L'Islam poneva l'accento sulla costante purità rituale data dall'acqua e l'antica prassi del bagno si sposava perfettamente con tale esigenza spirituale. L'*hammam* (il cui nome deriva da una radice semitica hm che indica il calore) si diffuse in tutte le città del mondo islamico tra l'VIII e il X secolo. Pur in assenza di una storiografia che descrive il propagarsi di questi modelli nel mondo arabo, è facile immaginarsi come certe strutture, dapprima riservate ai califfi, finirono presto per popolare le città. Il modello dell'*hammam*, nonostante le moltissime varianti regionali, deve la sua conformazione al modello greco e latino, con una serie di ambienti che animano un percorso di avvicinamento al calore. Per il mondo islamico, l'acqua non solo purifica e cura, ma è considerata un dono di Dio, un segno della bontà divina. Sono moltissimi i riferimenti all'acqua nel Corano e riscontrabili in diversi nuclei tematici. È il segno dell'onnipotenza creativa, della misericordia o del castigo di Dio. È l'elemento integrante nella storia di alcuni profeti. È il mezzo attraverso il quale l'essere umano si purifica. È una delizia del paradiso o una pena dell'inferno e, infine, è il supremo simbolo della resurrezione come evento finale ma anche come rinascita spirituale. I Bagni della *Mezquita* incarnavano per la cittadella il luogo deputato alla purificazione. Posti al centro, lungo l'asse principale, in corrispondenza del tracciato dell'*Acequia Real*.



La progettazione dei sistemi idrici nel mondo islamico. B. Namé, 1598, miniatura (*National Museum, New Delhi*).

La ricerca illustrata in queste pagine studia un luogo tanto complesso, cercando di ricucire le tracce della sua storia e verificando le differenti ipotesi, mediante un'analisi della conformazione complessiva dei diversi ambienti. Vengono poste in atto strategie di documentazione e di rilievo digitale per produrre disegni e raccontare la complessità dell'impianto costruito. Si tratta di un viaggio alla scoperta di un luogo intimo che, pur essendo al centro dell'Alhambra, rimane al margine dei grandi flussi turistici. Un luogo poco studiato e forse poco conosciuto, del quale è certamente più popolare il nome che non l'architettura in sé.

L'esperienza si conclude con lo sviluppo di un modello digitale ma, proprio come l'acqua della dimensione islamica, questa conclusione prelude allo sviluppo di un'indagine i cui limiti oggi sembrano difficili da intravedere.

Tema centrale della ricerca è la definizione di un percorso replicabile, in cui lo sviluppo di sistemi di gestione e di raccolta dati sull'architettura storica sfrutta modelli parametrici che sono al contempo "semplici" e funzionali, riuscendo a descrivere quelle complessità necessarie a supportare un racconto dell'imperfezione. Una sfida che da anni la comunità scientifica dei docenti della rappresentazione sta affrontando e alla quale questo volume dà certamente un contributo, dettagliando le modalità di interazione e di dialogo sul modello per lo sviluppo di un sistema H-BIM.

Il modello digitale prodotto raccoglie, nel qualificarsi di ogni scelta progettuale, un dialogo tra disegnatori e ricercatori, esplicitando nell'anima dei suoi metadati, la storia della ricerca stessa.

Così il prototipo digitale, il gemello digitale e il duplicato del monumento, pur replicando le forme del costruito, diviene qualcosa di diverso e si colloca come prodotto autonomo, come un disegno. Rispetto al disegno tradizionale però, questo modello contiene la nozione di dialogo tra più autori e la qualificazione di una produzione tecnica che cresce e si alimenta proprio attraverso il dialogo.

Se penso dunque al potenziale, rispetto agli ambiti di interazione e fruizione, che il digitale esplicita e al connubio di questo con il valore tecnico del prodotto specifico, sembra possibile intravedere un duplicarsi anche delle direzioni che qualificano il fluire delle conoscenze.

Dal sistema informativo verso i fruitori, attraverso l'esplicitazione dei contenuti e delle meccaniche di interazione e orientamento con il prototipo digitale, e dal fruitore verso il modello informativo, nella possibilità di accrescerne i livelli di complessità attraverso la costruzione di storie, dialoghi e metadati. La grammatica della conoscenza si articola ampliando le dimensioni di ciò che virtualmente può essere connesso al modello, ed esplicitando, nell'archivio e nella memoria virtuale, ogni frammento di storia futura.



La fontana di Carlo V, fuori le mura oltre la Porta della Giustizia, convoglia parte delle acque dell'Alhambra che proseguono verso valle lungo i sentieri dell'acqua, nei giardini del *Bosque de la Alhambra*. (Disegno di Sandro Parrinello)

# INTRODUZIONE



# LO STUDIO DEL COMPLESSO DELL'ALHAMBRA, UN PERCORSO DI RICERCA E SPERIMENTAZIONE TECNOLOGICA

La ricerca presentata all'interno di questo volume propone una riflessione sulla relazione che intercorre tra il rilievo digitale, la definizione di banche dati 3D e le piattaforme di modellazione parametriche per la conoscenza del patrimonio storico costruito.

Esempio dell'espressione della cultura Nasride in Andalusia, l'*Hammam della Mezquita* costituisce oggi un patrimonio culturale di notevole importanza. La struttura originaria, edificata nel XIV secolo per consentire le pratiche di abluzione a servizio della *Mezquita*, fu parzialmente demolita nel XVI secolo, dopo la conquista dei re cattolici di Granada.

L'impianto dei bagni, così come appaiono e si configurano oggi, è il risultato di un processo ricostruttivo avvenuto nel XX secolo, ad opera degli architetti Torres Balbás e Prieto-Moreno. Nel tentativo di restituire l'immagine originaria dell'*Hammam*, il Patronato dell'Alhambra avviò campagne di indagine archeologica, scavando, recuperando e interpretando quanto restava del secolare complesso.

L'opera di Balbás testimonia l'importanza dei processi di archiviazione per la conoscenza dell'immagine storica del patrimonio costruito e per il suo mantenimento nel tempo. I segni e le tracce che ne hanno permesso la ricostruzione, e i successivi disegni, planimetrie, sezioni e documenti progettuali, divengono la chiave di lettura per comprendere aspetti culturali appartenenti all'identità del luogo.

L'avanzamento tecnologico che riguarda le pratiche di rilievo digitale e le conseguenti metodologie di lettura e interpretazione dei dati acquisiti, invitano oggi a definire innovative modalità di rappresentazione per promuovere approfondimenti e letture tematiche sull'architettura storica. Il *Building Information Modeling* nel settore dell'*Architecture Engineering Construction* sta nettamente

attuando un cambiamento della struttura dell'iter progettuale e dei metodi di rappresentazione digitale del Patrimonio architettonico. L'approccio concettuale del BIM ha avuto, nel corso degli ultimi anni, un forte impatto sui tradizionali flussi di lavoro, trasformando i protocolli e le pratiche di rappresentazione tridimensionale e bidimensionale.

La modellazione digitale informativa applicata al patrimonio culturale (*H-BIM, Historical Building Information Modeling*) si avvale di metodi innovativi, specifici per il coordinamento dell'intero processo di rappresentazione, dall'elaborazione dei dati al modello interattivo finale, consentendo all'utente di interrogare i singoli elementi sulla base di livelli informativi differenziati. Tale tendenza è oggetto di studio da parte del settore scientifico del disegno, che sta indagando in maniera critica le possibilità di applicazione di protocolli di modellazione informativa al mondo della rappresentazione per la gestione del patrimonio storico costruito.

Il valore storico, la ricchezza dell'impianto decorativo e dei materiali e, soprattutto, la complessità formale architettonica, rendono l'*Hammam della Mezquita* nel complesso dell'Alhambra il caso studio ideale su cui testare protocolli di sperimentazione *H-BIM*. Sin dalle prime azioni di documentazione<sup>1</sup>, alla quale hanno partecipato e lavorato in sinergia professori, ricercatori, dottori di ricerca e studenti dell'Università di Pavia e dell'Università di Granada, il gruppo di ricerca internazionale ha iniziato a delineare un iter di azioni applicabili, in maniera standardizzata, per sviluppare protocolli *Scan to H-BIM*.

Obiettivo della ricerca, di cui questa pubblicazione costituisce un frammento, è la definizione di un apparato informativo, strutturato nella forma di un modello digitale







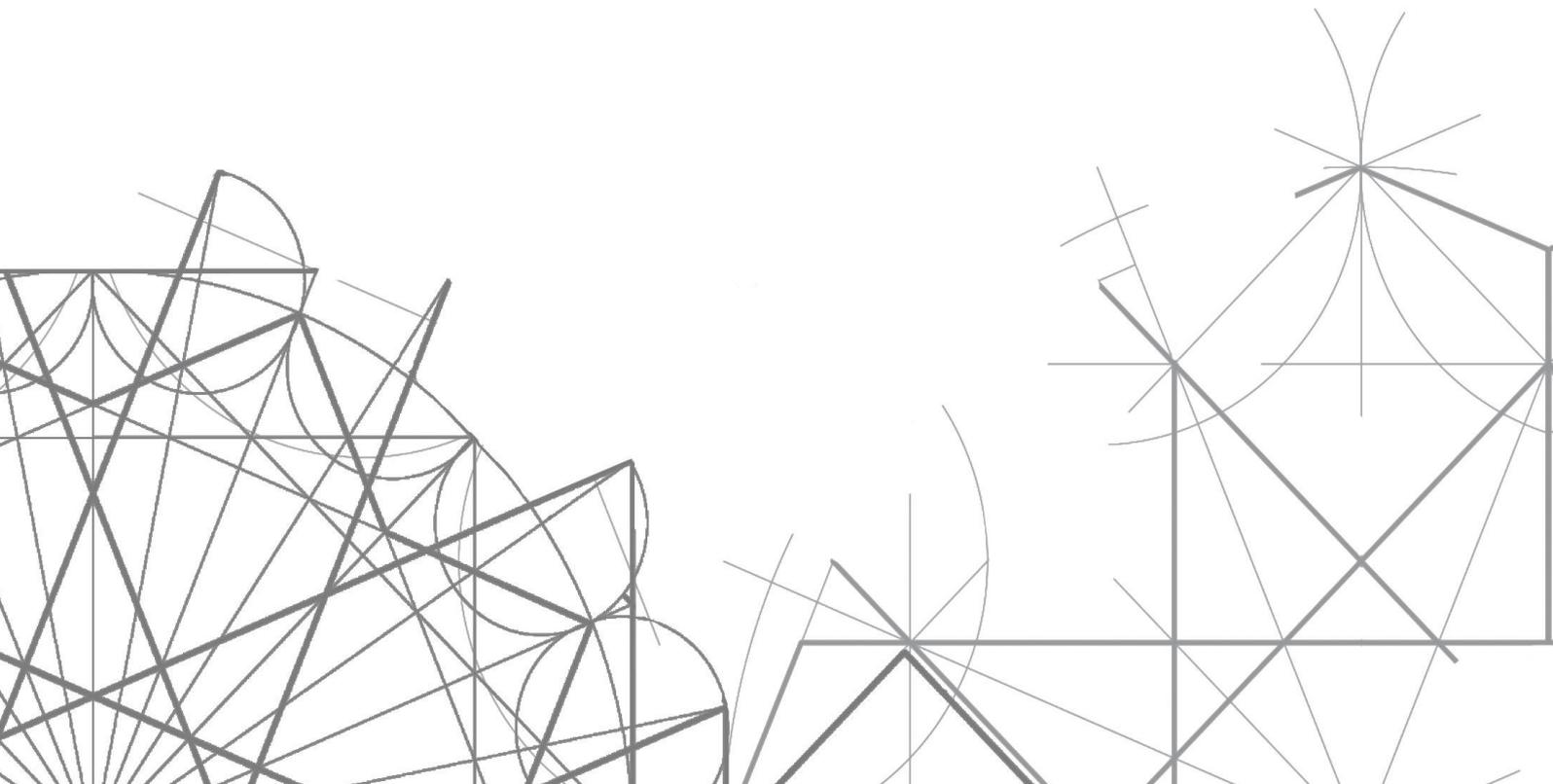


integrato, descrittivo di tutta l'area, che si configura come una banca dati utile alla gestione del patrimonio architettonico. Il volume racconta il processo metodologico sviluppato nei due anni di progetto dedicato ai bagni della *Mezquita*, analizzando i diversi passaggi di trasformazione del dato, dall'acquisizione alla realizzazione del modello informativo digitale.

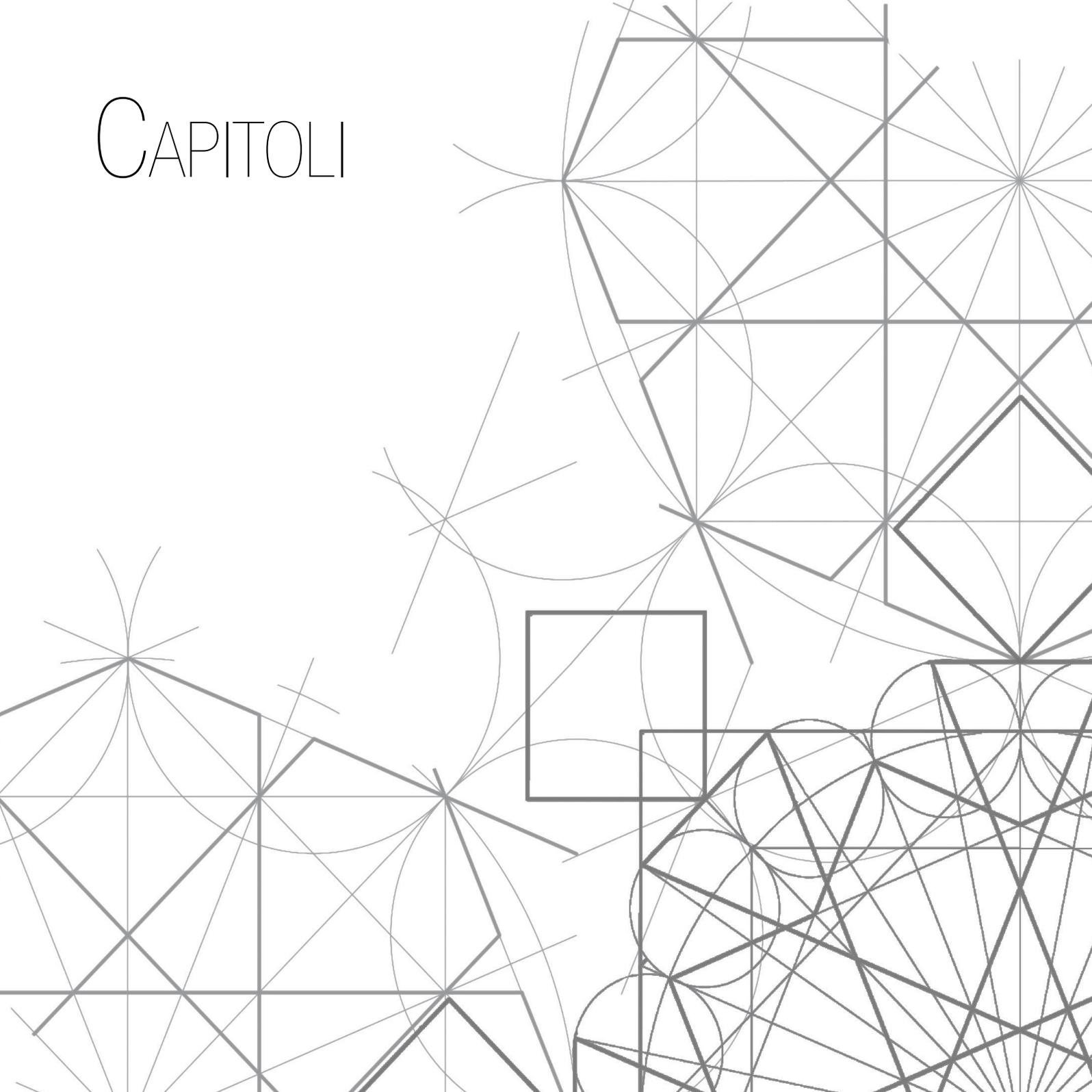
La collaborazione continuativa, garantita dalla possibilità di coordinamento delle attività anche a distanza, ha generato un arricchimento culturale nelle discipline coinvolte e ha aperto la strada a nuovi spunti di riflessione che favoriscono future occasioni di confronto.

*Anna Dell'Amico*

1 Il progetto di ricerca per la documentazione dell'Alhambra inizia nel 2017 dalla collaborazione tra i laboratori DAda-LAB, PLAY, il Laboratorio Congiunto inter-ateneo Università e Impresa LS3D, l'*Escuela técnica superior de arquitectura - Universidad de Granada* SMLab (Laboratorio di Rilievo e Modellazione di Beni Architettonici), il *Patronato dell'Alhambra y Generalife* e l'azienda EBIME, *BIM Consulting Services for Architecture and Engeneering*.



CAPITOLI



L'EVOLUZIONE DELL'IMMAGINE  
DELL'HAMMAM DE LA MEZQUITA



1

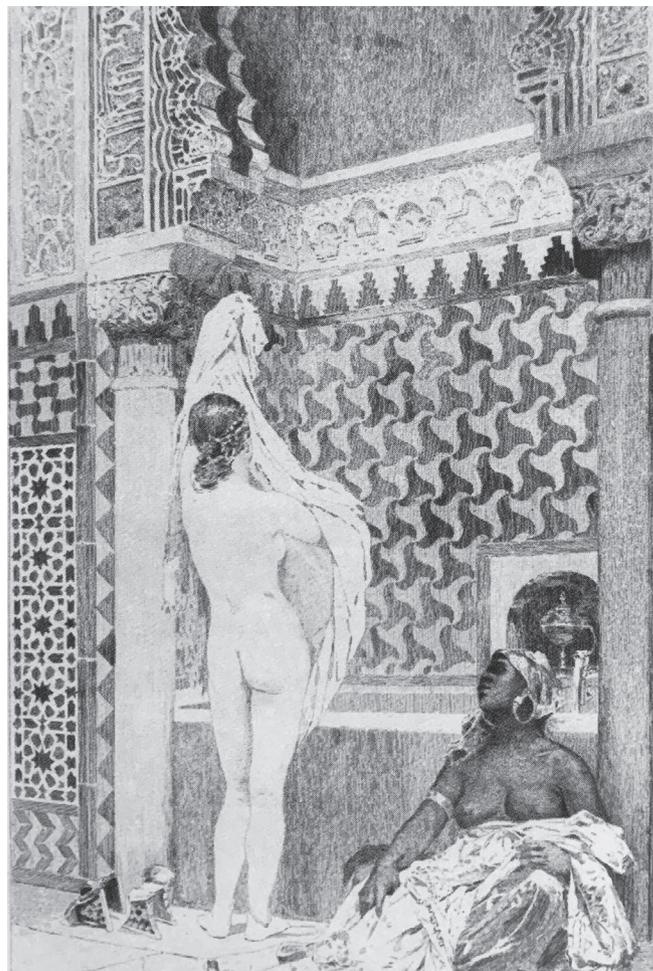
## 1.1

# LA TRADIZIONE DELL'HAMMAM NELLA CULTURA ISLAMICA

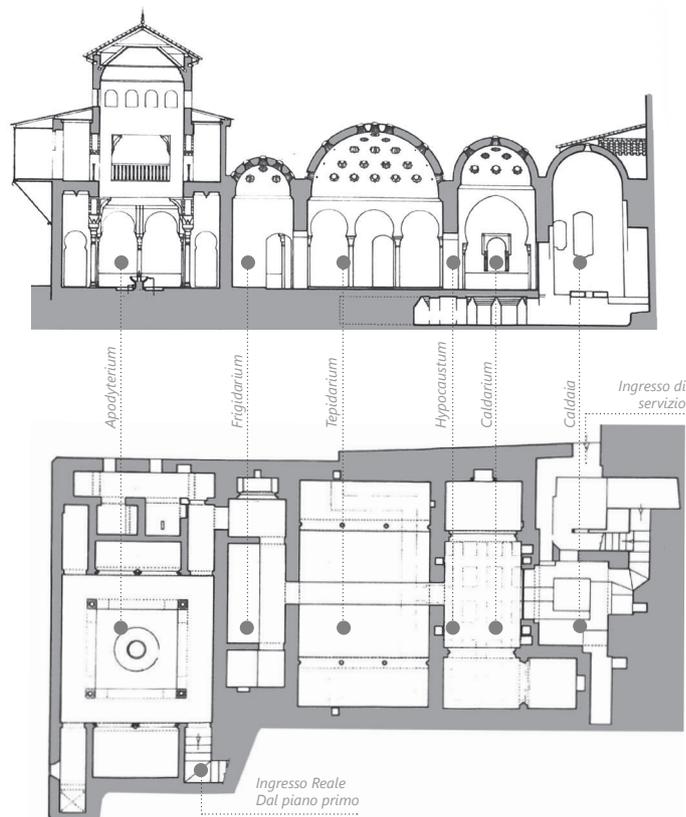
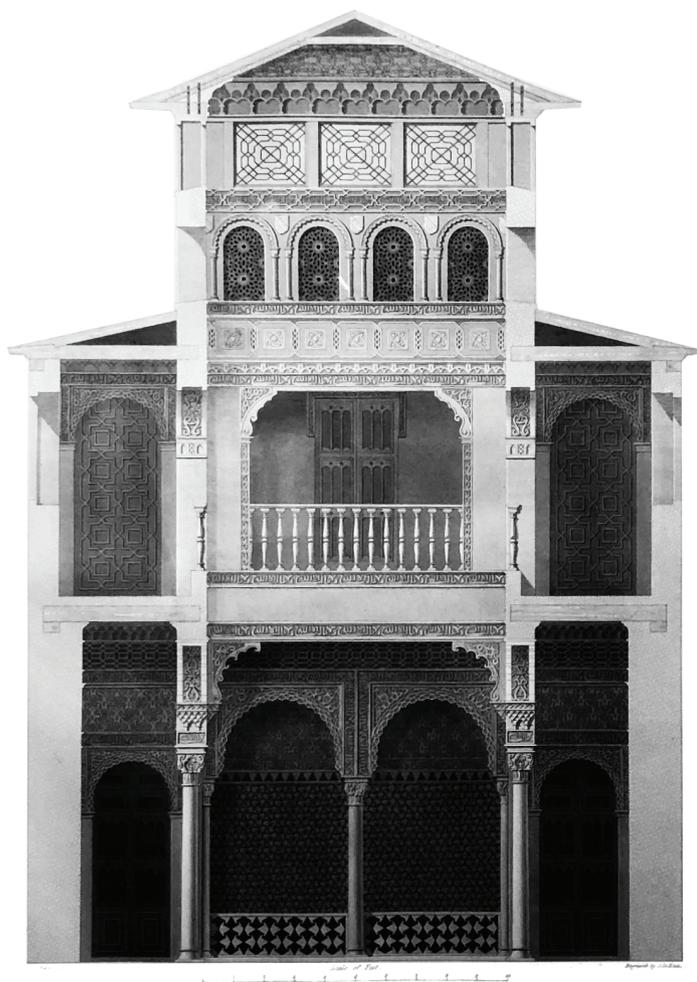
La cura e la pulizia del corpo hanno avuto da sempre un ruolo fondamentale nella cultura islamica, tanto da costituire un obbligo religioso. La pratica delle abluzioni era, ed in parte lo è ancora, un'azione obbligatoria per il fedele, da svolgersi presso gli *hammam*<sup>1</sup> prima della preghiera canonica. Nella cultura araba, l'*hammam* rappresenta quindi un luogo importante, dove si fondono la vita pubblica e quella privata, la cura del corpo e della quella dello spirito.

I bagni sorgevano presso i luoghi di culto, di fianco all'edificio principale della moschea, ed erano a disposizione di tutta la popolazione. Tale diffusione dipendeva sia dall'uso rituale delle abluzioni, sia dalla loro principale funzione di punto d'incontro e di ritrovo. Recarsi all'*hammam* era un modo per dimostrare al resto del popolo il proprio *status* di persona pulita e, pertanto, frequentabile. I bagni privati, del resto, occupavano un'intera area della casa e le loro dimensioni erano proporzionali alle possibilità economiche delle famiglie a cui appartenevano, dalle più facoltose alle più modeste. Esso costituiva pertanto un riferimento sociale, un luogo tecnologico connesso alla civiltà, in grado di esprimere il benessere di chi lo possedeva.

L'*hammam*, inteso come luogo e spazio pubblico, era parte integrante della vita sociale della medina. Come per i bagni privati, anche quelli pubblici erano espressione di civiltà e di ricchezza. In relazione ai diversi quartieri della città e alla tipologia dei frequentatori che ne facevano uso, tali strutture erano costruite e rivestite con materiali differenti. L'aspetto dell'*hammam* era quindi espressione dei diversi ceti e, sia internamente che esternamente, doveva esprimere la relazione con la struttura societaria attraverso il suo apparato decorativo. Nelle diverse sale che caratterizzavano i bagni potevano presentarsi ambienti con strutture in laterizio diversamente rivestite con lastre lapidee che, negli *hammam* più pregiati, corrispondevano a marmi preziosamente intarsiati.



Il fascino degli *hammam* e della cultura del corpo nelle pitture degli Orientalisti di fine Ottocento. (L. F. Comerre, *Le Bain de L'Alhambra*, 1890, olio su tela. Collezione privata).



Distribuzione degli ambienti dell'*Hammam* del *Baño Real de Comares* dell'Alhambra (1302-1309).

A sinistra: la sezione della *Sala de Camas* che, sviluppata su un doppio livello, coincideva con la Sala del riposo (*Apodyterium*) del *Baño Real de Comares* (Illustrazione di James Cavanah Murphy, data ignota, *Archivio Biblioteca Gennadius, Atene*).

La distribuzione planimetrica dei diversi ambienti del bagno rispondeva, e ancora oggi risponde, a schemi ordinati e a configurazioni ricorrenti. Il modello di riferimento si può far risalire al VIII secolo, con i bagni di *Qusayr'Amra* e di *As-Sarakh* (Giordania), entrambi costituiti da una grande sala di ingresso a tre navate, una sala tiepida di dimensioni più ridotte e una stanza calda per il bagno, sormontata da una cupola.

Nei ricorrenti impianti distributivi dei bagni, dopo aver attraversato il vestibolo, si trova generalmente la sala adibita a spogliatoio (*mashallah*), che ospitava alcuni armadi per la custodia dei vestiti, e che trova il suo corrispondente nell'*apodyterium*<sup>2</sup> romano.

L'importanza del *mashallah* rispetto agli altri ambienti è reso leggibile sia dalla sua dimensione, che nel tempo è aumentata

progressivamente, che dalla ricchezza e dalla complessità della sua struttura, spesso costituita dall'aggregazione di quattro *iwān*<sup>3</sup> su di un vano centrale, sormontato da una cupola su pennacchi.<sup>4</sup>

Al centro della *mashallah* spesso si trova una fontana d'acqua, mentre alcune pedane (*mastaba*) sono disposte ai lati per ricavare nicchie per il ricovero delle scarpe. Su queste venivano anche disposte alcune panche per sdraiarsi e riposare.

Dalla *mashallah*, attraverso alcuni corridoi, si giunge alla sala fredda (*wastani barrani*). Dalla sala fredda si passa alla sala tiepida (*wastani djuwwani*), dalla quale è possibile accedere a quella calda (*djuwwani harara*). Si tratta di un ampio vano, sormontato da una cupola, dotato di fontane, di alcove (*maqsurā*) e di bacini d'acqua, ma anche e soprattutto di panche o pedane di pietra su cui è possibile sdraiarsi (*mastaba*). Più raramente, nei bagni adibiti a scopo curativo, è possibile trovare anche piccole piscine per l'immersione a fini terapeutici (*maqsurā al-maghtas*).<sup>5</sup> La sala calda ospita in genere due ambienti: un primo ambiente nel quale, all'interno di alcove su ripiani di pietra, viene applicato il sapone e frizionato il corpo; un secondo ambiente, quello più caldo, nel quale si versa l'acqua sull'ospite per rimuoverne il sapone. In ognuno di questi due ambienti si trovavano anche i barbieri, intenti ad esercitare il loro mestiere.

Come nelle terme romane, di cui si ritrova il sistema del *frigidarium*, *tepidarium* e *caldarium*, il rito della purificazione e del lavaggio segue un percorso specifico che conduce fino al cuore più caldo della struttura, attraverso una corrispondenza tra spazio e tempo trascorso in ciascun ambiente.

Negli *hammam* il corrispondente del *tepidarium* romano è stato ridotto ad un semplice corridoio di collegamento con la camera calda dove, a differenza del costume romano, è possibile ricevere dei massaggi specializzati.

Una piccola stanza adiacente viene poi riservata, in alcuni complessi, ai bagni di vapore, sostitutivi dei *laconicum*.<sup>6</sup>

All'interno delle sale l'illuminazione è ridotta, una luce diffusa è garantita dalla presenza di piccoli oculi incastonati nelle volte, disposti in modo da formare dei motivi geometrici decorativi.

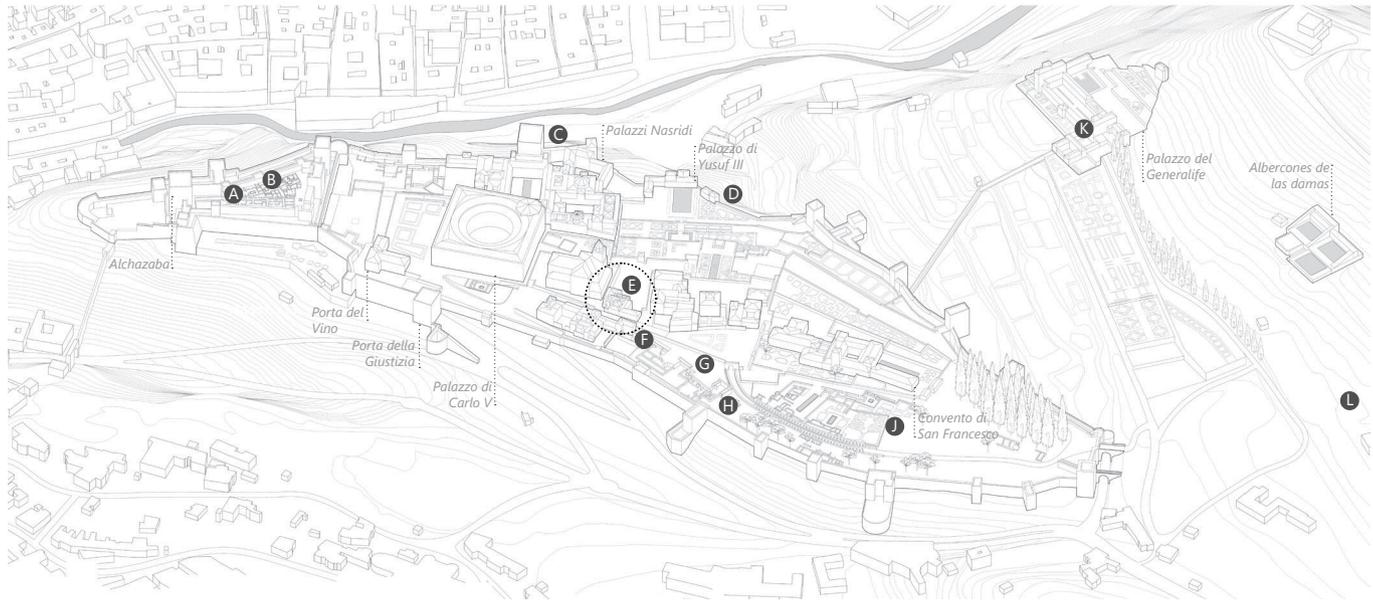


Dettaglio della Pila del Baño Real de Comares.

I vetri degli oculi possono essere colorati in modo che i fasci di luce, entrando dalla volta, possano disegnare forme e rifrazioni sfruttando i vapori della *harara*.<sup>7</sup> Essendo un'infrastruttura tecnologica, l'*hammam* si configura non solo come sistema architettonico caratterizzato da un'estetica ben precisa e riconoscibile, ma come vera e propria "macchina", che lavora organicamente, ponendo in relazione temperature, vapori e canalizzazioni. I sistemi ipogei costituiscono i diversi circuiti per la gestione delle acque: un sistema per la distribuzione dell'acqua calda e uno, separato, per quella fredda; uno per lo smaltimento delle acque reflue ed un sistema per garantire la corretta ventilazione degli ambienti. Tali circuiti costituiscono una maglia che avvolge le diverse stanze, con canali orizzontali, sia per l'acqua che per l'aria, posti al di sotto della pavimentazione, e di sistemi verticali, per l'aria di uscita, disposti dentro tubature in terracotta all'interno dei paramenti murari. Gli ambienti dispongono infatti di un funzionale sistema di aerazione, grazie alla presenza di bocchette posizionate sui paramenti murari e comunicanti con le tubature e con gli sfiati posizionati sulle coperture voltate. Tutti i complessi canali dell'acqua e dell'aria dipartono dal locale della caldaia, un vano predisposto in genere in prossimità del perimetro esterno per facilitare l'approvvigionamento del combustibile e l'intersezione degli allacci con i sistemi di canalizzazione della rete urbana. Il locale caldaia solitamente è posto anche in prossimità della sala calda, che vi è separata solo da un sottile tramezzo, nel quale internamente passa l'aria. Un focolare permetteva di mantenere costante la temperatura delle caldaie per la produzione dell'acqua bollente. I fronti esterni dei bagni risultano più semplici e meno decorati rispetto all'interno dell'edificio, il cui ingresso è generalmente destinato ad un maggiore sfarzo e decoro. I bagni pubblici sono ancora oggi divisi tra quelli per gli uomini e quelli per le donne, e gli edifici che presentano questa divisione al loro interno prevedono un impianto speculare, spesso con la caldaia in comune. Per i bagni più piccoli, dove non è possibile tale divisione, il loro uso in passato veniva riservato alcuni giorni alla clientela femminile ed altri a quella maschile. Gli *hammam* sono stati uno dei rari spazi nell'Islam ad essere accessibili a tutti, dal mattino alla sera tardi<sup>8</sup>.



Localizzazione dei principali *hammam* sul territorio spagnolo e nella provincia di Granada.  
Sin dall'antichità le sorgenti termali andaluse erano tra le più apprezzate e ricercate della penisola iberica.



Localizzazione dei bagni presenti all'interno della fortezza dell'Alhambra:

- |  |   |
|--|---|
| A Bagni dell'Alcazaba                      | G Bagni di sopra del Palazzo Abencerrajes, Calle Real |
| B Bagni della casa maggiore nell'Alcazaba  | H Bagni del Palazzo Abencerrajes                      |
| C Bagni del Palazzo dei Comares            | I Bagni del Convento di San Francesco                 |
| D Bagni del Palazzo del Partal Alto        | J Bagni della casa Almotacen presso El Secano         |
| E Bagni della mezquita, Casa del Polinario | K Bagni del Palazzo del Generalife                    |
| F Bagno No. 51 Calle Real                  | L Bagni del Palazzo Dar-al-Arusa                      |



Sezione ambientale dove sono ben distinguibili il Palazzo di Carlo V e la chiesa di Santa Maria della Alhambra. J. de Hermsilla, 1766. (Archivio APAG).

## 1.2 LA MEZQUITA DELL'ALHAMBRA

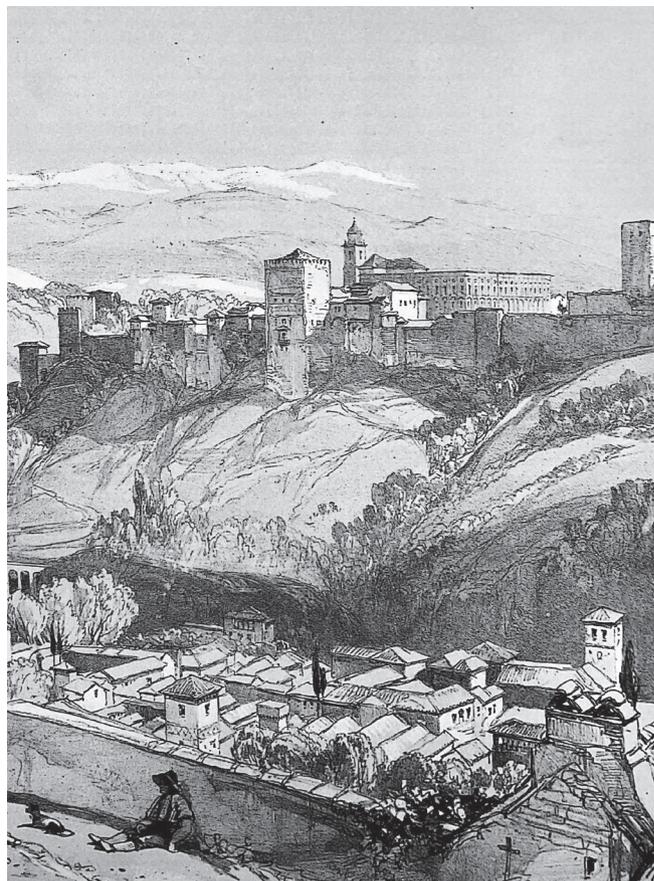
Come altre città palatine, l'Alhambra fu concepita e costruita per il servizio della corte che vi regnava. La sua cittadella fortificata, erede della tradizione andalusa e islamica, si è sviluppata a partire dal 1238 per oltre due secoli e mezzo, in un susseguirsi di trasformazioni storico-architettoniche che ne hanno definito l'attuale configurazione.

Nel complesso dell'Alhambra, escludendo da questo il palazzo del Generalife, si possono distinguere tre zone nettamente delimitate: l'area militare, l'area palatina e l'area della medina.

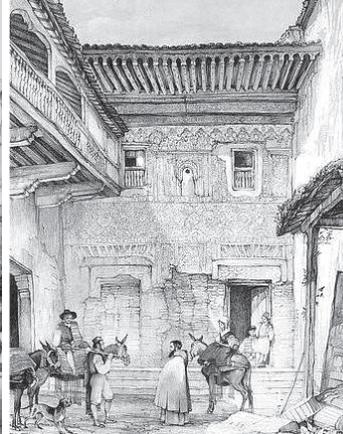
L'area militare corrisponde alla fortezza dell'Alcazaba, sull'estremità ovest dello sperone roccioso che si affaccia oggi verso la città e un tempo verso le pianure.

L'Alcazaba ha un impianto triangolare con torri poste sulle estremità e un'alta muraglia che la separa dalla zona della medina. L'area palatina occupa il versante settentrionale del complesso, con un ruolo predominante di affacci verso la città e il quartiere dell'*Albayzin*, del quale costituisce lo sfondo ad ogni veduta. I Palazzi Nasridi si fondono con le grandi torri lungo le mura, conformando una moltitudine di cortili e sale comunicanti che costituiscono indubbiamente l'elemento architettonico più stupefacente dell'intero complesso.

A servizio della corte, e distaccata da questa da meravigliosi giardini, si trova l'area della medina che corrisponde ad un'intera città progettata per coprire qualsiasi esigenza del palazzo. Organizzata attorno a una strada principale (*Calle Real*), che sale dolcemente da ovest a est, la città era dotata di bagni pubblici, moschea e botteghe. Nella zona bassa, dietro la Porta del Vino, che fungeva da ingresso principale, c'erano case, alcune delle quali di rilievo, dove abitavano funzionari e servitori di corte, ma anche piccole cisterne e ampi spazi pubblici. Vi erano, inoltre, due grandi complessi monumentali considerati veri e propri palazzi: quello di *Abencerrajes* e quello poi occupato successivamente dal Convento di San Francisco.



Uno degli scorci più rappresentativi dell' Alhambra e dei suoi monumenti, vista dall'*Albayzin* di Granada. Si distinguono la torre dei Comares e le mura moresche, al cui interno si scorge il palazzo di Carlo V, la chiesa di Santa Maria e il palazzo di Yusuf III. (Dettaglio dell'incisione di J. F. Lewis, In: '*Sketches and Drawings of the Alhambra*', made during a Residence in Granada, in the Years 1833-1834. Londra, 1835).



Due immagini che rappresentano uno scorcio di vita di inizio Ottocento: alcuni palazzi dell'Alhambra fanno da quinta scenica alle attività che si svolgevano all'interno della cittadella fortificata.

A sinistra, la Porta del vino; a destra, il Patio de la Mezquita. (Litografie colorate a mano, John F. Lewis. In: *'Sketches and Drawings of the Alhambra', made during a Residence in Granada, in the Years 1833-1834*. Londra, 1835).

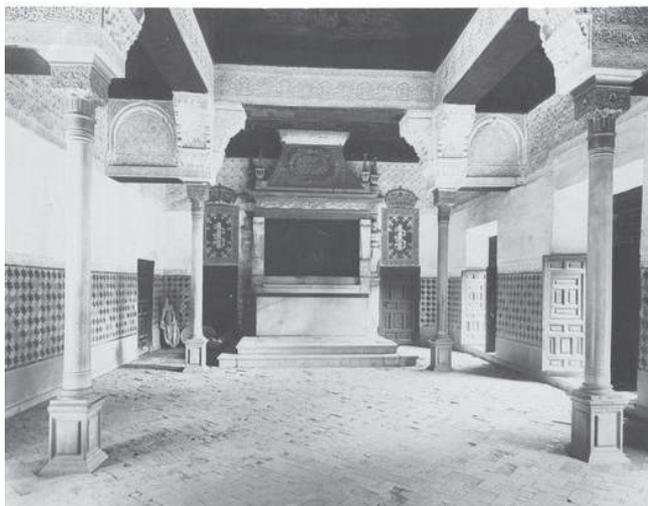
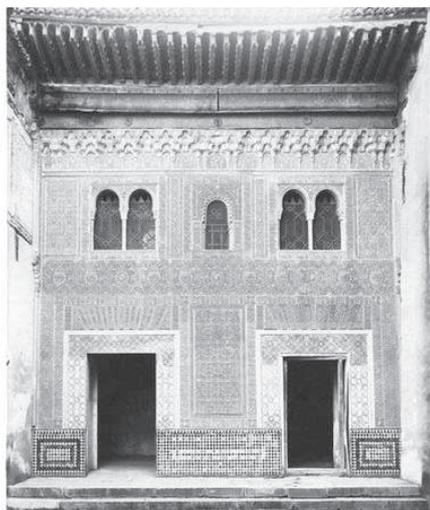
La zona alta della città era occupata da un sistema di piccole industrie artigianali: forni per vetro e ceramica, una conceria per la lavorazione delle pelli, ruote idrauliche e persino una zecca per coniare monete. L'*Acequia del Rey* (o del *Sultán*) entra nell'Alhambra, attraversando quest'area, per mezzo di un acquedotto. Scendendo parallelamente alla Calle Real, l'acquedotto permetteva la distribuzione dell'acqua all'intero recinto fortificato attraverso un sistema di canalizzazione molto sofisticato, che animava con giochi d'acqua l'interno dei palazzi. In riferimento a questo, i bagni pubblici si trovano in una posizione estremamente privilegiata in *Calle Real*, nell'area confinante con la moschea trecentesca al centro della città, tra l'Alcazaba e la medina.

Grazie a questa posizione, simbolicamente al centro della cittadella, l'*hammam* de la *Mezquita* ha nel tempo partecipato ai benefici di far parte dello spazio urbano della cittadella, diventando uno spazio significativo, sia per il carattere religioso che per quello sociale del sito dove sorgeva. Tuttavia, questa stessa posizione ha sottoposto l'edificio a continui cambiamenti.

Il paesaggio della medina è forse quello che ha subito maggiori trasformazioni in seguito alla conquista dei re cattolici. Intorno ai bagni numerosi sono stati costruiti numerosi edifici che hanno, nel tempo, subito trasformazioni e che, in larga parte, sono andati distrutti. Il primo tratto della *Calle Real*, proprio perché posto al centro della cittadella, è stato trasformato subito dopo la conquista spagnola, con la costruzione del Palazzo di Carlo V. Nella seconda metà del sec. XVI, la *Mezquita* dell'Alhambra fu demolita per avviare la costruzione della chiesa di Santa María.

Tuttavia, le fonti che affermano l'esistenza di una moschea del sultano all'interno dell'Alhambra sono molteplici. A questo proposito, l'architetto Leopoldo Torres Balbás, nel suo testo *"La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero"* del 1945, sottolineava che:

*"si sa molto poco delle moschee costruite dai Nasridi. Scomparvero quasi del tutto, nelle cronache e nei testi contemporanei non si trovano quasi mai allusioni alla costruzione di nuovi edifici religiosi e al miglioramento e*



Alcune immagini fotografiche dell'interno della moschea trasformata in chiesa cattolica. (Archivio R. Garzón Rodríguez, No. 45. *Granada Patio de la Mezquita*; No. 131 Granada. Alhambra). A destra, raffigurazione della lampada di bronzo della *Mezquita Real de la Alhambra* (Museo Archeologico Nazionale di Madrid).

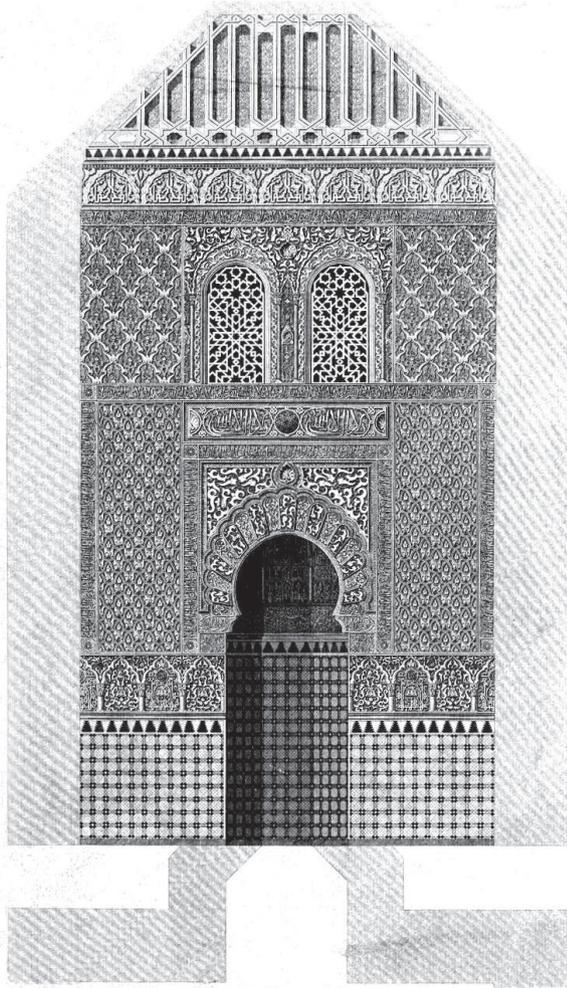
*all'ampliamento di quelli delle epoche precedenti. Nello spazio confinante con questa moschea, ad est, sono stati costruiti alcuni bagni pubblici, anche per ordine di Muhammad III, il cui reddito permetterebbe il mantenimento di questo edificio religioso.*"<sup>9</sup>

Nel testo, inoltre, l'architetto conferma quanto già asserito da Ibnal-Jatib, secondo cui Muhammad III, durante gli ultimi anni del suo breve regno (1302-1308), ordinò la costruzione di una *Mezquita*. Alcuni testi la descrivono con decorazioni ricche di mosaici e lampade d'argento, necessarie a riflettere la grandezza del Visir granadino, la quale la fece realizzare grazie ai tributi imposti.<sup>10</sup>

Secondo le descrizioni, all'interno della moschea dell'Alhambra, sulla parete di ingresso, si potevano scorgere decorazioni con giacinti incorporati in una serie di iscrizioni in oro, argento, ebano e avorio. Alcuni documenti d'archivio, redatti in occasione del progetto di costruzione della nuova chiesa dell'Alhambra, permisero a Don Manuel Gómez Morenne, autore di una delle prime guide della città, di descrivere l'aspetto della moschea demolita.<sup>11</sup>



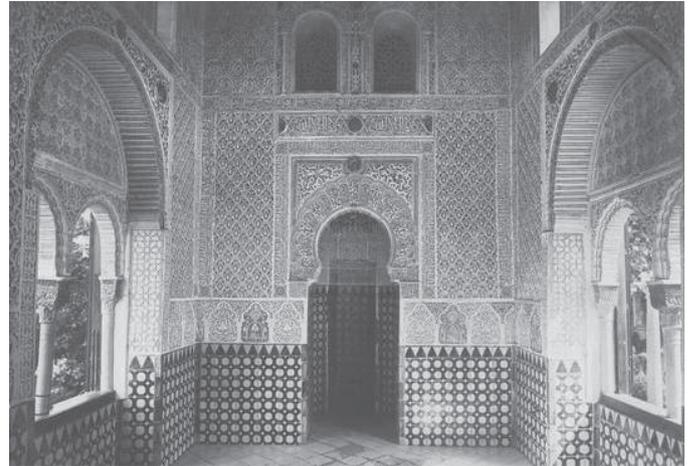
Le opere dei pittori Orientalisti spesso aiutano nella comprensione di spazi di architetture non più visibili e nella configurazione di scenari di vita comune. In quest'opera, realizzata da E. Lord Weeks, si ritrovano le stesse tipologie costruttive e decorative descritte all'interno della Moschea nonché una lampada della stessa tipologia di quella ritrovata all'interno della *Mezquita Real*. (*The Nautch*, E. Lord Weeks, <https://artvee.com>).



SECCION TRASVERSAL DE LA MEZQUITA,  
EN LOS REALES ALCAZARES DE LA ALHAMBRA,  
GRANADA.

Sopra, incisione del XIX secolo che mostra la sezione trasversale della Moschea dei *Reales Alcázares de Granada* (Contreras R., Buxo E., *Archivo Valencia Institute of Don Juan Collection*, Madrid).

In alto a destra, Immagine della facciata principale e della porta d'ingresso dell'Oratorio del Partal (*Archivo APAG*).  
A destra, fotografia dell'Oratorio del Partal (R. Garzón Rodríguez).

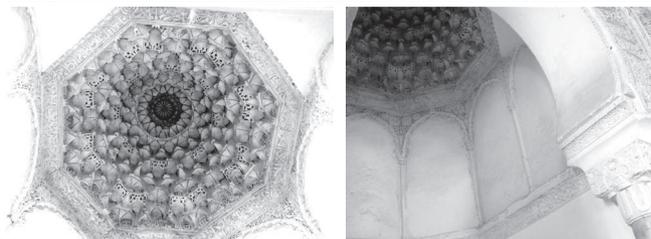
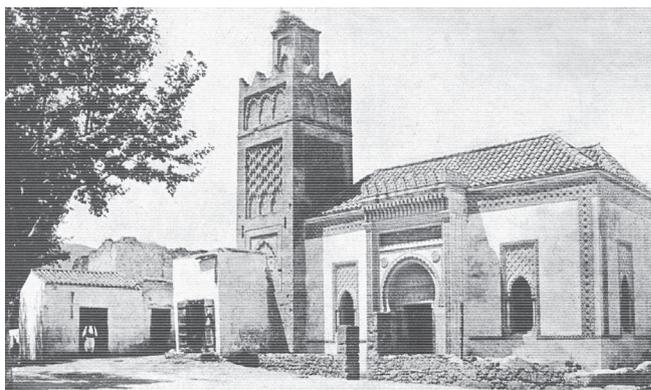


Si doveva trattare di un piccolo edificio fabbricato in mattoni<sup>12</sup> di circa 13 metri di larghezza e 16 metri di lunghezza<sup>13</sup>, con un minareto alto e sottile, situato all'estremità occidentale.

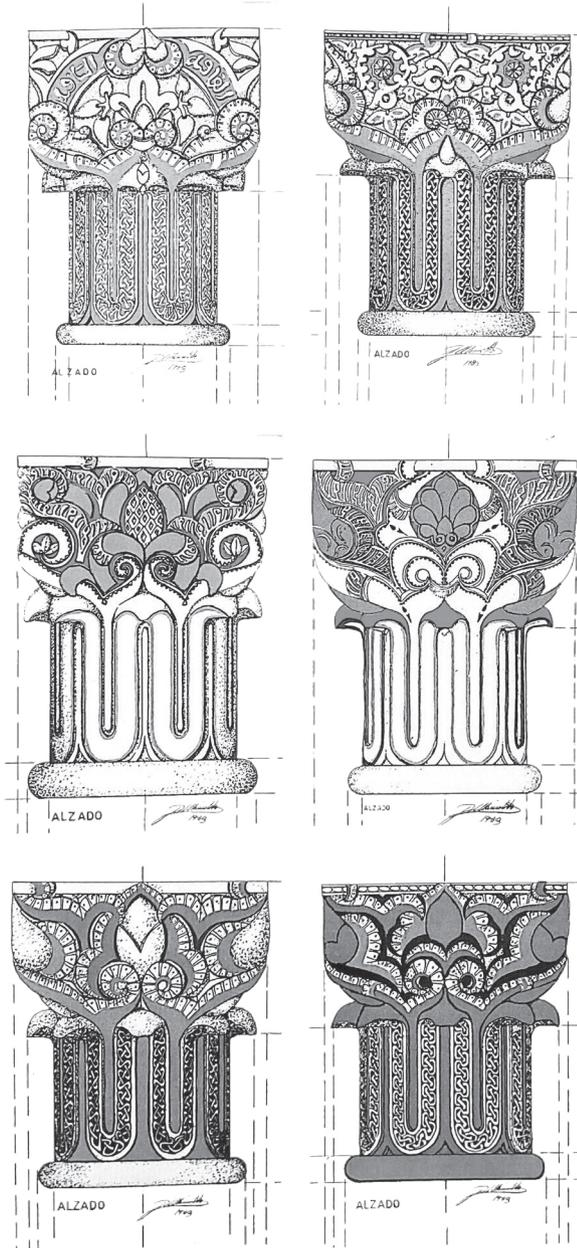
In seguito alla conquista della città ne fu realizzato un ampliamento, probabilmente tra il 1493 e il 1494, per accogliere il crescente numero dei canonici. Si ipotizza che, in seguito alla nuova edificazione, avesse raggiunto i 36 metri. L'aumento del volume aveva interessato l'ampliamento dell'edificio dal fondo, ovvero nella parte in cui si trovava una tribuna o un coro alto, coperto con un'armatura *mudéjar*<sup>14</sup> di tiranti accoppiati.<sup>15</sup>

All'interno del muro della *qibla*<sup>16</sup>, orientato verso sud-est, si apriva la piccola nicchia del *mihrāb*<sup>17</sup>, con pianta ottagonale di larghezza massima di 1,8 metri e foro di ingresso di 1 metro. La moschea si presentava a tre navate, separate, a quanto riportato, da altrettanti archi su ciascun lato, perpendicolari al muro della *qibla*. La navata centrale, di dimensioni maggiori, era coperta da un soffitto piano in legno intagliato, che formava un'unica decorazione a lacunari con merlettature. Le navate laterali vengono invece descritte con intelaiature a baldacchino, la cui struttura sembra ricordare la piccola moschea di *Mezquita de Sidi Bel Hasan* (Sayyidi Abu al-Hasan) di Tlemcen in Algeria, costruita nel 1296<sup>18</sup> e oggi trasformata in museo.

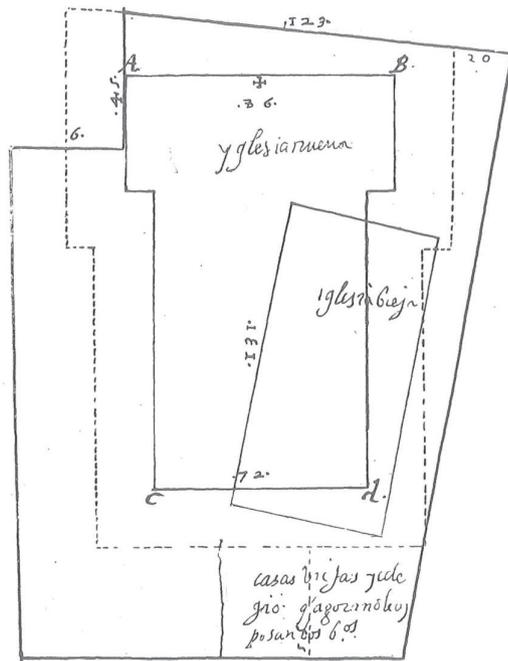
L'interno era finito a intonaco, decorato da gessi, e le navate poggiavano su otto colonne alte circa 2 metri, di cui due in marmo bianco e sei in diaspro, provviste di basi e capitelli che gli scrittori musulmani dell'epoca descrivono con finiture d'argento, decorati similmente ai modelli califfali. Il riferimento è però relativo alla ricchezza ornamentale dei capitelli, riccamente decorati come quelli del califfato di Cordoba. Alcuni reperti relativi alle colonne sono stati rinvenuti durante scavi archeologici condotti in tempi recenti, non lontano dal luogo dove sorgeva la moschea. Alcuni capitelli furono ritrovati divisi a metà, confermando ciò che si legge nei documenti conservati presso l'archivio di *Diezmos* a Granada, in cui si asserisce che alcuni capitelli si sarebbero spezzati in virtù delle sollecitazioni che dovevano sopportare



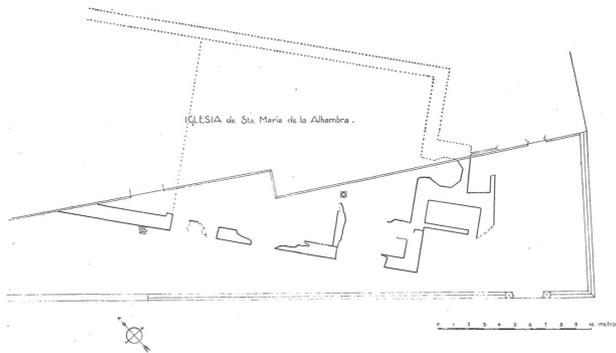
La Moschea *Djama'a Sidi Bel-Hasan* in Algeria, la cui conformazione e distribuzione degli spazi ricorda le descrizioni della Moschea Reale dell'Alhambra (A. Lafer, *Discover Islamic Art, Museum With No Frontiers*, 2022, <https://islamicart.museumwnf.org>).



Ricostruzione cromatica dei sei capitelli della moschea sulla base di reperti (J. Greyc, *Die Alhambra zu Granada*, Worms: Wernersche; copyr. 1990); sopra, *Detalles del testero de la Mezquita de la Alhambra de Granada*, (Acquaforte 1863, Calcografía Nacional, Estampador, Museo del Prado, Madrid, [Archivio APAG, http://hdl.handle.net/10514/707](http://hdl.handle.net/10514/707)).



Il progetto della Chiesa di Santa María dell'Alhambra: sovrapposizione tra il volume occupato dalla nuova chiesa e la preesistenza della Moschea Reale (Torres Balbás, *La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero*, 1945).



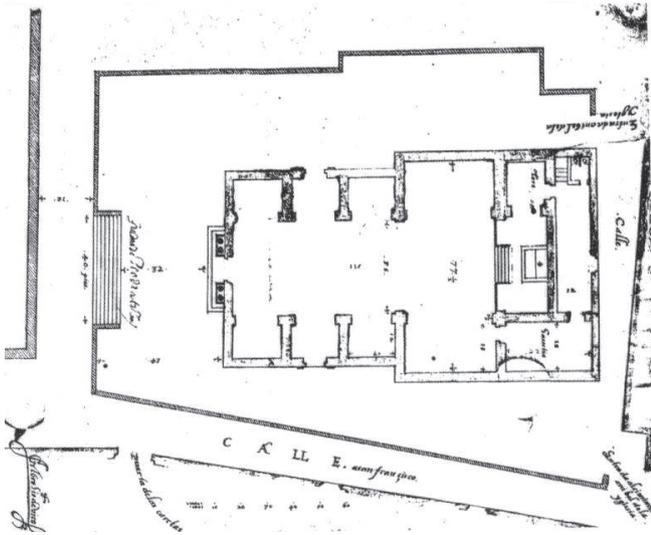
Schema planimetrico dell'area di scavo della Moschea Reale. La porzione indicata con la linea tratteggiata non è stata oggetto di scavo (Torres Balbás, *La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero*, 1945).

nel sorreggere la copertura e che, dopo il loro crollo, fossero stati abbandonati in loco.<sup>19</sup>

Come in ogni moschea, anche nella *Mezquita* dell'Alhambra doveva trovarsi un piccolo *mihrab* orientato verso la Mecca e posto al centro della parete di sud est. Probabilmente, di fronte al mihrab, era posta una lampada di bronzo, sopravvissuta alla demolizione ed oggi conservata presso il Museo Archeologico Nazionale. Su questa lampada compare un'iscrizione in corsivo, in caratteri andalusi:

*"Finita il settembre-ottobre 1305 per ordine di Muhammad III"*<sup>20</sup>.

Di questa moschea fu il *khatib* (ovvero il predicatore) il celebre letterato Ibn Marzuq, arrivato a Granada proprio da Tlemcen, in Algeria, nella metà del secolo XIV. All'interno della moschea vi fu assassinato Yusuf I per mano di una sua stessa guardia del corpo: lo trafisse con una daga, mentre era in preghiera, il 19 ottobre 1354, giorno in cui cadeva la festa della rottura del digiuno del mese di Ramadan. Quando i Re Cattolici presero possesso di Granada, il 2 Gennaio 1492, la moschea dell'Alhambra venne riconsacrata e convertita in chiesa cristiana. La prima messa celebrata fu dedicata alla Vergine Maria, come del resto sempre alla Vergine venne dedicata la nuova chiesa che, qualche tempo, dopo avrebbe sostituito l'edificio della moschea. Neanche un secolo più tardi, a partire dalla seconda metà del '500, la moschea - riconsacrata e convertita a parrocchia - venne progressivamente chiusa a causa delle pessime condizioni strutturali in cui vertevano le murature. Una parte del fabbricato, visibilmente lesionato al punto da subire alcuni crolli, costrinse ad un primo tentativo di risanamento dell'edificio attraverso procedure di consolidamento strutturale. Secondo Torres Balbás, le condizioni precarie erano dovute alla fessurazione delle pareti perimetrali, causata dallo schiacciamento e dalla spinta subita dal peso delle coperture. Per l'intervento di risanamento strutturale vennero poste quattro catene di ferro a sostegno della campata principale della navata centrale e otto su ciascuna delle laterali. Nonostante l'intervento la struttura risultò troppo danneggiata e la stabilità compromessa, così che l'intero edificio venne demolito.



Planimetria della Chiesa di Santa María de la Alhambra (disegno di Ambrosio de Vico, 1610. Pubblicata da J.M. Gómez-Moreno Calera, *El Arquitecto granadino Ambrosio De Vico*, Granada, 1992).

La demolizione avvenne in un tempo relativamente breve, tra il 20 e il 28 ottobre del 1576 per far spazio, cinque anni dopo, alla costruzione della nuova chiesa. Tra l'inizio della costruzione e l'inaugurazione del nuovo edificio, nel 1618, il servizio parrocchiale fu celebrato nella stanza dei Re della Casa Reale. Intorno agli anni '20 del secolo scorso, quando Don Modesto Cendoya aveva il ruolo di Architetto Direttore dell'Alhambra, vennero condotti numerosi scavi archeologici in tutta l'area e anche in prossimità della chiesa.

Gli scavi portarono in luce alcuni frammenti della moschea. Fu rinvenuto l'inizio delle mura del *mihrab* e l'angolo meridionale della *muşalla*<sup>21</sup>, l'oratorio islamico. Presumibilmente altre tracce dell'antico edificio sono parzialmente conservate sotto la pavimentazione dell'attuale chiesa anche se, con molta probabilità, tali resti sono andati perduti quando la chiesa venne utilizzata come luogo di sepoltura.



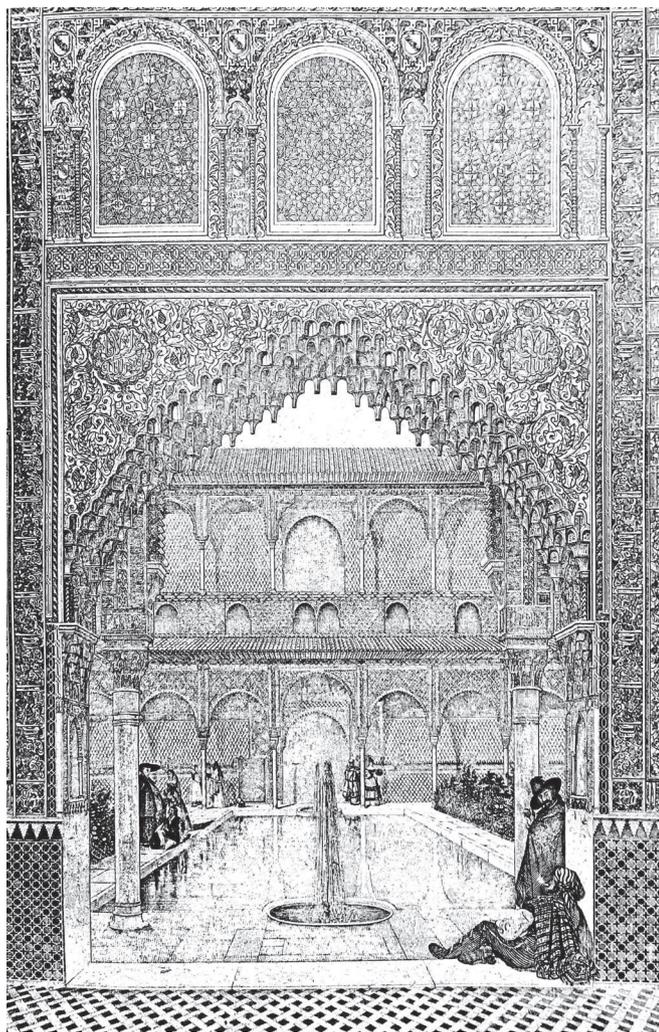
La chiesa di Santa María dell'Alhambra, in un'immagine fotografica del 1909.



L'immagine dell'attuale Chiesa di Santa María dell' Alhambra, in una veduta dall'area archeologica del Palazzo di Yusuf III.

## 1.3

# L'EVOLUZIONE DEI BAGNI TRA PROCESSI DI TRASFORMAZIONE E CAMBI DI DESTINAZIONE D'USO



Nella descrizione di Ibn al-Jatib della moschea dell'Alhambra viene anche indicata la volontà di Muhammad III di stabilire, proprio di fianco all'edificio, un *hammam*, per potervi svolgere la pratica delle abluzioni prima della preghiera.<sup>22</sup>

Il piccolo *Bañuelo*, situato lungo la *Calle Real*, aveva funzione di stabilimento pubblico per l'uso dei non pochi abitanti della medina e, nel tempo, ne divenne un luogo molto apprezzato e frequentato.

Altri bagni nel complesso dell'Alhambra erano invece destinati ad usi esclusivi: quello dell'Alcazaba veniva utilizzato dalla guarnigione, quelli presso la residenza delle Tendillas e nell'ex Convento di San Francisco servivano gli abitanti di quei palazzi, mentre quelli situati all'interno del palazzo erano riservati al sultano e ai suoi familiari.

Il *Bañuelo* di *Calle Real* fu parzialmente demolito intorno al 1534 e poco si conosce delle trasformazioni subite fino al XX secolo, anche se è nota la ricostruzione di alcune strutture e alcuni ambienti. Durante la costruzione di edifici residenziali, parti del bagno vennero inglobate tra le mura dei nuovi comparti, attraverso un processo di riorganizzazione distributiva e funzionale che interessò l'area della medina dal XVII al XVIII secolo. Ciò che è certo è che, a partire dal 1886, parte dei bagni furono inglobati nello sviluppo e nella riorganizzazione della "casa di Polinario". Questo era il nome con il quale era conosciuto il suo proprietario, Don Antonio Barrios Tamayo, chitarrista, cantante, collezionista d'arte e pittore dilettante, che gestiva, proprio in questi ambienti, un'attività di vendita di prodotti alimentari.

La funzione principale della casa di Polinario era, tuttavia, quella che lo scrittore Ismael Ramos definisce "*taberna-cenáculo-ateneo*",<sup>23</sup> ovvero di un luogo di ritrovo per intellettuali e artisti, soprattutto pittori.

Si trattava di una vera e propria osteria che l'artista gestiva come polo culturale per altri artisti e viaggiatori stranieri, interessati a vivere, conoscere e rappresentare le bellezze dell'Alhambra. Il suo amore per l'arte della pittura fu tale da decidere di realizzare un piccolo studio all'ultimo piano dell'edificio, che potesse essere utilizzato da tutti quegli artisti che vi soggiornavano e che, grazie a questa trasformazione, consentisse la creazione spontanea di uno spazio di aggregazione culturale. In alcune fotografie d'epoca Antonio Barrios appare una figura dall'estetica tradizionale e romantica, quasi sempre ritratto con la sua chitarra, come prova della sua passione per il flamenco. In altre è ritratto a fianco di numerosi personaggi illustri, tra cui il figlio Ángel Barrios, famoso compositore e chitarrista.

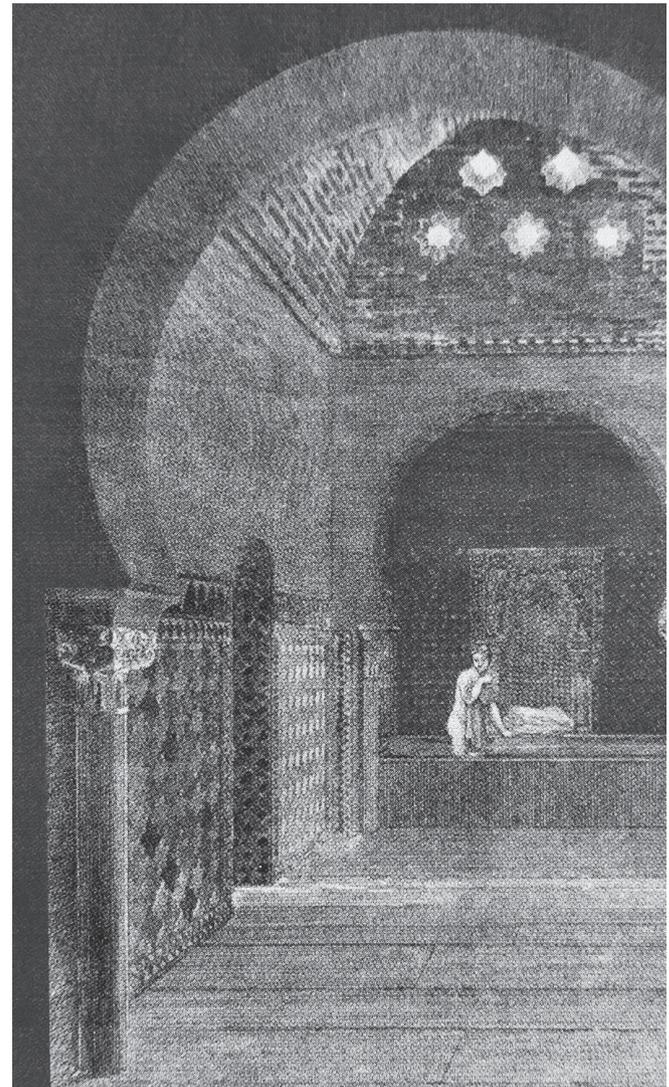
Riguardo al circolo intellettuale che circondava la famiglia Barrios, il professor Henares sottolinea che *"il numero di narrazioni letterarie, storiografiche o critiche ad esso dedicate è straordinario. Includiamo una descrizione poetica di Calle Real al tempo dell'osteria Polinario, cioè l'Alhambra tra i secoli e i primi decenni del XX secolo: era un luogo d'incontro esotico, di echi dei racconti di Irving"*<sup>24</sup>

La taverna del Polinario era un piccolo Eden nascosto all'interno della cittadella: pilastri e fontane in stile nazari, in cui scorreva acqua, rendevano il luogo unico durante il periodo estivo; un cortile pittoresco, con pareti ricoperte di edera, piacevolmente ombreggiato da aprile a novembre da alti pioppi ornamentali.

Il decoro, unito alla presenza di fontane, impreziosiva l'ambiente rendendolo un luogo unico e piacevole dove poter trascorrere il tempo nel caldo periodo estivo. Il vino, l'aria rinfrescata dallo scorrere dell'acqua, il suono di una chitarra, completavano il quadro idilliaco.

Le opere per la realizzazione della taverna, che nel complesso della casa di Antonio Barrios occupava gli spazi corrispondenti ai bagni, modificarono e in larga parte cancellarono l'impianto complessivo degli *hammam* preesistenti.

Tuttavia, alcune tracce degli ambienti originali sono ben distinguibili e condizionano complessivamente lo schema architettonico del complesso novecentesco.



Pagina a fronte: Gli Eden di giardini e di decorazioni dei palazzi dell'Alhambra, disegnati dai viaggiatori di fine Ottocento (Litografie di J. Goury e O. Jones, *The Alhambra*, London, 1842-1845, Ed. Lidiarte). In alto: La tradizione dei bagni arabi a Granada (Litografia di A. de Laborde, *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne*, circa 1812).



Ipotesi planimetriche dei Bagni della Moschea: a sinistra la prima (1), in cui sono presenti *Apodyterium* (A), *Frigidarium* (B), *Tepidarium* (T) e *Caldarium* (C), con la lettera P si indicano le vasche, H individua la sala della caldaia, e R delle sale di servizio; a destra l'ipotesi che prevede anche l'annessione della casa *Nazari* (elaborazioni da B. Pavón Maldonado, *Estudios sobre la Alhambra*, 1990).

Lo studioso Basilio Pavón Maldonado propone, all'interno del suo volume "*Estudios sobre la Alhambra*"<sup>25</sup>, due ipotesi di planimetrie relative a quest'area.

La prima ipotesi elabora una planimetria composta da *Apodyterium* (20,50 mq), *Frigidarium* (14 mq), *Tepidarium* (24 mq) e *Caldarium* (18 mq); nella seconda ipotesi schematica, oltre agli ambienti dei bagni arabi, viene anche disegnata l'area occupata dalla casa annessa dei Nasridi.

L'impianto distributivo del complesso ha subito, negli anni anche più recenti, il susseguirsi di numerose opere che ne hanno modificato l'organizzazione spaziale.

Il complesso del Polinario vede sostanzialmente una divisione degli ambienti in due parti principali: quella della taverna e quella della residenza familiare. La parte residenziale fu abitata dal 1886 circa fino al 1934, quando il complesso fu espropriato dallo Stato. Per tentare di ricostruire una sequenza evolutiva e analizzare le diverse trasformazioni che si sono succedute nel corso del '900 e dei primi anni del XXI secolo, sono stati analizzati documenti conservati presso l'archivio storico

dell'Alhambra, tra cui gli atti notarili relativi alle successioni immobiliari e i censimenti catastali.

Nel 1934, infatti, vennero censiti gli edifici lungo la *Calle Real* e furono riportate descrizioni di tutte le abitazioni esistenti. Al censimento fu accompagnato un rilievo degli interi isolati, nell'idea di procedere all'esproprio voluto da Torres Balbás, ai tempi Architetto responsabile dell'Alhambra.

Negli atti di esproprio si trovano informazioni sui fabbricati con la consistenza catastale, le indicazioni dei confini, il numero di vani e le superfici specifiche. Il complesso interessato da questa ricerca riguardava diverse unità, di cui tre che componevano l'edificio e una riguardante il giardino retrostante cinto da mura verso *Alamedilla* del *Partal*. Con una superficie edificata complessiva di 280 mq, l'edificio presentava un prospetto principale caratterizzato da un'ampia balconata prospiciente *Calle Real*.

Gli ambienti erano distribuiti su tre livelli e ordinati in funzione di due ingressi principali corrispondenti a quello per l'abitazione e a quello per la taverna.



Alcune immagini che ritraggono momenti della vita quotidiana all'epoca della taverna del Polinario. A destra: La cucina della taverna di Ángel Barrios. A sinistra: alcuni gitani che cantano e ballano nel patio della Polinario (Archivio APAG).

Sempre negli archivi dell'Alhambra è conservato un faldone con numerose cartelle contenenti ritagli di stampa e numerose fotografie d'epoca. In una di queste cartelle è archiviata un'immagine che riprende la casa di Ángel Barrios da una posizione sopraelevata, scattata dalla Chiesa di Santa María.

Le fotografie non riportano una data precisa, ma costituiscono un'utile testimonianza per documentare la vita all'interno e intorno all'edificio. Da un'analisi attenta dei documenti fotografici è possibile apprezzare dettagli costruttivi ed elementi decorativi dell'edificato che nel tempo sono stati rimossi o modificati.

Le fotografie ambientate nel patio principale mostrano con chiarezza la presenza del lavabo e del grande arco a sesto oltrepassato che poggia su colonne ornate da capitelli in stile nasride, un tempo libere e poi addossate a un muro, testimonianza delle trasformazioni subite nel tempo dai locali dei bagni. Tra le colonne e il patio si intravede anche il primo gradino della scala, attraverso la quale si accedeva al ballatoio al primo piano. Questo affacciava direttamente nel patio e aveva funzione distributiva per i locali posti al piano superiore della casa.

Oltre l'arco era collocata una cucina, funzionale agli spazi della taverna, con utensili appesi alle pareti e una piccola cisterna dalla quale si poteva accedere alla cantina.

Da questo spazio, procedendo dentro i resti dei bagni verso est, si giungeva ad un ambiente coperto, indicato nei documenti come "cortile degli archi", assimilabile allo spazio di pertinenza degli antichi bagni.

Una sala più grande era circondata da piccoli ambienti voltati su tutti i lati. Vi si trovava anche un'apertura, descritta come un cancello con una finitura in ferro, che, attraverso un arco, metteva in comunicazione questo ambiente con il giardino. L'asse visivo che scaturisce da questo impianto distributivo metteva in connessione questi ambienti e, attraverso il giardino, corrispondeva ad una modesta porta di legno che si apriva sul *Callejón del Guindo*, esterno al perimetro della proprietà. Di questa porta restano ancora le tracce, visibili nel prospetto interno del muro perimetrale del *Tepidarium* e del muro perimetrale del giardino della moschea.



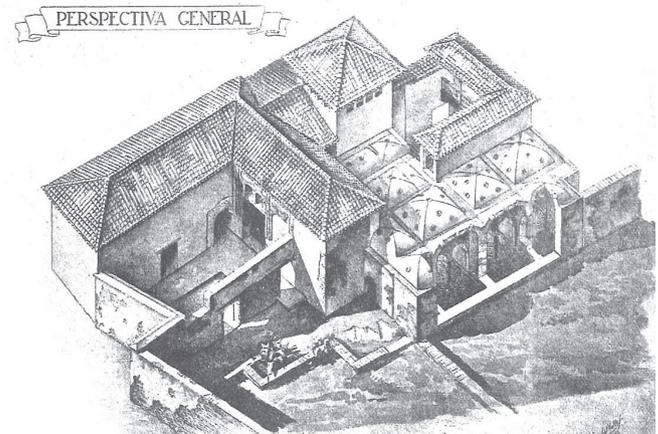
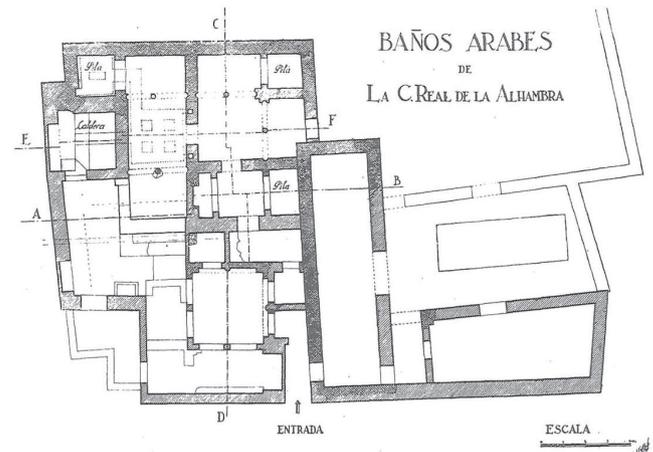
Alcune fotografie storiche che ritraggono momenti della vita quotidiana all'epoca della taverna del Polinario. A sinistra: Il ritratto di Ángel Barrios, Manuel Ángel Ortiz (1918-1919), olio su tela, Museo legado Ángel Barrios. A destra: Veduta del soggiorno della casa di Ángel Barrios, e una foto di gruppo (Archivio APAG).

## 1.4 L'INTERVENTO DI RICOSTRUZIONE DI TORRES BALBÁS E LA CONFIGURAZIONE PITTORESCA DEL BAGNO TRADIZIONALE

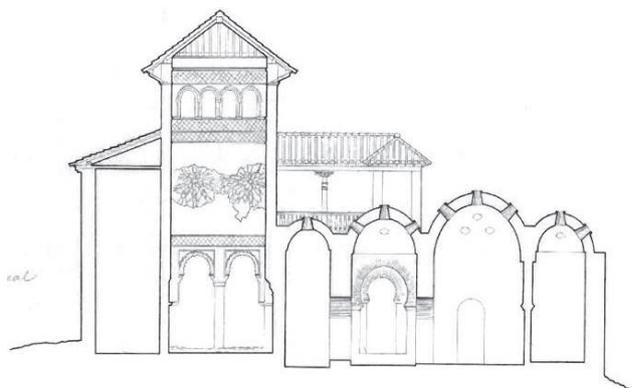
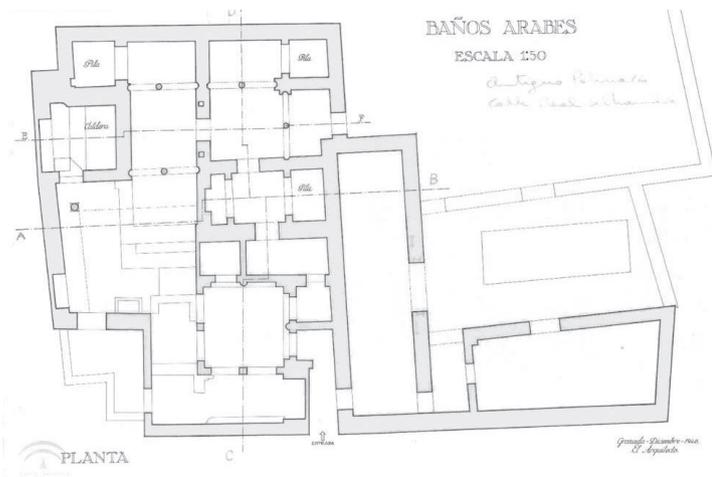
In seguito all'esproprio, l'architetto Torres Balbás decise di demolire le strutture più moderne dell'abitazione del Polinario per procedere alla ricostruzione di quelle dei bagni, dopo aver riconosciuto nei resti le linee generali che definivano l'impianto originario.

La ricostruzione dei bagni fu l'ultimo lavoro di Torres Balbás all'Alhambra e, in qualche modo, costituisce la conclusione di quei lavori di scavo archeologico che erano stati avviati anni prima dall'Architetto Modesto Cendoya<sup>26</sup>, suo predecessore nell'incarico. Balbás non ultimò la ricostruzione, che fu terminata nei dettagli e nelle finiture sotto la direzione dell'Architetto Don Francisco Prieto Moreno y Pardo negli ultimi mesi del 1936.<sup>27</sup>

I lavori di ricostruzione, condotti allo scopo di valorizzare il patrimonio storico e architettonico dell'epoca Nazarì, permisero di rinvenire le tracce, nascoste al di sotto degli intonaci o delle superfetazioni accumulate nel tempo, di ciò che era sopravvissuto alla demolizione dei bagni. Durante lo smantellamento delle mura e dei tetti del periodo post musulmano, fu possibile apprezzare che la demolizione dell'*hammam* non era stata così radicale. Ad esempio, furono rinvenute alcune tracce delle volte e le imposte nelle strutture degli archi e, sempre in quell'occasione, fu ritrovata la lanterna in bronzo che apparteneva presumibilmente alla *Mezquita*. Dell'impianto originale molte delle colonne erano state sostituite, rimosse o comunque modificate, ma la loro impronta risultava ancora leggibile sui pilastri in laterizio nei quali erano alloggiate. Furono rinvenuti anche frammenti dei rivestimenti, sia di resti degli intonaci con i decori a stucco, sia di alcune porzioni di pavimentazione originale in marmo.



Planimetria e spaccato assonometrico dei bagni e della casa Nazarì. (Disegni di A. del Valle per Torres Balbás, in *La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero*, 1945).



A sinistra, una planimetria dei "Bagni arabi" (Archivio APAG/ Collection of Plans/ P-000031, Tavola dell'ufficio tecnico N° 29, 1948). In alto, sezione C-D dei "Bagni arabi" (Archivio APAG/ Plan Collection/ P-000041 Tavola dell'ufficio tecnico N° 38, 1948).

Il progetto di ricostruzione ha interessato quei locali connessi con il vecchio *hammam*, lasciando pressoché intatta l'immagine complessiva e la struttura del corpo principale che risaliva al periodo della taverna. Le dimensioni, le coperture e i finimenti della fine del XIX secolo furono preservati, realizzando nel suo insieme un'opera dall'aspetto pittoresco. Pur essendo un edificio dalle dimensioni modeste, l'articolazione e la distribuzione dei diversi ambienti e la presenza di decorazioni raffinate conferivano a questo complesso un carattere rilevante nell'insieme dell'Alhambra. L'ingresso ai bagni avveniva attraverso una portale in legno che, passando un breve corridoio e svoltando a sinistra, permetteva di accedere ad una stanza a doppia altezza, terminante con una lanterna a pianta quadrata, con archi doppi su ciascun lato.

Sulle pareti si trovano specularmente semicolonne addosate, alternate a colonne libere. Al di sopra degli archi, le pareti si innalzano fino alla lanterna, conservando parzialmente porzioni della decorazione in gesso a poligoni stellati che caratterizzava la stanza.

Anche gli archi erano incorniciati da scanalature orizzontali in gesso che, con molta probabilità, contenevano iscrizioni e motivi ornamentali.

Su ciascun lato della lanterna si trovano quattro aperture per illuminare naturalmente l'ambiente. Sulla parete nord è ancora conservata una zoccolatura decorata con *azulejos*. Probabilmente, negli ambienti posti oltre gli archi e al piano terra della lanterna, si trovavano alcuni ricoveri per far rilassare e riposare i clienti dopo il bagno.

La dimensione delle nicchie, inferiore a 2 m, supporta queste ipotesi. La realizzazione della sala della lanterna viene fatta risalire ad una seconda fase di sviluppo dell'*hammam*, ipotizzata di circa 50 anni successiva alla costruzione del bagno. Dall'arco posto a fianco all'entrata si entra in un piccolo vestibolo e da questo in una sala di ridotte dimensioni (1,5 m di larghezza) coperta da una volta a botte ribassata. Questa, con tutta probabilità, è coeva alla sala della lanterna e venne realizzata presumibilmente nella seconda fase di sviluppo del bagno.

Il resto dei locali che seguono appartengono certamente alla prima fase di costruzione dei bagni. Questi ambienti risultano coperti con volte che presentano fori stellati, per consentire l'illuminazione naturale delle sale, e rimaste invariate fino ad oggi.

La prima stanza, alle sue estremità, presentava mezzi pilastri incastonati nelle pareti, su cui erano impostati archi a sesto oltrepassato (a *ferro di cavallo*, o *herradura aguda*, come lo descrive lo stesso Torres Balbás).

L'ambiente successivo si configurava più largo e, lungo il perimetro, erano posizionate alcune nicchie delimitate da due archi, sempre a sesto oltrepassato, che insistevano su di una colonna centrale.

Da una porta si accedeva all'ultima stanza, delimitata da doppi archi sorretti da una colonna centrale e due mezze colonne laterali.

Sulla parete di sinistra si apriva una nicchia, che ancora oggi conserva il resto di quella che doveva essere la decorazione utilizzata per il rivestimento delle parti interne del bagno, con *azulejos* colorate in stile Nazarì.

Al locale della caldaia si accedeva dal patio centrale, con un ingresso indipendente lungo la *Calle Real*, oggi coincidente con l'uscita del percorso di visita dei bagni.

Il locale ha un sistema ipogeo, alto circa 90 centimetri, sorretto da pilastri in laterizio, ancora oggi in parte ispezionabile, che occupava gran parte dell'ultima stanza.

Il tunnel si estendeva sotto la superficie dei bagni per permettere la fuoriuscita del fumo e dell'aria calda, prodotta dalla combustione della caldaia per mezzo di due camini posti interno del muro di divisione tra gli ambienti.

All'interno del sito dei bagni l'unico capitello originale risulta essere quello posto all'interno del patio confinante proprio con l'ambiente della caldaia.

Si tratta di una tipologia di capitello con la parte inferiore cilindrica e la parte superiore cubica, un interessante esempio che prova l'utilizzo di questo modello decorativo a Granada già a partire dai primi anni del XIV secolo.

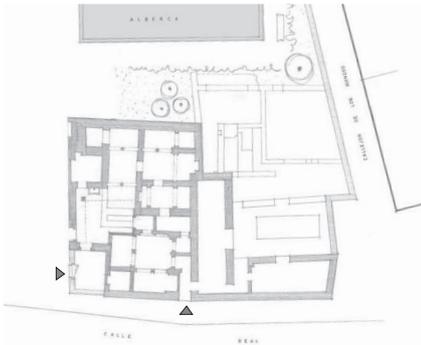


Foto storica dei bagni della moschea dell'Alhambra, scattata nel 1955, antecedente alla costruzione del museo di Ángel Barrios (Archivio APAG).



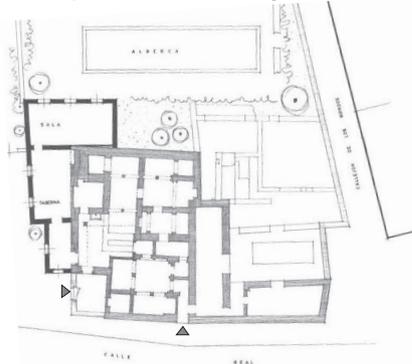
■ 1950

*Interventi nel retro del giardino, dove viene aggiunta una vasca*



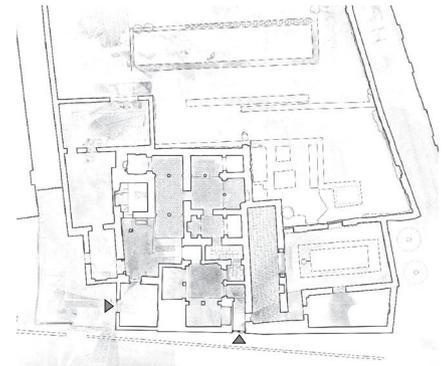
■ 1973

*Ampliamento e annessione dei volumi corrispondenti al museo di Ángel Barrios*



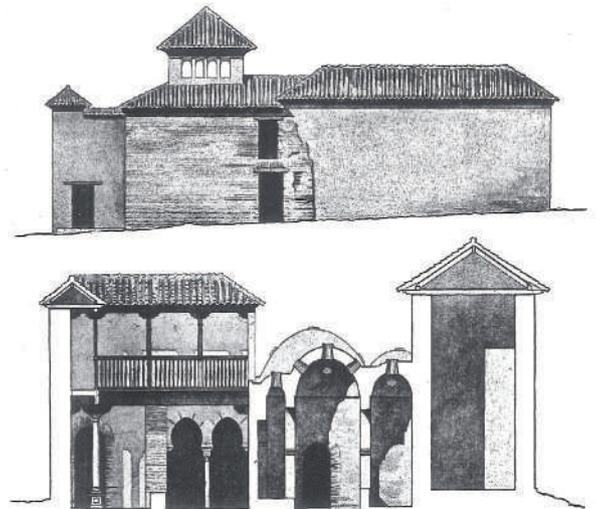
■ 2018-2022

*Stato attuale*



L'architetto decise di semplificare al massimo le strutture attorno al patio centrale così come quelle nel cortile principale - nella zona dei bagni - dove fu mantenuta la struttura a ballatoio, la balaustra e il sistema volumetrico generale, più per realizzare una quinta scenica che un vero e proprio edificio funzionale. Tuttavia, il lavoro di Torres Balbás e Prieto Moreno y Pardo costituisce una delle azioni più rilevanti di documentazione del complesso architettonico dei bagni. L'attuale configurazione del complesso architettonico in cui sono inseriti i bagni deve in larga parte la sua conformazione al progetto e alle attività condotte dai due architetti conservatori.

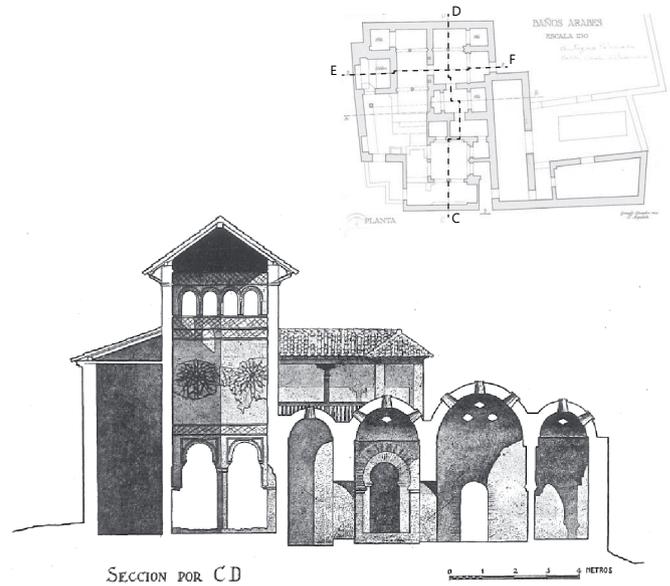
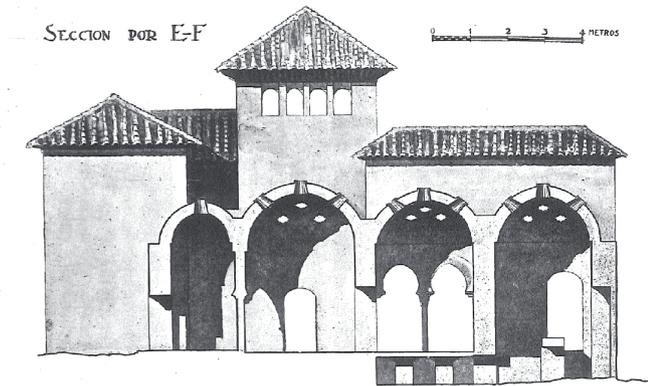
Se da un lato Torres Balbás fu l'architetto della demolizione della struttura che mascherava i bagni arabi - e della ricostruzione di questi sulla base delle tracce ritrovate -, Prieto-Moreno fu il vero promotore delle teorie di Torres Balbás. Nel 1972 progettò un museo dedicato ad Ángel Barrios, realizzato e poi inaugurato nel 1977, che fu annesso al sistema di visita museale del complesso architettonico alla fine del XX secolo e che è stato recentemente riabilitato dall'architetto Juan Domingo Santos.



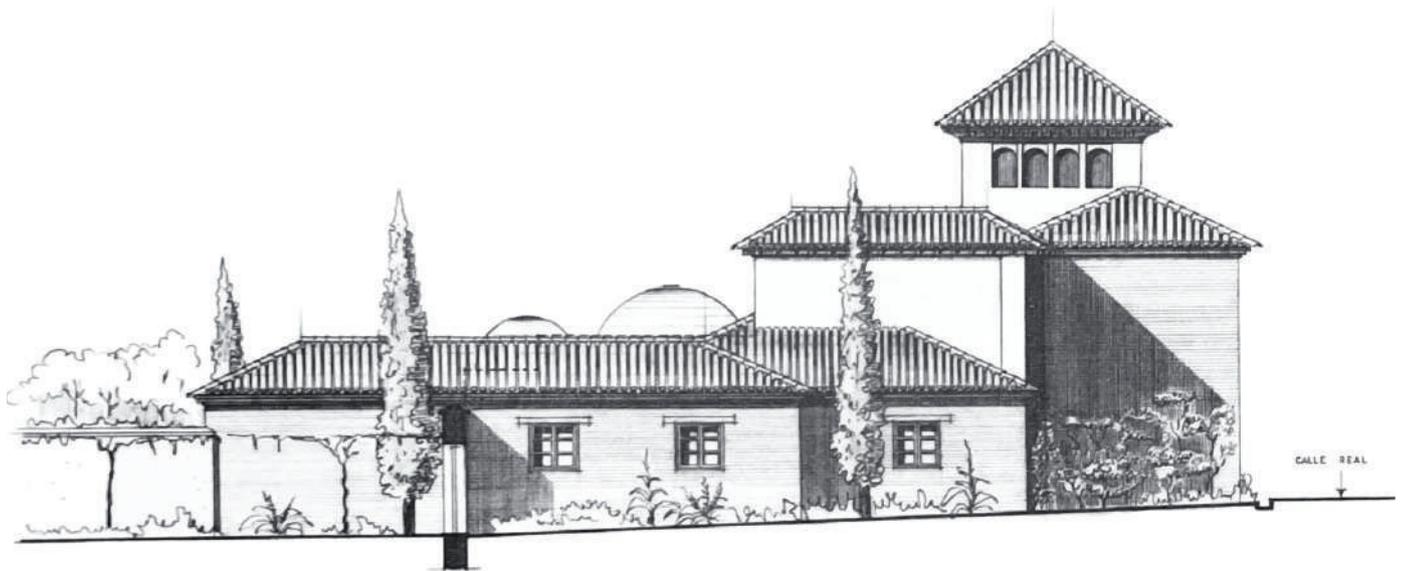
Prospetto prospiciente *Calle Real* e sezione longitudinale sul Patio, sul *Frigidarium* e su parte di casa Nazari (Disegni di A. del Valle per Torres Balbás, in *La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero*, 1945).



Elaborazione dello schema di sovrapposizione delle fasi storiche dell'edificio, effettuato per la progettazione dell'ampliamento museografico dall'architetto Juan Domingo Santos per il Patronato de la Alhambra y Generalife, Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico (Junta de Andalucía).



Sezione longitudinale E-F che attraversa il vano caldaie con il sistema ipocausto, le sale del *Caldarium* e *Tepidarium*; Sezione longitudinale C-D che rappresenta la lanterna, il *Frigidarium* e il *Tepidarium* dei bagni. (Disegni di A. del Valle per Torres Balbás per il progetto di restauro del condotto nel 1948, *Archivio APAG*).



Prospecto est, disegno del del progetto di ampliamento del 1973 (*Archivio APAG*).



## 1.6

## L'IMMAGINE ATTUALE DI UN MONUMENTO AL MARGINE

L'immagine dell'attuale *hammam* dell'Alhambra è il risultato delle trasformazioni e dei cambiamenti d'uso che nel tempo ne hanno modificato l'impianto originario.

Pur conservando pochi elementi della struttura originale, grazie ad un attento restauro l'edificio di epoca Nasride è in grado di rappresentare un efficace esempio di come si configurasse l'impianto dei bagni pubblici arabi.

Tuttavia, collocato in una porzione marginale rispetto al resto della cittadella palatina, l'edificio è oggi svincolato dai percorsi di visita a pagamento. All'interno del complesso monumentale, l'*hammam* della moschea si trova in un percorso di connessione tra il Palazzo Nazarì e il Palazzo del Generalife, e rappresenta una tappa poco attrattiva per i turisti, che spesso ne ignorano l'esistenza.

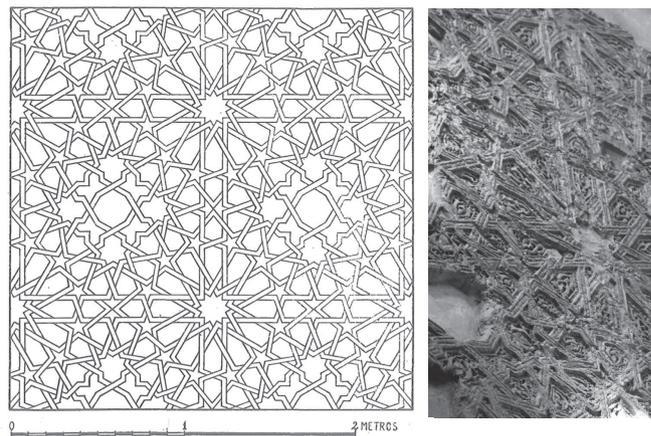
Recentemente è stato realizzato un intervento di riqualificazione del percorso di visita museale. Il progetto di recupero, iniziato nel 2019 e completato e inaugurato nel 2021, è stato coordinato e diretto dall'architetto Juan Domingo Santos. Gli spazi sono stati reinterpretati secondo un percorso diacronico, radicato nell'identità del luogo. L'obiettivo è stato quello di sottolineare il ritrovato valore della preesistenza architettonica e delle trasformazioni subite dall'edificio, evidenziando il forte legame storico tra l'edificio e la famiglia che, di questo luogo, ne fece la propria residenza.

Il progetto si divide in due interventi principali: un primo, che prevede l'ampliamento dell'area dell'edificio con l'annessione sul lato ovest di una nuova porzione dedicata al compositore e chitarrista Ángel Barrios; un secondo, che prevede la modifica del percorso di visita, in un *excursus* che vuole mettere in relazione l'identità del luogo con la storia recente. Per questo motivo è stato ripristinato l'accesso storico dell'*hammam* prospiciente la *Calle Real*.



Pagina a fronte e sopra: I bagni della Moschea nel contesto della *Calle Real*. Fotografie scattate nel marzo 2022.

Il percorso si snoda a partire dal piccolo corridoio che porta alla *qubba*, dove ancora oggi sono conservate le decorazioni in gesso con poligoni stellati e alcuni frammenti di *azulejos* in perfetto stile nazarì che, un tempo, rivestivano interamente le pareti della lanterna. La visita prosegue nel cuore dell'*hammam* attraverso un piccolo ambiente voltato in laterizio, che porta a quella che corrispondeva alle sale del *Frigidarium* e del *Tepidarium*; osservando la parete ad est è possibile vedere ancora oggi la sagoma dell'intervento di tamponatura dell'antica porta di accesso al giardino Alamedilla. Proseguendo sulla sinistra si giunge alla sala del *Caldarium* dove è conservato un capitello originale del XIV secolo, oltre a preziosi frammenti *azulejos* che decoravano la parete confinante con il vano caldaia. Proseguendo si accede al patio, in cui è ben conservato il ballatoio in legno con balaustra, colonne e travetti sapientemente incisi con



Disegno del dettaglio geometrico dell'intonaco in gesso della casa confinante con i bagni (Disegno di A. del Valle per L. Torres Balbás per il progetto di restauro del condotto nel 1948, *Archivio APAG*).



L'ingresso alla visita dei bagni ripristinato lungo la *Calle Real*. (© *Fotografia di Fernando Alda, https://divisare.com*).



Vista dei bagni dal giardino *Alamedilla*.

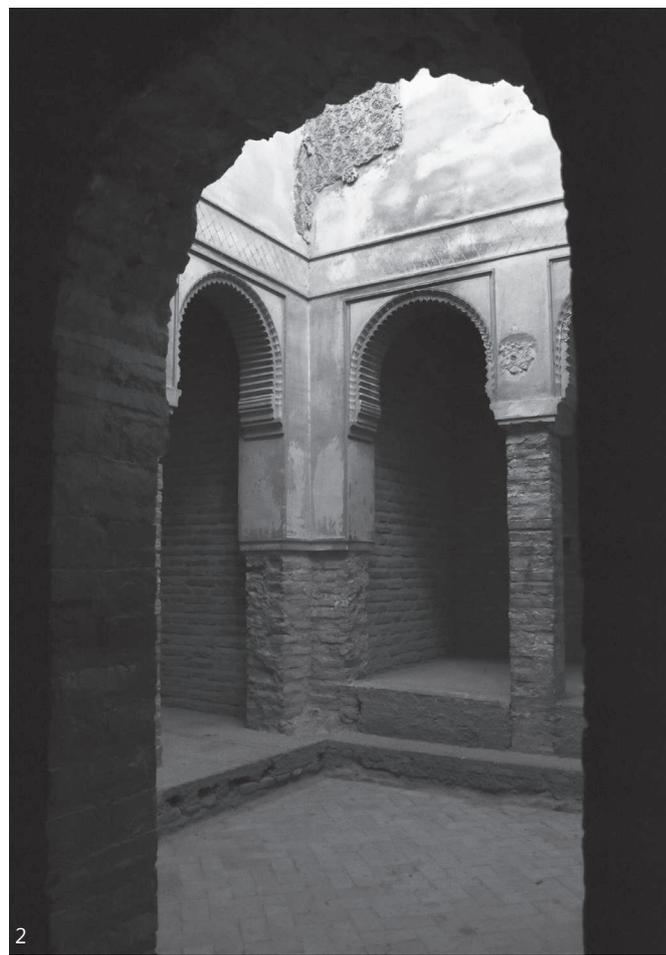
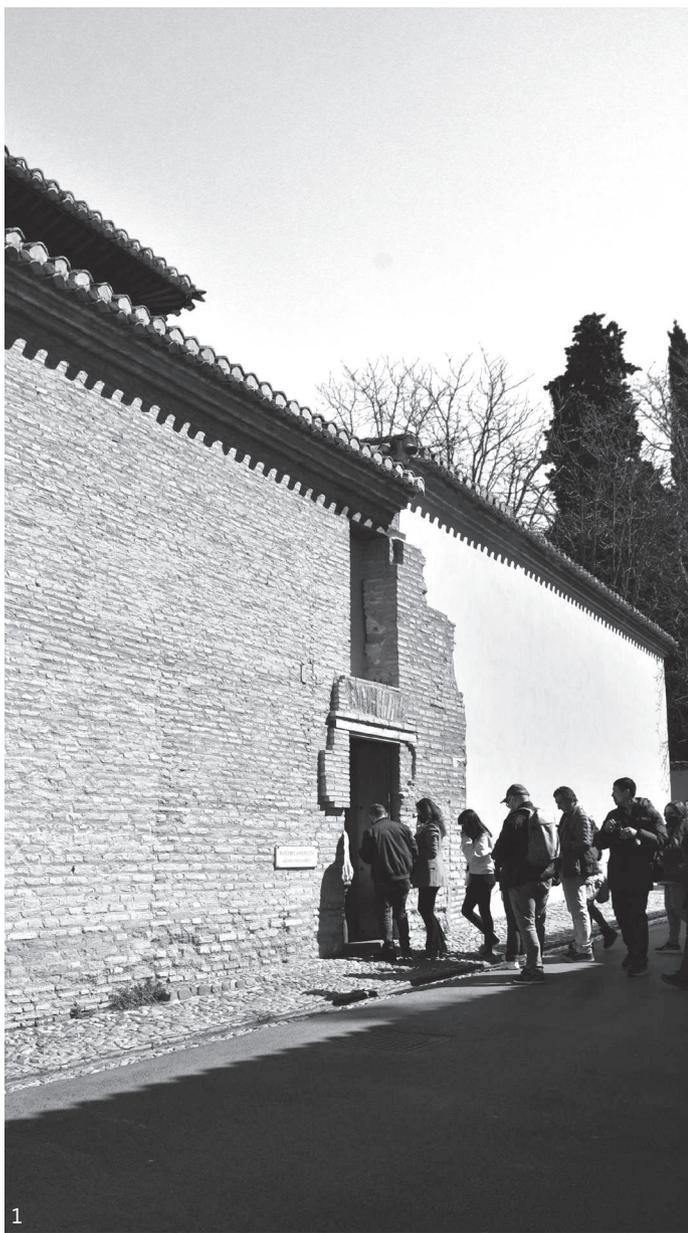
decorazioni in stile granadino, al quale attualmente non è più possibile accedere direttamente. A sostegno del ballatoio è posta una colonna presente anche nelle raffigurazioni storiche del 1934.

Recentemente è stata anche inaugurata una nuova porzione, a cui si accede sul lato sinistro del patio centrale. L'ala nuova è composta da tre ambienti contigui in cui è stato allestito un museo commemorativo intitolato all'artista Ángel Barrios. La musica dell'artista Ángel Barrios, il suono del pianoforte e della chitarra, risuonano nelle stanze tra quadri, fotografie, strumenti musicali, disegni, dipinti, acquerelli, spartiti e lettere dedicate da autori a questo importante musicista. Gli oggetti della famiglia Barrios, disposti sui tavoli originali della casa, ci avvicinano alla loro vita intima.

Al termine del percorso una grande finestra-belvedere si apre nell'ultima stanza del museo, davanti alla quale sono posti un tappeto con il disegno del bagno islamico e il pianoforte del musicista.

La casa Nazarì, il vano caldaia e il giardino *Alamedilla* retrostante non sono attualmente aperti al pubblico per motivi di sicurezza (data dell'ultima visita marzo 2022). Il giardino è oggetto di uno scavo archeologico in atto, durante il quale è stata riabilitata una vasca d'acqua proveniente da un antico palazzo islamico, destinata ad essere recuperata per la progettazione di un percorso di visita del giardino. Questo percorso permetterà di ripristinare la connessione con i giardini di *El Partal*, confinanti con l'area dei bagni.

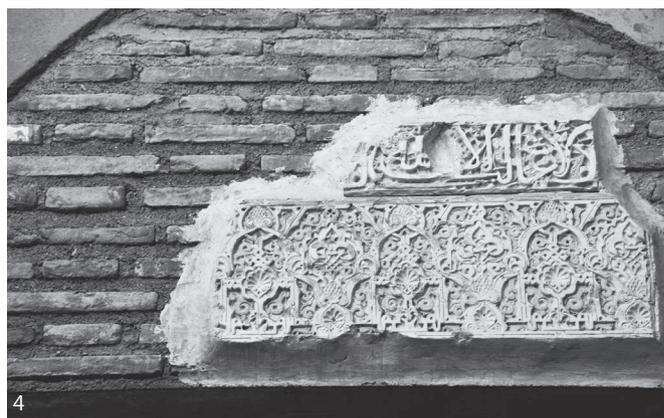
## INGRESSO DELL'HAMMAM



*APODYTERIUM*



## CASA NAZARÍ

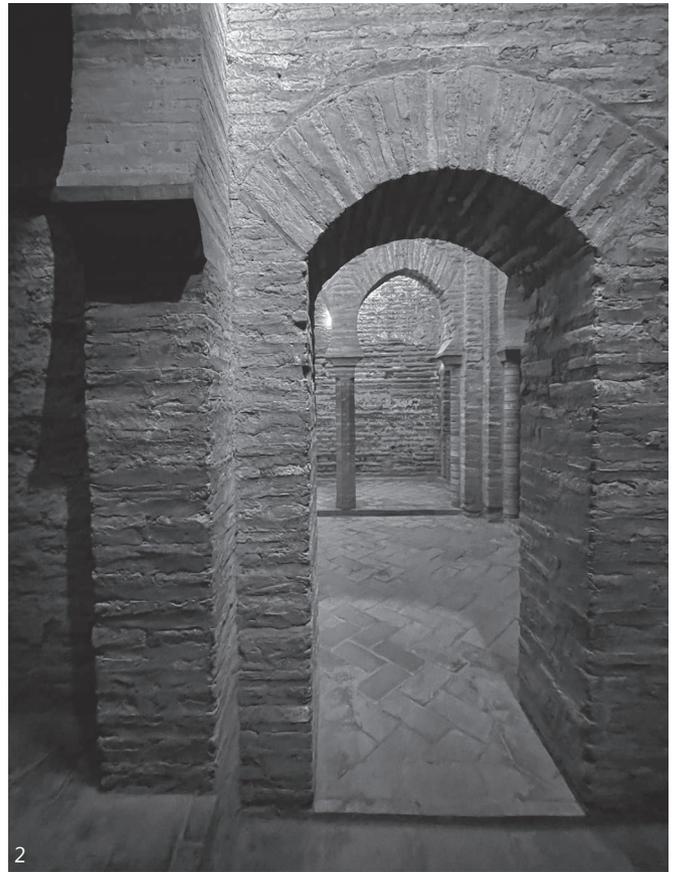
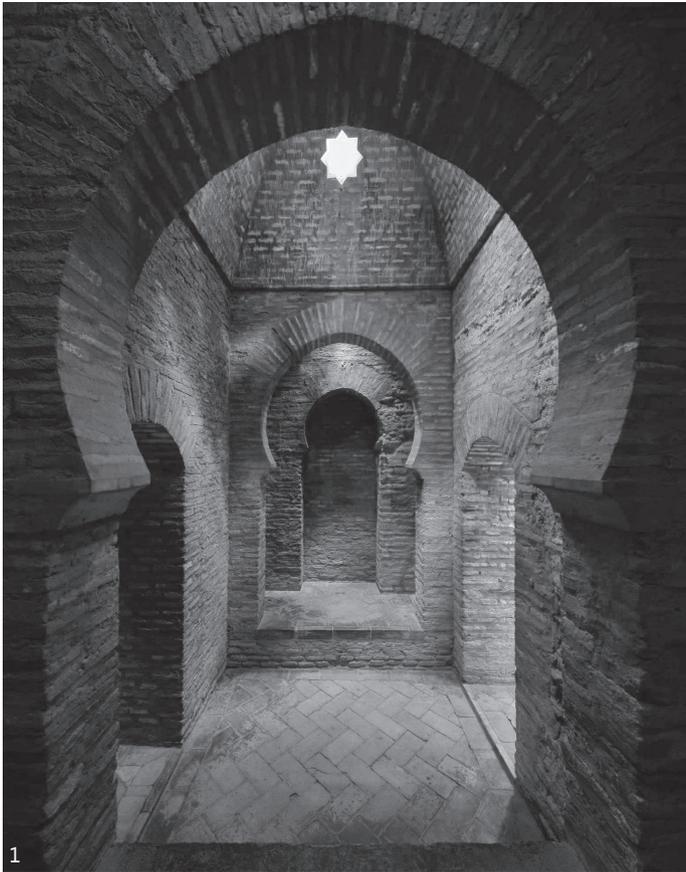
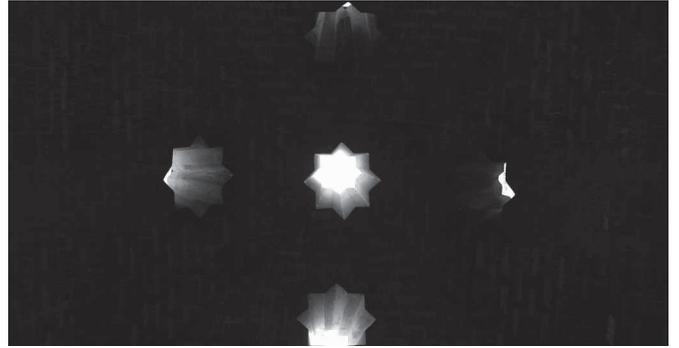




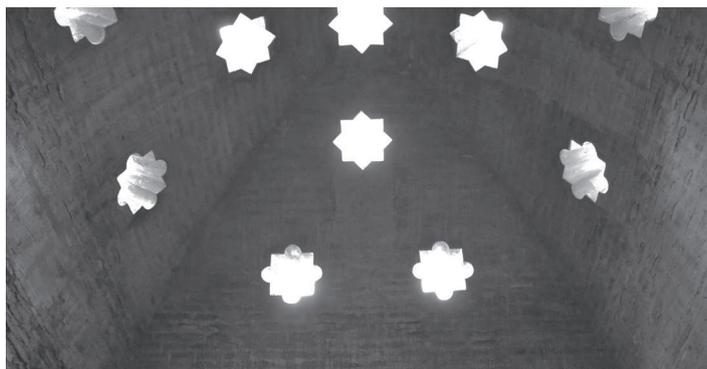
*APODYTERIUM*

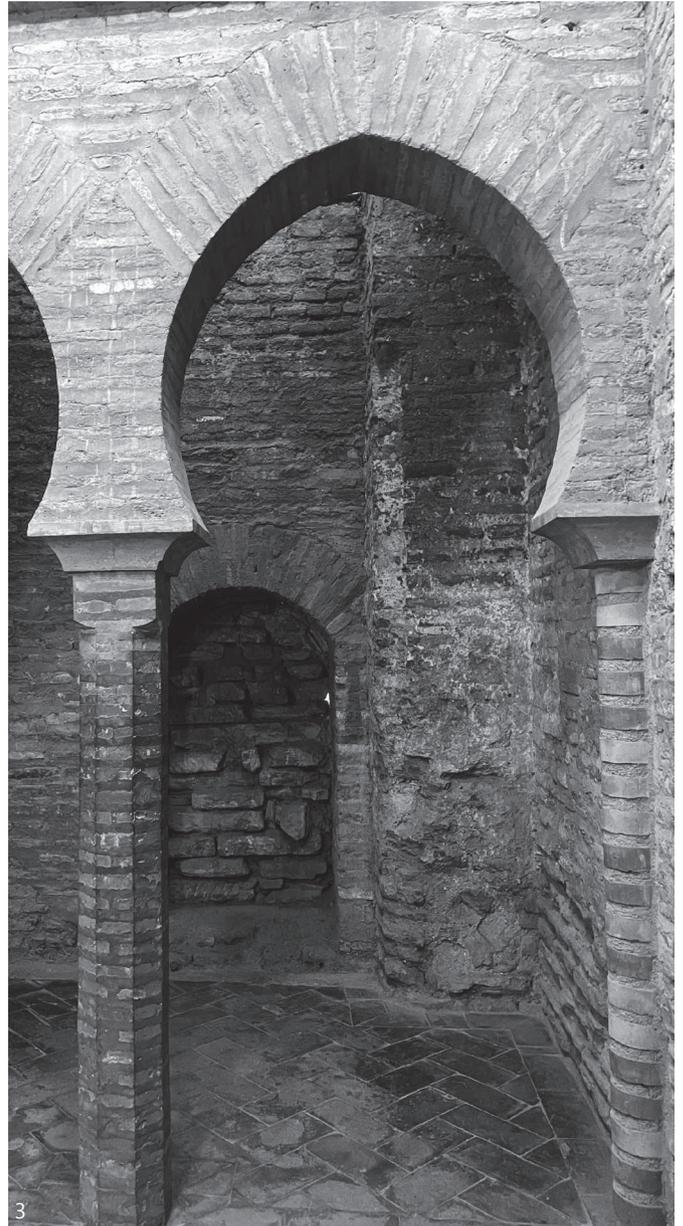


FRIGIDARIUM



*TEPIDARIUM*



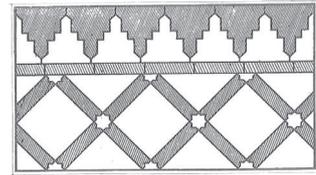




4

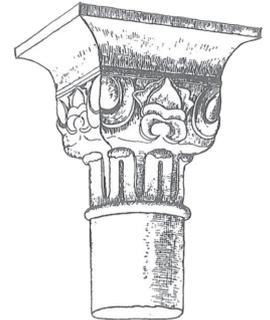


CALDARIUM



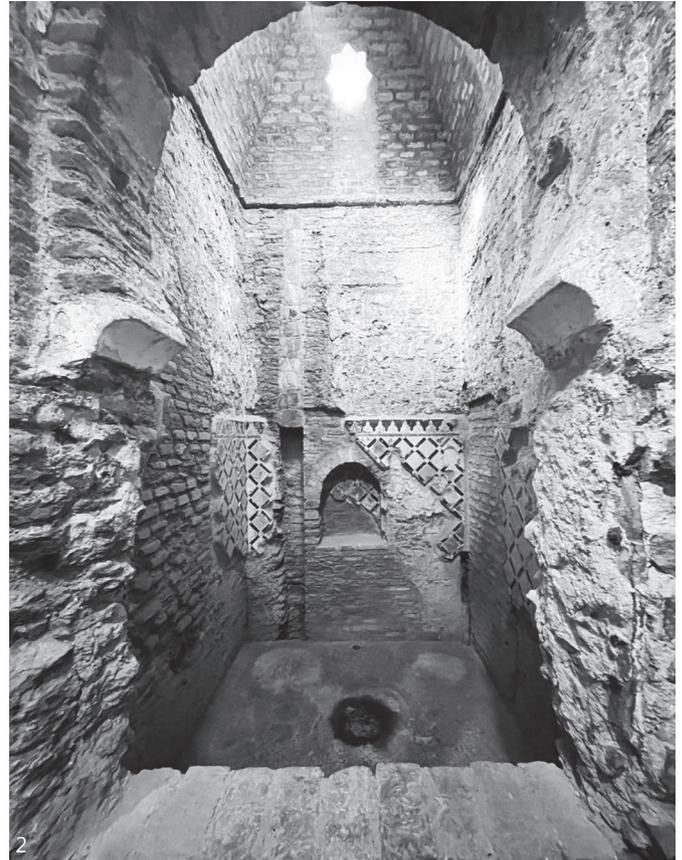
Granada. — Alhambra. Fragmento de zócalo de azulejos en el baño de la calle Real.

*Dibujo de Ambrosio del Valle.*



Granada. — Alhambra. Capitel del baño de la calle Real.

*Dibujo de Ambrosio del Valle.*

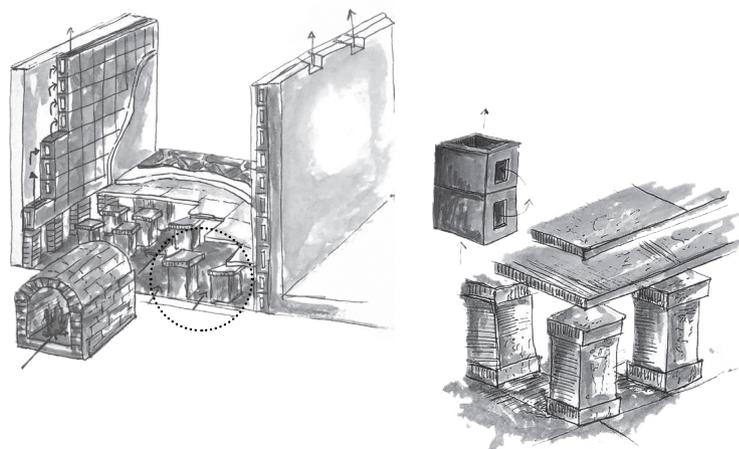


# PATIO





## SISTEMA IPOCAUSTO



GIARDINO ALAMEDILLA



## MUSEO LEGADO ÁNGEL BARRIOS



In questa pagina e nella successiva, immagini delle sale del percorso espositivo dedicato all'artista Ángel Barrios. Particolarmente suggestiva è la finestra che si apre verso il giardino *Alamedilla*, proiettando il pianoforte dell'artista in un palcoscenico rivolto verso il giardino. (© *Fotografía di Fernando Alda*, <https://divisare.com>).



## NOTE

1 *Hammām* (in arabo: *حمام*) significa letteralmente "fonte di calore". Nella cultura islamica con questo termine si indica il complesso architettonico termale in cui i musulmani effettuano il *ghuṣl* (lavacro maggiore) o il *wuḍū'* (lavacro minore) per conseguire la *ṭahāra* (purezza rituale), indispensabile per poter poi adempiere all'obbligo canonico della *ṣalāt* (preghiera) giornaliera (Bloom J. M., Blair S. S.; 2009, - edited by - *The Grove Encyclopedia of Islamic Art and Architecture*. Oxford: Oxford University Press).

2 *Apodyterion* (dal greco antico ἀποδυτήριον, "camera per spogliarsi") costituiva il vestibolo principale da cui i frequentatori delle terme potevano fare ingresso alla struttura termale. In questa sorta di spogliatoio erano collocati scaffali in legno o in muratura e, talvolta, solo semplici nicchie nelle pareti per riporre i propri abiti (Bloom J. M., Blair S. S.; 2009).

3 *L'iwan* (in arabo anche *liwān*) è un elemento architettonico di origine iraniana (rinvenuto per la prima volta in Mesopotamia, intorno al III secolo d.C.) che trova la sua diffusione nella tradizione dell'architettura islamica e che è generalmente posizionato all'estremità di un edificio pubblico, un moschea o una mandrasa. È costituito da una sala rettangolare, di solito voltata e murata su tre lati, con un'estremità completamente aperta. L'ingresso all'iwan avviene tramite la *pishtaqa*, ovvero un portale che sporge dalla facciata di un edificio, solitamente decorato con fasce di decorazioni calligrafiche, piastrelle smaltate e disegni geometrici (Bloom J. M., Blair S. S.; 2009).

4 Cfr. De Miranda A. (2010). *L'hammam nell'Islam occidentale fra l'VIII e il XIV secolo*. Italia: L'Erma di Bretschneider.

5 L'Islam vieta il bagno a conca perchè indice di scarsa pulizia. I lavaggi dovevano avvenire attraverso l'acqua corrente poiché le prescrizioni coraniche prevedevano che le abluzioni avvenissero per aspersione e non per immersione.

6 Il *laconicum* era la stanza contigua al *caldarium*. Si trattava generalmente di una stanza circolare con nicchie poste in corrispondenza degli assi diagonali. Era coperto da un tetto conico con un'apertura circolare nella parte superiore, la temperatura all'interno della stanza era regolata attraverso un braciere di rame ardente sospeso con catene, che permettevano di alzarlo ed abbassarlo a seconda del livello di temperatura richiesto. Le pareti del *laconicum* erano intonacate con stucchi di marmo e dipinte di blu con stelle dorate. (Cfr. De Miranda A.; 2010).

7 Con il termine *harara* si individua la sala più calda dell'impianto termale corrispondente al *Caldarium*. Era proprio in questa sala dell'*hammam*

che, a differenza delle terme romane, si potevano ricevere anche massaggi specializzati (Cfr. De Miranda, A.; 2010).

8 Cfr. De Miranda A. 2010.

9 Si fa riferimento alle descrizioni riportate da Torres Balbás L. nel suo volume *La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero*. Al-Andalus, vol. X, n° XVI, pp. 196-214, 1945.

10 La tassa a cui si fa riferimento è la *Jizya*, un'imposta in vigore dal periodo islamico fino al XIX secolo, che i non-musulmani, ovvero coloro non facenti parte della *Umma* islamica (*ahl al-dhimma*, "gente protetta"), dovevano pagare alle autorità (Frye R. N. (1962). *The Heritage of Persia*. Londra: Weidenfeld and Nicolson, pp. 228-229).

11 Si fa riferimento a Gómez Moreno M. (1892). *Guia de Granada*. Granada: Imprenta de indalencio ventura.

All'enorme successo che ebbe all'epoca il volume ha contribuito il fatto che sotto l'umile nome di 'guida' si nasconde uno dei contributi più importanti alla conoscenza dell'arte di Granada.

Ne venne realizzata anche una seconda edizione, per la quale Manuel Gómez Moreno e il figlio predisposero una serie di annotazioni e osservazioni. Queste vennero pubblicate in un volume separato, per non modificare la struttura originaria del libro, nell'edizione del 1982 dell'Università di Granada.

12 "Dalla demolizione sono stati rimossi 20.000 mattoni, secondo l'elenco dei materiali, numero che è buono per le dimensioni dell'edificio primitivo ma molto poco considerando l'estensione dell'edificio". Trad. Torres Balbás L. 1945, p. 35.

13 "La larghezza è stata calcolata raddoppiando quella dal *mihṛāb* alla parete laterale scoperta, per la lunghezza suppongo che il coro aggiunto ai piedi sia stato demolito dal muro che lo ha chiuso e poi quello che è stato costruito. La lunghezza totale della moschea allargata è dato in piedi - 131 = 36,68 metri - la mappa posizione disegnata da Juan de Herrera, ma questa e altre dimensioni che sono scritte in numeri in quel piano non reggono la lunghezza delle pareti delimitate, che rivela che non sono state prese con precisione o che le misure riportate non sono state disegnate in modo accurato per la scala". Trad. Torres Balbás L. 1945, p. 35.

14 *Mudéjar* è un termine spagnolo, utilizzato sia per definire i musulmani che rimasero in Spagna dopo la conquista cristiana, sia per lo stile artistico sviluppato dagli stessi per la prosecuzione dello stile moresco (garzantilinguistica.it).

15 Nel documento di gestione dei restauri erano elencate: "17 travi di pino intagliato lunghe 20 piedi, che provenivano dal pavimento del coro; 50 coppie del coro, pino scolpito, tempo cristiano e due coppie di travi di pino, gemellate e scolpite lunghe circa 20 piedi, dell'armatura del coro, e altre due travi dell'armatura, della stessa lunghezza. In un altro dei documenti viene riportato che il coro che stava ai piedi della moschea e nel suo prolungamento, di lunghezza eccessiva per un oratorio musulmano, in relazione alla sua larghezza, oltre che essere il naturale luogo di collocazione per un coro alto. Il risultato degli scavi sembra confermarlo, dal momento che nel muro che chiudeva l'edificio a sud-ovest, scoperto in gran parte, l'estremità più lontana della miniera è un po' più spessa rispetto al resto, come era naturale farlo per tenere il coro, e un piccolo pilastro è segnato alla congiunzione di quelle due parti, di larghezza disuguale". Trad. Torres Balbás L., 1945, p. 35.

16 Col termine *qibla* (in arabo: قِبْلَة) si indica la direzione della città de La Mecca e del santuario islamico della *Caaba* (*Ka'ba*) cui deve rivolgere il proprio viso il devoto musulmano quando sia impegnato nella *Salāt* (preghiera) (Cfr. Bloom J. M., Blair S. S.; 2009).

17 Il *mihrāb* (in arabo: مِحرَاب, plur. in arabo: مِحرَابَات, *maḥārīb*) è la nicchia che, all'interno di una moschea o di un edificio, indica la direzione (*qibla*) della Mecca dove si trova la *Ka'ba* (Cfr. Bloom J. M., Blair S. S.; 2009).

18 La descrizione della conformazione della moschea originaria è descritta nel volume di Torres Balbás L. (1945), p. 37. Si trovano comunque altri documenti, ai quali lo stesso Torres Balbás ha fatto riferimento. Per approfondimenti confrontare anche Marçais W., Marçais G. (1903). *Les monuments arabes de Tlemcen*. Parigi: Albert Fontemoing, pp. 170-184; ma anche Marçais G. (1909). *Album de pierre, plâtre et bois sculptés*. Algeri: Adolph Jourdan, pp. 61-73, e Saladin H., Migeon G. (1907). *Manuel d'art musulman, L'Architecture II*. Parigi: Librairie Alphonse Picard et Fils, p. 483.

19 In uno dei documenti dell'*archivio di Diezmos* si afferma che Pedro de Morales "abbatté tutti gli archi delle chiese e tirò fuori intere colonne che erano integre e sane con i loro capitelli, senza basi perché le basi per il carico erano stati fatti pezzi senza profitto e sono stati lasciati al loro posto." In un secondo documento, si legge che sono presenti "... otto colonne di 7 piedi (1,96 metri) di lunghezza: 6 di diaspro e 2 di marmo bianco, tutti con le loro capitelli, e due basi di queste che erano solide, per il resto...(si dice ancora)...furono spezzate dal peso". I resti di tali colonne furono poi venduti. Si suppone, inoltre, "... che gli archi di separazione della navate fossero tre per ciascun lato, prendendo in considerazione la posizione della base trovata, che credo fosse leggermente spostata dalla sua sede primitiva, e le dimensioni dell'oratorio, nel qual caso

corrispondevano quattro delle otto colonne corrispondenti a ciascun arcata". Trad. L. Torres Balbás, 1945, p. 37. L'*archivio Diezmos* era un archivio presente in ogni città spagnola che raccoglieva i pagamenti di un'imposta che veniva pagata alla chiesa, tra i documenti dell'archivio, di Granada si ritrovano informazioni anche circa le opere architettoniche costruite in quel periodo. (Cfr. Hernández Benito P. (1995). *Alcabalas y Diezmos. Economía y estructura del poblamiento en la vega de Granada a través de las fuentes fiscales castellanas (1501-1506)*. In: *Arqueología Y Territorio Medieval*, 3, 65–90. <https://doi.org/10.17561/aytm.v3i0.1625>)

20 Cfr. Torres Balbás L., 1945, p. 31.

21 Leggendo i documenti conservati all'interno dell'*Archivio di Diezmos*, si contano sei porzioni di colonne di 3, 4 e 5 piedi ciascuna, che erano posizionate sotto il coro, nei pressi del muro, senza basi o capitelli. (Trad. Torres Balbás L., 1945, p. 37. Cfr. Hernández Benito P. (1995). *Alcabalas y Diezmos. Economía y estructura del poblamiento en la vega de Granada a través de las fuentes fiscales castellanas (1501-1506)*. In: *Arqueología Y Territorio Medieval*, 3, 65–90. <https://doi.org/10.17561/aytm.v3i0.1625>).

22 "La larghezza delle navi dal piano di scavo, è stata dedotta assumendo, che la base trovata era approssimativamente al suo sito originale. Le catene dell'armatura della navata centrale avevano, secondo le carte di Diezmos, 20 piedi = 5,60 metri di lunghezza, in un altro luogo elencato con 18 5.04-, come il ferro quattro posto dopo la conquista. La differenza di 90 centimetri tra i 4,70 metri di larghezza della navata principale e i 5,60 metri delle cinghie, sarebbe l'inserimento di quelle all'interno del muro. Per la larghezza delle navi laterali ci sono i dati delle sedici coppie di ferro di 14 piedi = 3,92, 77 centimetri in più rispetto ai 3.15 dedotti dallo scavo". Trad. Torres Balbás L., 1945, p. 38.

23 Cfr. Ramos Jiménez I. (2015). *Ángel Barrios y Granada: la estela de una época*. Spagna: Patronato de la Alhambra y Generalife, p. 272.

24 *Ibidem*.

25 Cfr. Maldonado P. B. (1975). *Estudios sobre la Alhambra*. Spagna: Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General del Patrimonio Artístico y Cultural, Patronato de la Alhambra y Generalife: distribuito per el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada.

26 L'aspetto più interessante di Modesto Cendoya coincide con la sua nomina a direttore dell'Alhambra, con Regio Ordine del 1 maggio 1907, carica che ricoprì in sostituzione di Mariano Contreras (1890-1907) fino alla destituzione del suo incarico nel 1923. Fu accusato di negligenza e di essere causa di numerosi ed irreparabili danni archeologici.

Fu sostituito nella direzione e conservazione dell'Alhambra da Leopoldo Torres Balbás (1923-1936), chiudendo così la fase più conflittuale della storia contemporanea dell'Alhambra. Torres Balbás, a sua volta, fu destituito il 25 agosto 1936, da parte della milizia dei ribelli. Il suo ruolo venne affidato a Francisco Prieto-Moreno, giovane architetto che aveva collaborato con il madrileno e che conosceva bene il metodo di intervento del suo predecessore.

27 Cfr. Romero Gallardo A. (2014). *Prieto-Moreno: arquitecto conservador de la Alhambra (1936-1978): razón y sentimiento*. Spagna: EUG, pp. 151-158.

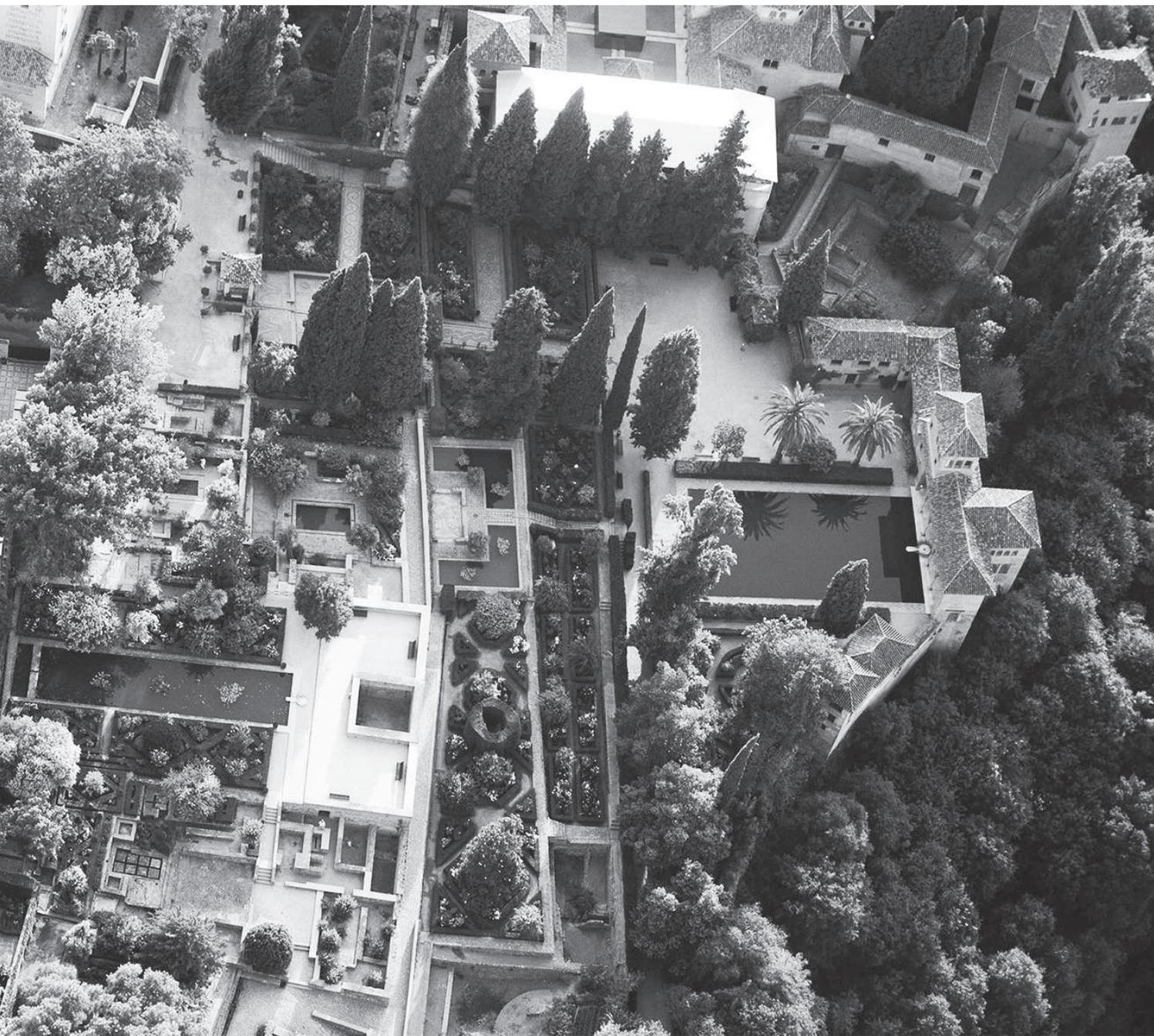
28 I *taqa* sono tra gli elementi decorativi architettonici più rappresentativi di molti palazzi dell'Alhambra. Si tratta di piccole nicchie, normalmente scolpite nelle pareti di numerosi ambienti dei palazzi Nasridi. Sono poste una di fronte all'altra all'interno degli archi di accesso alle stanze.

29 Cfr. Torres Balbás L. (1945), p. 55.

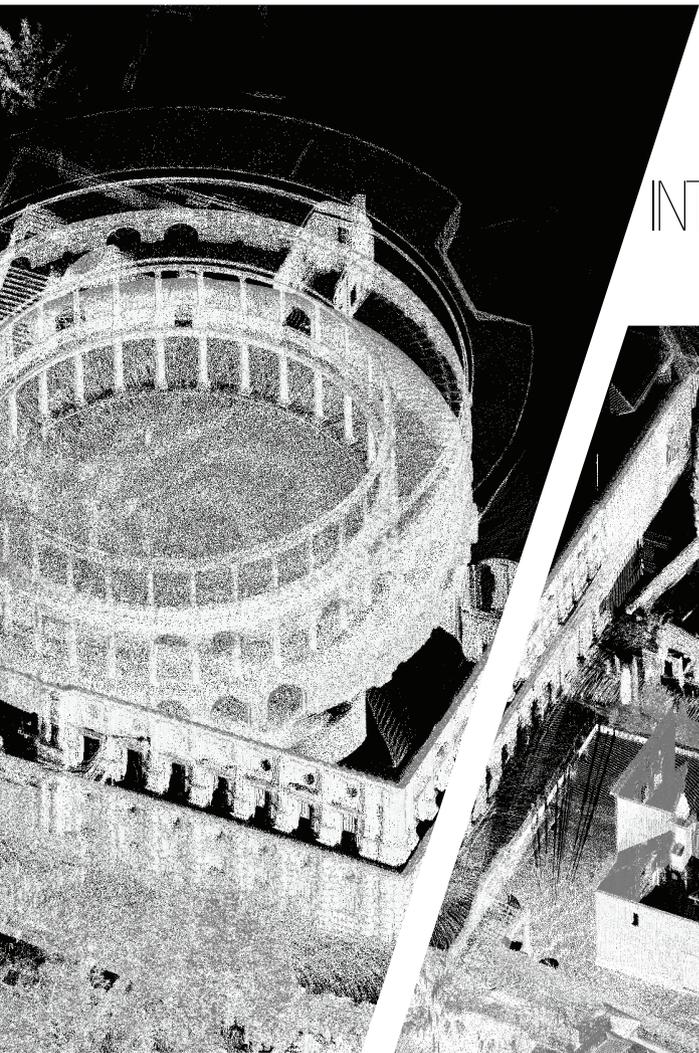
30 *Ibidem*.



L'hammam della moschea e il giardino di Yusuf III nell'area del Palazzo Partal. (© Miguel Ángel Molina, <https://afasiaarchzine.com>).



METODOLOGIE DI RILIEVO  
INTEGRATO PER LA DOCUMENTAZIONE  
DEI BAGNI DELLA MEZQUITA



2

## 2.1

# DATABASE DIGITALI PER LA TUTELA DELLA MEMORIA E DEL PATRIMONIO

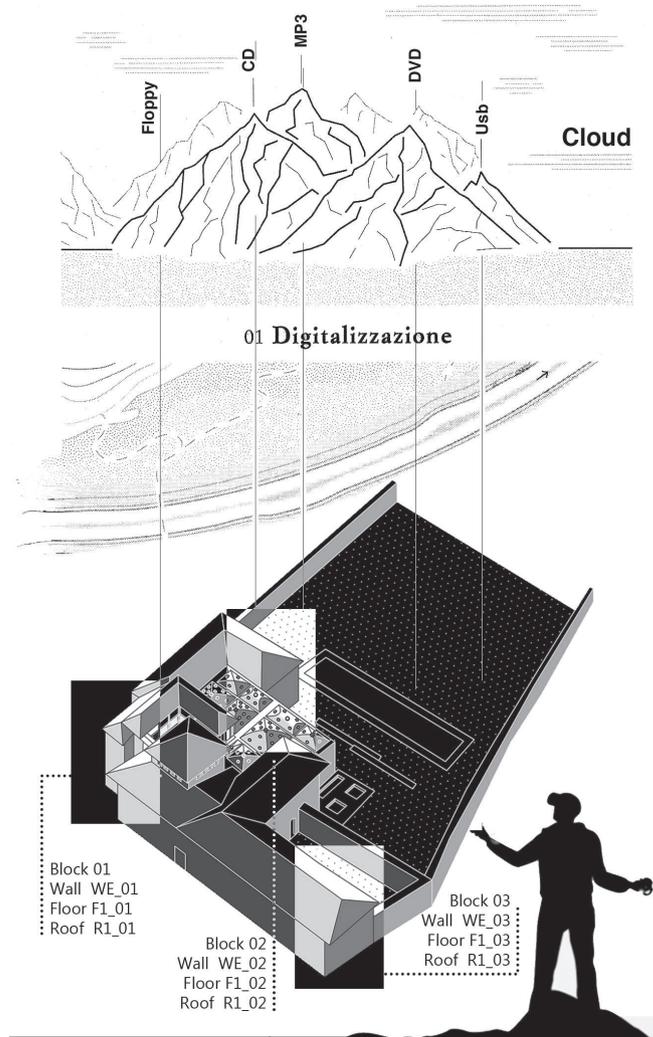
*"Se con Copernico abbiamo compreso che non è affatto la terra il centro dell'universo, anche se guardando le cose sembrerebbe proprio così, bisogna anche comprendere che non sono affatto le tre dimensioni che caratterizzano gli esseri umani, il centro dell'architettura. Noi non viviamo affatto in una sorta di bolla tridimensionale in cui tutto si colloca e che noi e il nostro corpo guardano e controllano, ma esistono altre dimensioni, altri spazi, altri bagagli informativi! Convivono insomma, una serie di mondi paralleli, alcuni passaggi, alcuni spiragli, alcune "proiezioni", alcuni salti tra mondi diversi. Segue l'ovvia conseguenza per gli architetti che si occupano di Information Technology. Se l'informazione è la materia prima dell'architettura in questa fase storica e se lo spazio informazione come progettiamo questa nuova coscienza?"*

*Antonino Saggio, 2010.<sup>1</sup>*

Le discipline della Rappresentazione, del Rilievo Architettonico e del Disegno, con l'utilizzo delle tecniche digitali hanno aggiornato i protocolli per la rappresentazione di ambientazioni storiche, città, luoghi e monumenti.

Le ricerche del settore scientifico disciplinare del Disegno sono orientate allo sviluppo di protocolli metodologici per qualificare e rappresentare modelli affidabili attraverso i quali, oltre a poter preservare l'immagine del patrimonio, sia possibile analizzare la stessa mediante banche dati e raccogliere informazioni che la qualificano tramite strutture discrete.<sup>2</sup>

La "Carta per la conservazione del patrimonio digitale"<sup>3</sup>, adottata nel 2003 durante la Conferenza Generale UNESCO, riconosce e definisce le modalità di utilizzo dei modelli digitali per la preservazione e la valorizzazione del patrimonio. Secondo l'art. 1 "Il patrimonio digitale è un'insieme di risorse insostituibili di conoscenza ed espressione umana. Esso comprende risorse culturali, formative, scientifiche e



L'evoluzione del digitale nei principali sistemi di archiviazione dati.



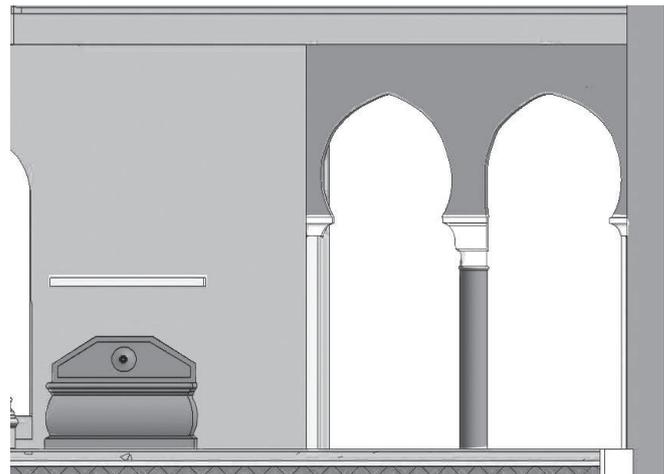
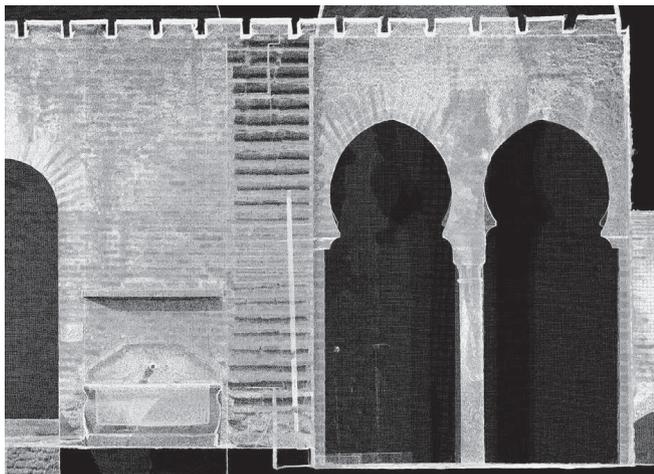
L'evoluzione del digitale nei sistemi di rappresentazione architettonica: dalle fotografie storiche analogiche alle immagini digitali.

*amministrative, come anche informazioni di natura tecnica, giuridica, medica e di altro genere, create in digitale, o convertite in forma digitale a partire da risorse analogiche già esistenti. [...] Molte di queste risorse hanno valore e significato duraturi e costituiscono pertanto un patrimonio che deve essere protetto e conservato per le generazioni attuali e future. Questo patrimonio in continua espansione può esistere in qualunque lingua, in qualunque parte del mondo e in qualunque sfera della conoscenza o dell'espressione umana.*<sup>4</sup> La carta sottolinea l'importanza di attuare politiche mirate alla conservazione del patrimonio digitale attraverso azioni che ne permettano l'archiviazione, onde evitare il rischio di perdita di dati, garantendo una continuità del patrimonio digitale stesso.

Si legge all'articolo 5: *"Per conservare il patrimonio digitale sarà necessario prendere misure adeguate relative all'intero ciclo di vita dell'informazione digitale, dalla creazione all'accesso. La conservazione a lungo termine del patrimonio digitale ha inizio con la progettazione di sistemi e procedure affidabili per la produzione di oggetti digitali autentici e stabili."*<sup>5</sup> La fragilità del materiale digitale è stata sottolineata anche all'interno delle "Linee guida sulla conservazione dei documenti informatici" pubblicate nel 2015 dall'Agenzia per l'Italia Digitale.<sup>6</sup>

L'art. 43 del CAD<sup>7</sup> stabilisce che *"I documenti informatici di cui è prescritta la conservazione per legge o regolamento sono conservati "in modo permanente con modalità digitali" nel rispetto delle regole tecniche. Pertanto la produzione di documenti informatici implica la loro conservazione "informatica" e pone in evidenza la necessità di evolvere anche la tradizionale funzione conservativa. La capacità di conservare digitalmente un bene costituisce un fattore fondamentale per la sostenibilità del processo di dematerializzazione, poiché permette di renderlo autentico e accessibile anche nel lungo periodo, come avviene per i documenti cartacei. Senza questa garanzia non è possibile ipotizzare una reale diffusione del processo di dematerializzazione. Relativamente al patrimonio costruito, la realizzazione di archivi strutturati e la loro messa a disposizione costituisce uno strumento indispensabile per tutte le pubbliche amministrazioni."*<sup>8</sup>

Se da un lato l'avanzamento della tecnologia permette un'estensione massiva della quantità e della qualità dei dati raccolti, ottimizzando i modelli digitali e l'esportazione di *database* in diversi formati e rivoluzionando il rapporto con i luoghi e il patrimonio, dall'altro bisogna mantenere salda la consapevolezza che per loro natura le risorse digitali



Dall'elaborazione di nuvole di punti morfometricamente affidabili alla strutturazione di modelli informativi e parametrici.

sono sottoposte ad un continuo e inevitabile processo di trasformazione che potrebbe in futuro negare l'accesso alle risorse. Un fenomeno che ha un carattere fisico oltre che tecnologico e temporale. Basti pensare alla rivoluzione dei sistemi di archiviazione comunemente utilizzati: in un tempo relativamente breve i supporti fisici, "contenitori", costituiti da *floppy disk*, CD e DVD sono stati sostituiti da memorie su *Hard Disk*, USB, schede SD, attraverso un processo di smaterializzazione in sistemi di archiviazione *web-based drive on cloud*.

La sostituzione dei "contenitori" ha imposto che i dati "contenuti", per poter esser mantenuti, subissero una trasformazione e ha prodotto come conseguenza non irrilevante che chiunque si sia confrontato con un problema di gestione e archiviazione della memoria in ambito digitale. Chiunque utilizzi un computer o un telefono si è trovato infatti, necessariamente, a dover gestire un processo di conservazione di dati attraverso una meccanica di conversione e trasferimento.<sup>9</sup>

Per salvaguardare un contenuto digitale è necessario tenere in vita i *bit* attraverso un processo di continue migrazioni in formati e su supporti aggiornati e suscettibili di inevitabili aggiornamenti.

Per Walter Benjamin "*Abitare è lasciare tracce, e le tracce sono l'impronta della memoria*".<sup>10</sup> Le tracce trovano nuovi percorsi grazie alle tecnologie digitali e, attraverso la loro proiezione nello spazio digitale, possono essere raccontate nella continua ricerca di aumentare la probabilità del ricordo, della condivisione e della conoscenza.

La necessità di generare una memoria digitale del patrimonio storico, per garantirne l'archiviazione, ha coinvolto le discipline del disegno e del rilievo, integrando, all'interno dei protocolli delle tecniche tradizionali, della scienza, della misura e dalla rappresentazione, l'utilizzo di tecnologie per la riproduzione di modelli *reality-based* in forma di nuvole di punti, vettori, e superfici. Gli strumenti di documentazione digitale, oggi a disposizione, permettono di acquisire dati qualitativamente sempre più accurati in tempi sempre più contenuti, consentendo la ricostruzione di geometrie complesse. Questo ha comportato anche una crescita eccessiva di dati, una sovrabbondanza informativa, che porta al rischio di non aumentare il livello di intelligibilità delle rappresentazioni prodotte ma, al contrario, di renderne più difficoltosa la lettura complessiva.<sup>11</sup>

## 2.2

# EVOLUZIONE, RIVOLUZIONE E INVOLUZIONE DEL RILIEVO DIGITALE TRA *PERFORMANCE*, CONTRASTI E OPPORTUNITÀ

Le tecnologie di acquisizione strumentale si stanno evolvendo di pari passo con i *software* di rielaborazione dei dati acquisiti. Sono molte le soluzioni che sono state sviluppate per il miglioramento della qualità e della gestione dei contenuti digitali da strumenti che usano sistemi *range-based* e *image-based*<sup>12</sup>, generando prodotti diversificati che convergono nella produzione di modelli con differenti qualità informative.

La ricerca sullo sviluppo di modelli 3D per la rappresentazione del patrimonio architettonico sta ampliando i propri orizzonti e sviluppando nuove potenzialità nell'ambito dell'arricchimento informativo. Nello specifico, la richiesta di annessione informativa apre riflessioni sulle questioni scientifiche e di metodo che spaziano dalla scelta degli strumenti di acquisizione dei dati all'utilizzo e alle tecniche di rappresentazione di questi. Lo studio delle metodologie e degli strumenti "*deve porre attenzione anche alle specifiche problematiche cognitive appartenenti alla rappresentazione architettonica per tener conto del collegamento tra percezione e fondamenti semiotici della comunicazione.*"<sup>13</sup> L'acquisizione metrica digitale del patrimonio costruito, sia condotta mediante tecnologie laser scanner o tecniche fotogrammetriche di tipo *Structure from Motion*, si conferma come la fase iniziale nella quale si definisce il dato sul quale poter orientare le attività di modellazione digitale ricostruttive per la conservazione del patrimonio storico-architettonico.

Sebbene le tecniche di raccolta dati siano ora molto efficienti e orientate verso l'automatizzazione dei processi, i metodi di rappresentazione digitale, attraverso la *pipeline* di rielaborazione critica dei dati, richiedono, nonostante lo sviluppo di *software* avanzati, tempi e sensibilità specifiche.

La rappresentazione di un oggetto architettonico non può dunque sottrarsi all'azione di comprensione del dato acquisito e alle successive traduzione, lettura ed interpretazione.

I *database* informativi attuali, ottenuti sulla base di rilievi digitali, si configurano come una base conoscitiva metricamente affidabile, necessaria alle pratiche di conservazione, visualizzazione e analisi digitale del costruito. Diviene quindi fondamentale la scelta del dispositivo di acquisizione, in relazione agli obiettivi che si vogliono perseguire.

Le caratteristiche strumentali più influenti, in questo senso, sono: risoluzione, accuratezza, tempi e disponibilità della *texture* RGB dei punti.

Così, come si ripete nella modellazione digitale, il nodo della definizione del progetto di rilievo è comprendere quale livello di dettaglio si vuole raggiungere e per quale scopo.

Occorre definire *in primis* a che macro categoria appartiene l'oggetto studio (scala urbana, edificio o particolare costruttivo) e, in conseguenza, a quali letture saranno soggetti i dati acquisiti (volumetriche, definizione delle superfici, strutturali, analisi materiche, ecc.).

L'avvento dei sistemi di modellazione informativa ha incentivato lo sviluppo di tecnologie rivolte alla digitalizzazione *fast 3D* promuovendo la progettazione di strumenti per l'acquisizione dei dati che mirano alla riduzione dei tempi di acquisizione pur mantenendo una buona qualità del livello di dettaglio della superficie morfologica. Strumenti che nascono per l'approccio definito *Scan-to-BIM*, secondo il quale il dato geometrico viene derivato direttamente dalla nuvola di punti o attraverso processi di riconoscimento automatico tramite specifici *software* o tramite l'estrusione e la modellazione di componenti locali all'interno del progetto di modello, senza ricorrere a librerie di oggetti precostituite.<sup>14</sup>

Per quanto i processi di automatizzazione riescano nella riduzione sensibile dei tempi dedicati all'acquisizione e alla rielaborazione dei dati, è necessario un attento controllo critico delle diverse fasi da parte dell'operatore per garantire

l'accuratezza delle informazioni morfometriche elaborate grazie ad azioni di verifica e ottimizzazione della trama del modello.

Gli strumenti anno dopo anno si avvalgono di sensori più performanti e, parallelamente, si affinano le tecniche, rendendo così i processi, dall'acquisizione dei dati alla loro rielaborazione, sempre più automatizzati. Lo scopo è quello di definire procedure a basso costo basate sui concetti del rilievo tradizionale estesi all'acquisizione strumentale, riducendo tempistiche e offrendo all'*end-user* un prodotto "facile" da usare e garante di un risultato affidabile dal punto di vista metrico.<sup>15</sup>

Le soluzioni di tipo mobile, in particolare, favoriscono l'acquisizione estensiva dei dati agevolando e riducendo il tempo da dedicare alle attività sul campo.<sup>16</sup> Al fine di superare il problema del fattore tempo, rendendo così possibili operazioni di documentazione prima difficilmente sostenibili, sono disponibili sul mercato diverse soluzioni portatili per sistemi di mappatura rapida e ravvicinata basate su tecnologia SLAM.<sup>17</sup> Tali strumenti attuano una sovrapposizione dei dati localizzando e mappando simultaneamente la scena, permettendo così contemporaneamente di stimare la posizione dello strumento nello spazio generando un modello digitale della scena rilevata. A queste soluzioni, si aggiungono i veicoli aerei senza equipaggio (UAV) che consentono di acquisire immagini fotografiche o di condurre scansioni a bassa quota e che, negli ultimi anni, stanno rivoluzionando le pratiche di documentazione dei beni culturali.

I dati acquisiti da laser mobile o da droni, se comparati agli output delle nuvole di punti elaborate da laser terrestri a postazione fissa, presentano soventi un livello di dettaglio inferiore. Tuttavia è possibile garantire un'adeguata qualità metrica della nuvola di punti 3D finale operando attraverso

la progettazione programmata delle traiettorie di ripresa e prevedendo l'integrazione del dato attraverso rilievi puntuali finalizzati all'acquisizione del dettaglio.

Si noti come l'avvento di queste tecnologie fast stia rompendo la barriera dell'esclusività: le tecniche di documentazione digitale, sinora riservate ad operatori specializzati, risultano oggi accessibili anche a utenti non esperti, che possono disporre di app dedicate direttamente sul proprio tablet o sul proprio telefono.

I LiDAR sono alla portata di tutti, basta pensare che è stata inserita, a partire dalla versione Apple Ipad 2020 o Iphone 12pro, una tipologia di LiDAR *low cost* direttamente su questi dispositivi. Mediante applicativi dedicati è possibile condurre delle scansioni dell'ambiente, di dettagli o porzioni di edifici (in genere hanno una portata strumentale di circa 5m). I modelli generati sono caratterizzati da una maglia mesh molto rada ma, se opportunamente impiegati, anche questi strumenti consentono di definire modelli di massima degli ingombri e delle geometrie caratterizzanti lo spazio. La tecnologia di misurazione diventa in hand, come è già avvenuto con la diffusione delle camere digitali installate su tutti gli smartphone presenti in commercio, che hanno reso il gesto dello scatto fotografico e della registrazione video una pratica quotidiana. Anche la realizzazione di modelli 3D *reality based* semplificati, rischia così di diventare azione popolare, entrando a far parte delle tendenze social *smart*.

Come per la fotografia, tale popolarità non dovrebbe ledere la qualità, ma piuttosto generare un maggior senso critico comunitario. Tale diffusione potrebbe semmai valorizzare quei tecnici specializzati in rappresentazione di modelli reality based, che si avvarranno comunque di metodologie e strumentazioni specifiche. L'avanzamento tecnologico tende ad uniformare e standardizzare le competenze e scattare una bella foto con

il proprio telefono non ha il significato implicito di essere fotografo di professione. Come fa notare Sebastião Salgado<sup>18</sup> all'interno di una intervista rilasciata nel 2017<sup>19</sup>:

*"La fotografia è come uno specchio della nostra società, per saperla però rappresentare attraverso lo scatto fotografico il fotografo deve studiare, deve avere la coscienza e la comprensione dell'esperienza che sta vivendo in prima persona per avere consapevolezza dell'esperienza e catturare nelle immagini delle rappresentazioni non sterili, ma arricchite di un significato, un messaggio che solo in questo modo diventa tangibile nell'immagine stessa".*

### MODELLI REALITY-BASED PER LA NARRAZIONE DEL PATRIMONIO

#### Terrestrial Laser scanner - FARO S150 Focus



##### Specifiche tecniche

Velocità di misurazione (pts/secondo)	122.000/244.000/488.000/976.000
Range di errore	± 1 mm
Accuratezza angolare	19 arcsec per angoli verticali/ orizzontali
Accuratezza di posizionamento 3D	10 m: 2 mm/ 25 m: 3.5 mm
Sensori	GPS, bussola, altimetro
Camera integrata RGB	
Risoluzione	165 megapixel color
High Dynamic Range (HDR)	Esposizione 2x, 3x, 5x
Peso	4,3 Kg

#### Mobile laser scanner - KAARTA Stencil



##### Specifiche tecniche

Range	100m / 328 ft
Data Rate	300000 punti al secondo
Campo visivo	360° FOV orizzontale, 30°(+15° to -15°) FOV verticale
Rate	circa 10000 m <sup>2</sup> in 2,5 ore di scansione
Livello di accuratezza	30 mm
Formati	.ply, .las
Memoria	1 TB SSD
Peso	1,73 Kg

#### Macchina fotografica - EOS 70D



##### Specifiche tecniche

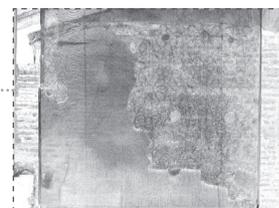
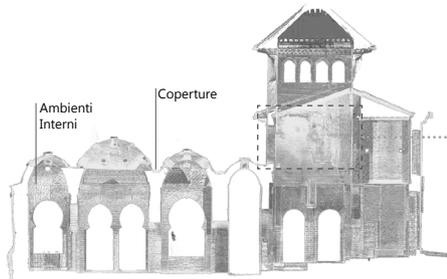
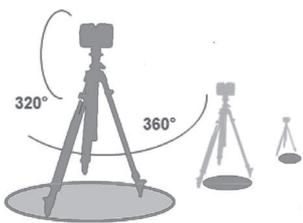
Sensore	CMOS da 22,5 x 15 mm
Tipo	Circa 20,20 megapixel
Pixel effettivi	Circa 20,90 megapixel
Pixel totali	3:2
Rapporto	Integrato / fisso con rivestimento al fluoro
Filtro low-pass	Sistema integrato di pulizia EOS
Pulizia sensore	Colori primari
Tipo filtro colore	DIGIC 5+
Processore immagini	

#### UAV - DJI Spark

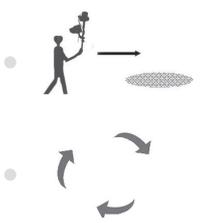


##### Specifiche tecniche

Risoluzione fotocamera	12 megapixel
Risoluzione video Full HD	1080p
Stabilizzazione fotocamera	2 assi
Velocità massima	50Km/h
Distanza di trasmissione	2 Km
Range VPS	30 metri
Durata della batteria	16 minuti
Peso	300 gr.

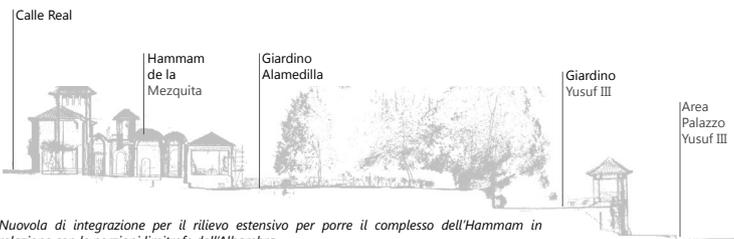


Dettaglio qualità del dato della nuvola di punti



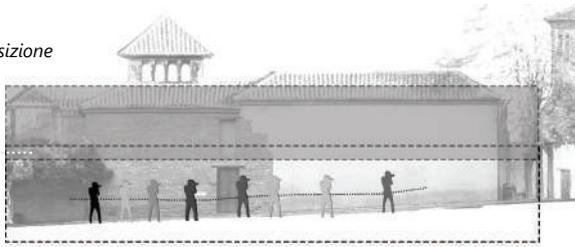
**Percorso Lineare**  
Traiettorie Poligonale  
Aperta A-B

**Percorso Circolare**  
Traiettorie Chiusa  
A-B-A

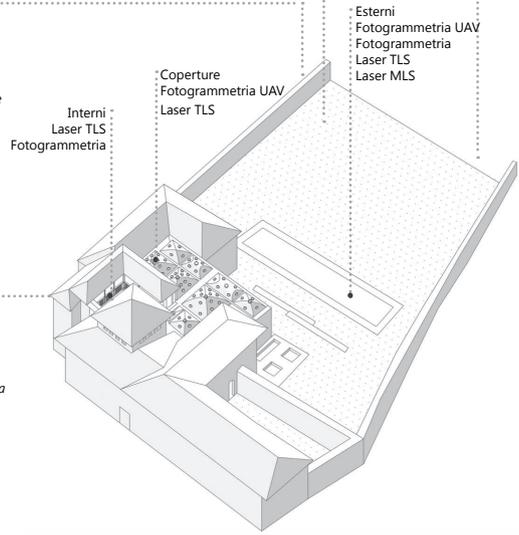


Nuvola di integrazione per il rilievo estensivo per porre il complesso dell'Hamman in relazione con le porzioni limitrofe dell'Alhambra.

**Sovrapposizione**  
20-30%



Acquisizione fotogrammetrica per la documentazione del dato materico di ciascun componente architettonica dell'edificio.



**High Quality**

**Low Quality**



Acquisizione fotogrammetrica UAVs delle coperture dell'edificio non rilevabili con tecnologia laser scanner.

## 2.3

# INTERPRETARE E SIGNIFICARE LO SPAZIO PER L'ORGANIZZAZIONE DEI DATI

Il caso dell'*Hammam della Mezquita* testimonia come l'immagine odierna del luogo sia il risultato di un'addizione di fasi storiche e cambiamenti di destinazione d'uso che hanno portato alla progressiva perdita della sua configurazione originaria. Per recuperare la memoria di tali evoluzioni e cambiamenti che la struttura ha subito occorre dunque prestare attenzione alle caratteristiche evolutive dello spazio. La lettura del luogo va oltre il semplice rilievo metrico e analizza tutti gli elementi architettonici, le tecniche costruttive e le tessiture murarie leggibili sulle facciate, valutando il colore, i materiali e, in generale, considerando i rapporti che intercorrono tra l'edificio e il sistema nel quale è inserito.

La riproduzione digitale è un atto di traduzione del continuo reale. Il modello rappresentativo che si genera nella costruzione del disegno sfrutta l'insieme di punti ravvicinati che vanno a configurare una realtà apparentemente continua. Kandinsky affermava che "un punto geometrico è un'entità invisibile<sup>20</sup>" siamo noi attraverso il pensiero che immaginiamo e diamo una forma a un punto e tale forma coincide, secondo un linguaggio di astrazione, con quella idealizzata rotonda dai limiti e le dimensioni relative.<sup>21</sup> Lo spazio può essere quindi paragonato alla schematizzazione di un insieme all'interno del quale sono contenuti i singoli elementi che lo caratterizzano. Tali elementi assumono un determinato orientamento e aspetto, che viene percepito e tradotto in termini qualitativi e quantitativi dai sensi. All'interno della continuità spaziale la discontinuità è rappresentata dal rapporto che intercorre tra i diversi elementi che compongono la scena, che possono risultare disgiunti, tangenti, inclusi o compenetrati.<sup>22</sup> L'atto del disegnare uno spazio implica una traduzione attraverso un raffronto continuo tra idea e rappresentazione, in una visualizzazione fluida del contesto reale in cui viene operata una scelta tra i vari stimoli che l'ambiente offre, suggerendo

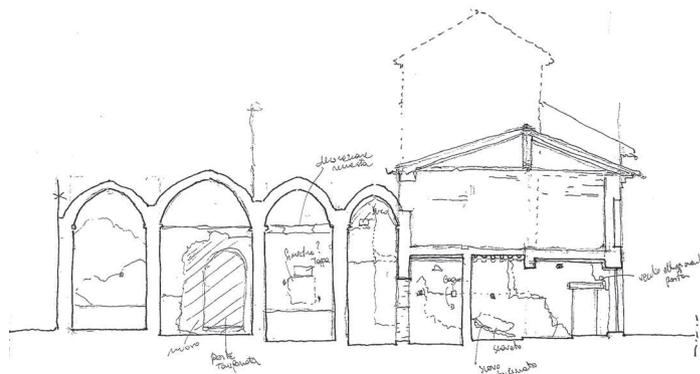
visioni e omettendone conseguentemente altre. L'atto del vedere è al tempo stesso inizio, origine, archetipo della conoscenza, ma anche deformazione, sviamento dalla realtà empirica dell'oggetto da conoscere, modalità di accesso alla percezione del reale: la realtà diventa segno e pensiero. Le tensioni percettive sono indagini delle potenzialità infinite dello sguardo, in un filo di continuità che sottende e dà senso peculiare a tutte le scelte rappresentative.

I rapporti di continuità spaziale subiscono una prima traduzione e una prima deformazione nella fase di acquisizione strumentale, nella quale il tendere alla rappresentazione reale si scontra con una prima discretizzazione basata su due limiti: il primo è di tipo strumentale, rappresentato dal numero di punti che lo strumento è in grado di acquisire; il secondo è di tipo soggettivo, rappresentato dalle scelte di acquisizione fatte dal rilevatore nonché osservatore. La transizione dalla continuità della realtà al digitale si configura come un *database* composto da punti e coordinate spaziali, ottimizzati per ottenere una buona uniformità della qualità del dato. Lo spazio digitale, idealmente illimitato, assume una limitazione data dalla composizione gerarchica dei suoi elementi. Le combinazioni di elementi che costituiscono i *database* possono essere differenti: dalle testuali, alle grafiche, alle sonore, alle dinamiche. Tutte queste sono integrate e tenute insieme da una rete, i cui vertici sono riconducibili a immagini, testi, audio, video e le cui possibili relazioni, semantiche, simboliche, dinamiche, permettono la lettura del sistema stesso. Proprio la lettura del dato comporta un secondo livello di discretizzazione che limita ulteriormente e allontana la rappresentazione dalla corrispondenza con la continuità del reale. Durante l'interpretazione del dato, la complessità della stratificazione reale viene semplificata nella forma di rappresentazioni ponderate sulla base di scelte

finalizzate a determinate analisi. L'immagine digitale è spesso una meta-immagine, un'immagine che tende a rappresentare il continuo reale, ma che, attraverso i codici che caratterizzano la sua singolarità, diventa raffigurazione specifica delle architetture del flusso complessivo dei dati<sup>23</sup>. Inoltre non è da sottovalutare il fattore emotivo dell'utente-lettore-traduttore della banca dati: *"Le relazioni di mutazione diverranno sempre più complesse, dando luogo a metamorfosi della scultura virtuale, alla possibilità che essa assuma forme percepibili differenti relative non solo a movimenti ma anche a stati emotivi dei fruitori"*.<sup>24</sup> La lettura del dato e la sua traduzione in segno grafico, anche se basata su fondamenti preordinati, sarà influenzata dal fattore soggettivo di interpretazione dell'utente. Ogni nuova possibilità di apporto tecnologico fornisce una differente modalità di lettura del reale, che integra i modelli precedenti e confluisce nella medesima rete nodale di *database* di informazioni complesse a disposizione. Le possibilità di lettura dei livelli informativi di modello aumentano con l'aumentare delle possibilità di indagine, creando una rete di dati nella quale le varie architetture spaziali e informative si intersecano in una trama sempre più fitta. Le informazioni in uscita dal flusso di dati proprio del digitale rappresentano la sintesi di azioni e traduzioni della complessità del reale e sono il risultato di un continuo processo di codifica e decodifica informativa. L'analisi alle diverse scale di lettura dell'ambiente da studiare permette l'individuazione e l'esplicitazione di valori e connotazioni, sulla base dei quali è possibile inquadrare, in maniera ponderata, possibili interventi controllati da parametri definiti.<sup>25</sup> La documentazione dei complessi architettonico-monumentali implica la necessità di valutare, in modo globale, numerose entità costitutive legate all'area architettonica, tecnologica e paesaggistica, sotto molteplici

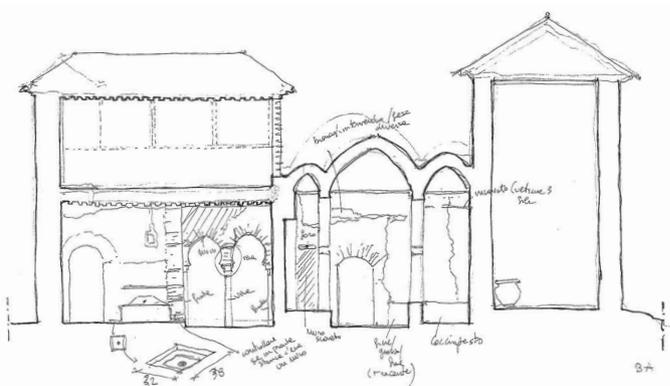


Eidotipo Planimetria con indicazione e codificazione dei setti murari analizzati.

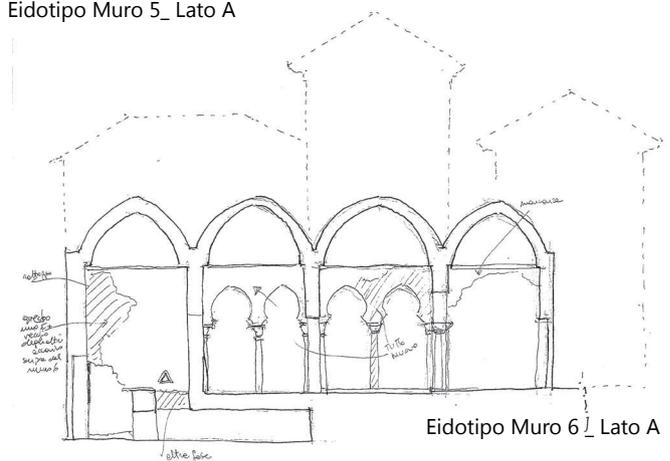


Eidotipo Muro 4 \_ Lato A

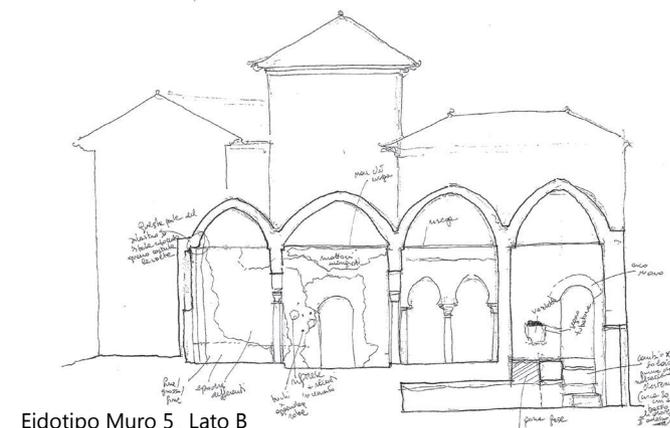
e diversi aspetti di analisi e ai corrispondenti obiettivi documentali. Seguendo un metodo di analisi *top-down*, nella prima fase di strutturazione del progetto di documentazione devono essere prese in esame tutte le connotazioni su scala più ampia, inquadrando l'oggetto di studio in rapporto al contesto in cui è inserito, al fine di individuare una serie di parametri, in grado di codificare e quantificare gli elementi descrittivi specifici del sito e il rapporto che intercorre tra gli ambienti esterni ed interni. Questo primo livello di analisi permette di comprendere come poter strutturare le azioni di ripresa e di individuare gli strumenti più adatti e le modalità più efficaci per la rappresentazione dell'edificio. Successivamente, il livello di analisi viene dettagliato attraverso un cambiamento di scala che vede la scomposizione, prima in classi e poi in singole componenti, del patrimonio architettonico. Questo tipo di azione ha lo scopo di individuare e specificare, attraverso un catalogo ordinato, gli elementi architettonici che fungono da variabili descrittive e lessico per la rappresentazione delle diverse stratificazioni storico culturali. In questo senso le attività di documentazione dei bagni della moschea sono state strutturate con la finalità di documentare e far emergere, attraverso elaborati bidimensionali e tridimensionali, la traccia dell'impianto storico celata negli anni. Durante un primo sopralluogo sono state studiate le relazioni tra gli ambienti esterni e gli ambienti interni, individuate secondo lo schema planimetrico e ordinati secondo un codice alfa-numerico. Tale sistema di schematizzazione degli ambienti è risultato utile per indicizzare le analisi condotte su ciascun ambiente e catalogare in maniera ordinata le informazioni raccolte durante l'indagine *in situ*. Ciascun ambiente è stato rappresentato attraverso eidotipi che sono poi stati utilizzati per l'analisi e l'annotazione delle tracce organiche della struttura, individuate tramite l'osservazione diretta delle tessiture murarie. Questa operazione è risultata necessaria per il successivo confronto con le fonti storiche documentali, analizzate per sovrapposizione al fine di ricostruire cronologicamente le fasi evolutive del complesso.



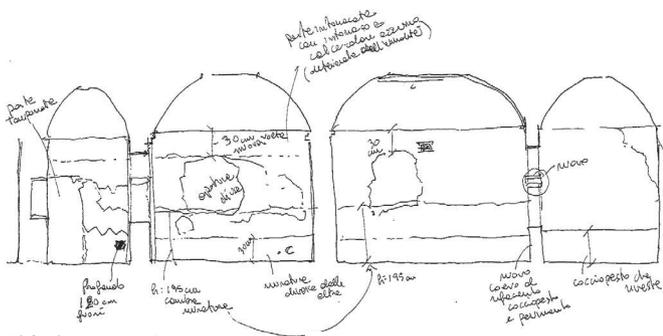
Eidotipo Muro 5\_ Lato A



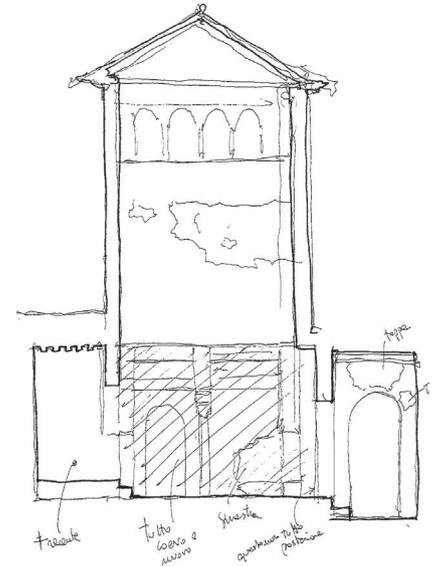
Eidotipo Muro 6\_ Lato A



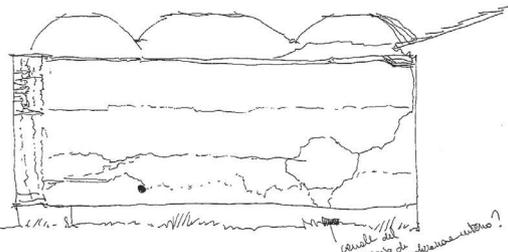
Eidotipo Muro 5\_ Lato B



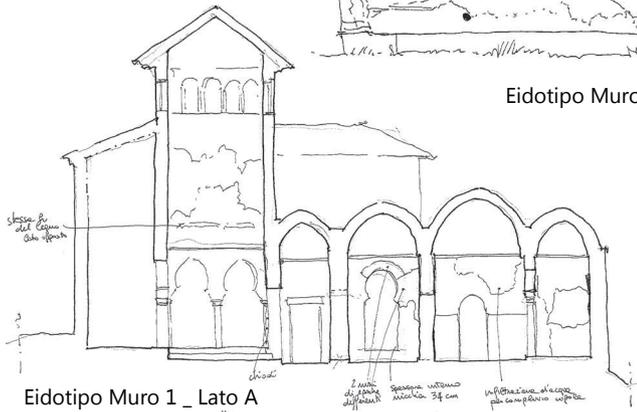
Eidotipo Muro 2 \_ Lato A



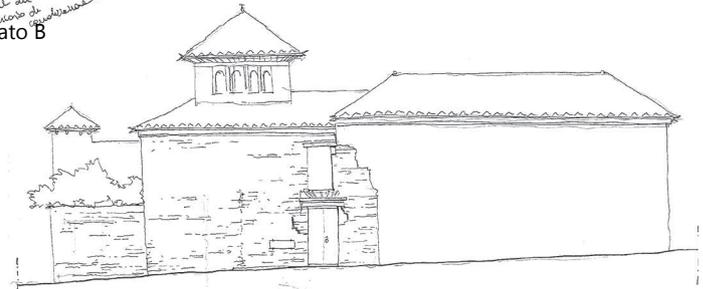
Eidotipo Muro 8 \_ Lato B



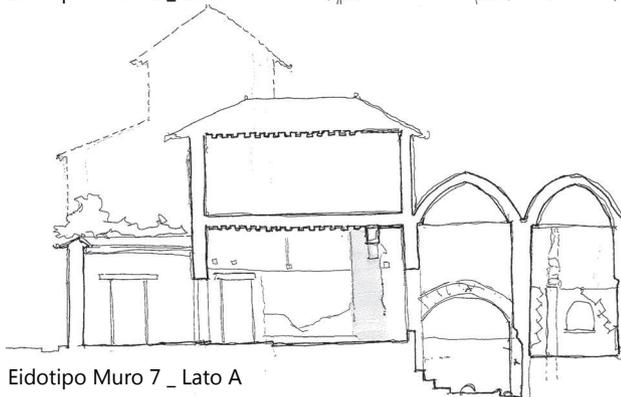
Eidotipo Muro 2 \_ Lato B



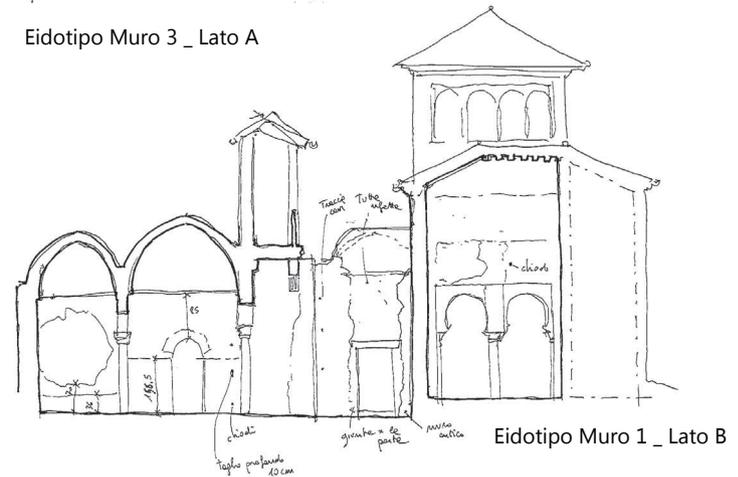
Eidotipo Muro 1 \_ Lato A



Eidotipo Muro 3 \_ Lato A



Eidotipo Muro 7 \_ Lato A



Eidotipo Muro 1 \_ Lato B

## METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DEL DATO

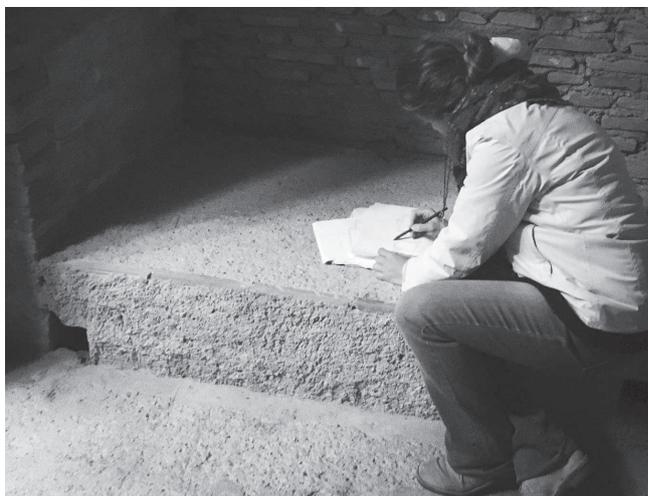
Lo sviluppo di una strategia organica di documentazione è una premessa necessaria del progetto di rilievo.

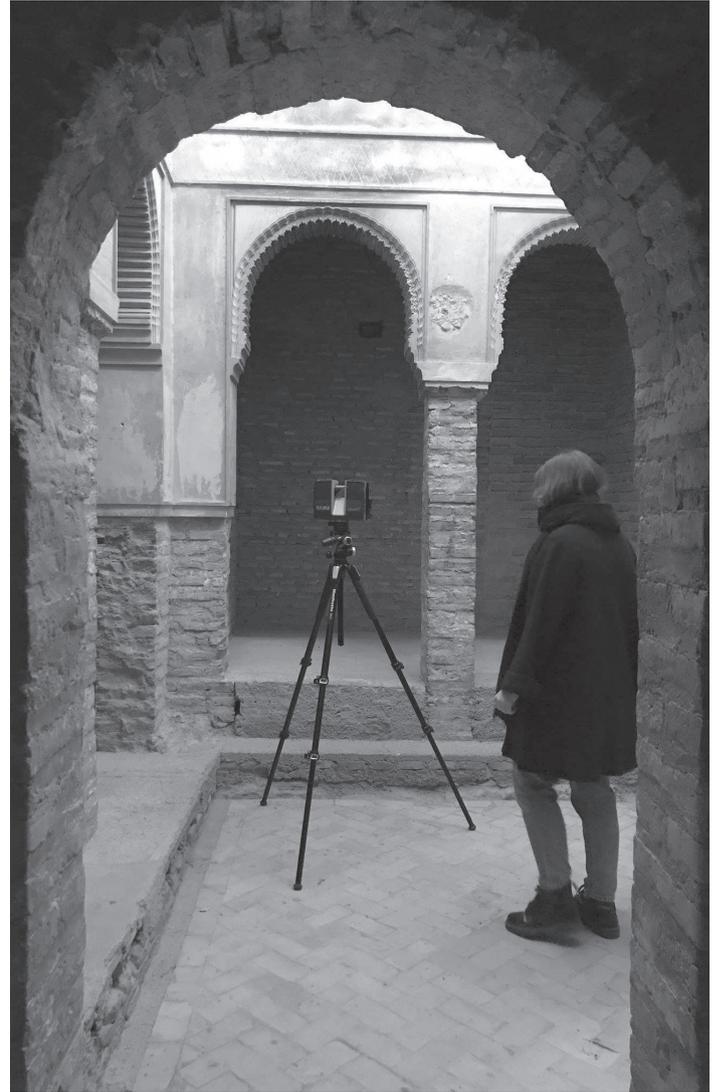
La complessità morfologica, costruttiva e l'eterogeneità dei materiali presenti nel comprensorio dei bagni della moschea dell'Alhambra, hanno posto, sin dalla fase dell'acquisizione, significative sfide in relazione alla scelta delle più adatte modalità rappresentative. Il caso di studio è stato affrontato a seguito di una prima ricerca condotta nel 2017 sul Palazzo del Generalife<sup>26</sup> dove sono stati definiti parametri e protocolli di indagine replicabili sull'intero sito UNESCO. In questo senso è stata immaginata una strategia di rilievo integrato per ottenere differenti tipologie di dati secondo una logica multiscalare.<sup>27</sup>

La campagna di acquisizione è stata strutturata definendo diversi gradi informativi: da un livello descrittivo più generale, per lo studio della relazione che intercorre tra l'intero sistema museale dell'Alhambra e il complesso monumentale dei bagni, ad un livello di analisi e catalogazione delle singole componenti architettoniche. L'area di indagine è stata ordinata in macro-sistemi principali: il sistema "esterno", rappresentato dal giardino sul retro e dal perimetro dell'edificio, e il sistema "interno", costituito dallo sviluppo degli ambienti interni e dal sistema ipogeo delle caldaie. I due macro-sistemi sono stati poi scomposti in ambienti, ciascuno dei quali è stato considerato rispetto a ciò che lo delimita e lo compone, definendo gli elementi architettonici, sui quali si concretizzano gli elementi decorativi. Ogni scala ha richiesto un differente approfondimento e un'attenzione alla qualità della ripresa, per garantire la buona leggibilità delle qualità architettoniche nel dato digitale.

A questa scomposizione dello spazio corrisponde una diversificazione degli obiettivi di analisi e quindi la possibilità di definire, per ciascun sistema, un metodo di acquisizione adeguato in base all'obiettivo preposto.

Durante la campagna di documentazione, sono quindi state strutturate metodologie per la ricostruzione di parametri

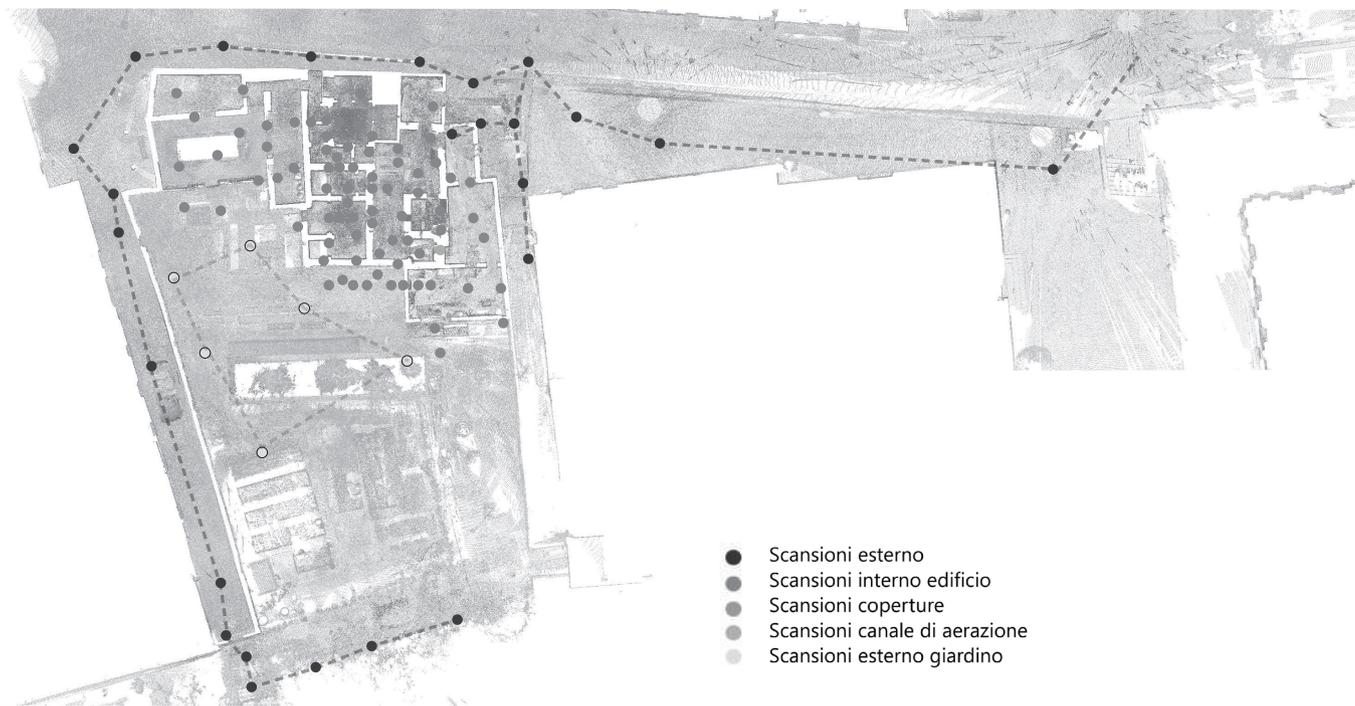




In questa pagina e nelle seguenti: attività di acquisizione dati dei *Baños de La Mezquita de la Alhambra*. Realizzazione di eidotipi, attività di documentazione con laser scanner terrestre e *mobile*, rilevamento topografico, acquisizione fotogrammetrica piana e *Structure from Motion*.





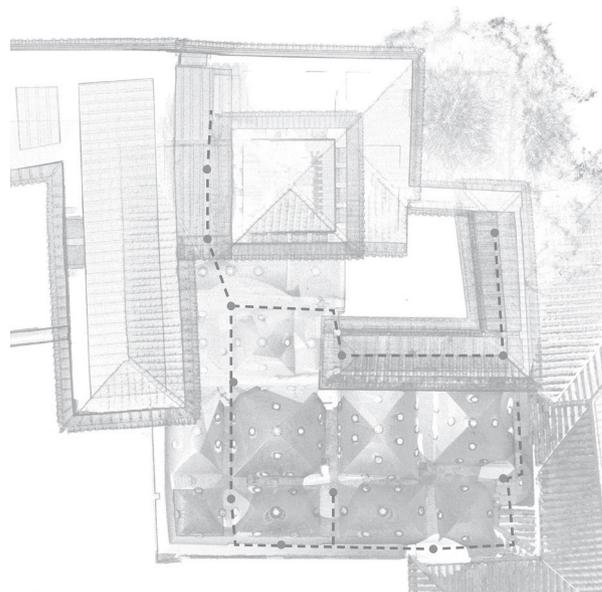
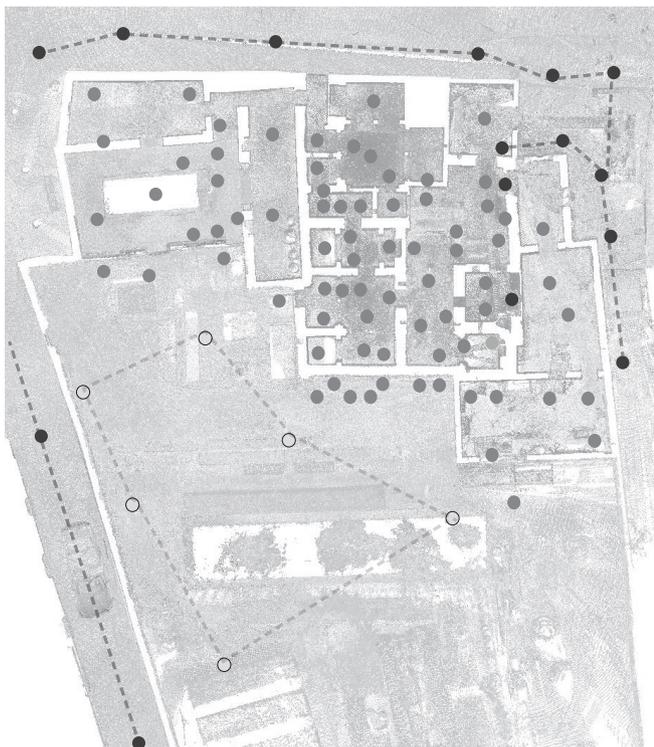


Posizione delle stazioni laser per l'acquisizione digitale con scanner laser dei *Baños de La Mezquita de la Alhambra*. Sia per la pianificazione che per la campagna di acquisizione sono state rispettate le divisioni per tipologia di spazio da rilevare: esterni, interni, coperture, canali di aerazione e giardino.

morfometrici, e per la mappatura materica delle superfici, prestando un'attenzione particolare all'acquisizione dei caratteri della tessitura muraria, dei sistemi costruttivi delle coperture e dei sistemi ipogei delle caldaie.

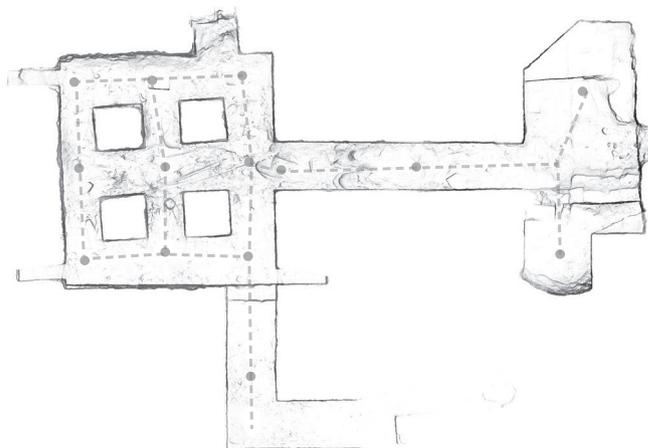
È stata rilevata l'intera superficie dei bagni, in modo da ottenere un dato digitale ad alto livello di dettaglio per l'analisi dei paramenti murari, del sistema delle volte, delle coperture e delle pavimentazioni, effettuando 120 scansioni.<sup>28</sup> Il sistema del verde annesso al giardino è stato acquisito prestando particolare attenzione all'area archeologica, in cui sono ancora ben visibili alcune tracce di permanenze di strutture in muratura. L'area limitrofa è stata acquisita con la finalità di analizzare i caratteri del paesaggio e i rapporti con un sistema museale, sperimentando un

sistema di ripresa mobile che favorisse un'estensione maggiore. Sono state inoltre effettuate delle scansioni integrative lungo la *Calle Real*, nella porzione occupata dai giardini adiacenti all'area dei bagni e a quelli dell'area archeologica del palazzo di Yusuf III. In parallelo, è stata condotta una campagna di acquisizione fotogrammetrica. In questo caso una fase di ripresa da terra close range ha permesso di documentare tutti gli ambienti interni e le porzioni murarie esterne dell'edificio, mentre una di ripresa in quota, tramite l'utilizzo di un drone leggero Spark DJI, ha consentito di acquisire i dati inerenti al sistema delle coperture e ad alcuni decori interni posizionati a quote non raggiungibili. In particolare, oltre alla definizione di un ampio catalogo fotografico, la fotogrammetria ha permesso



● Scansioni coperture

di ottenere modelli 3D dei paramenti murari e dei sistemi voltati dei singoli ambienti. È stato necessario prestare particolare attenzione alle condizioni di illuminazione degli ambienti interni, andando ad operare opportune correzioni dei parametri di impostazione di scatto. Le riprese sono state suddivise in base alla divisione degli ambienti impostata per la campagna di acquisizione laser. Sono stati mantenuti gli stessi codici alfanumerici in modo da ottenere un medesimo orientamento per la catalogazione degli elementi e la post-produzione dei singoli modelli generati. Ogni unità corrispondente alla singola stanza è stata catalogata in una cartella ordinata un *database* 3D in cui il reperimento del materiale prodotto risulta rapido ed efficace anche a distanza di anni.



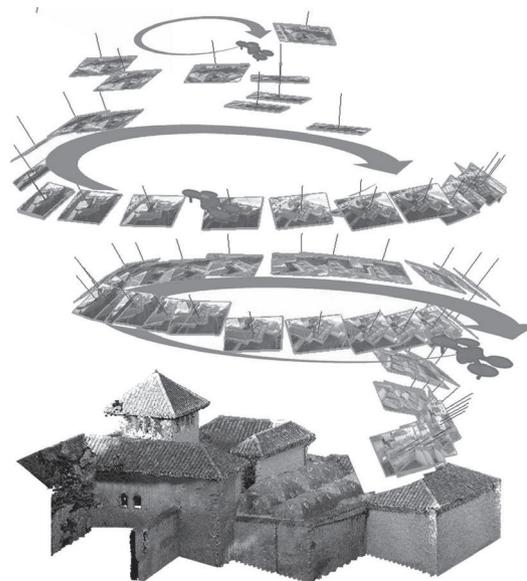
● Scansioni canale di aerazione

## ELABORAZIONE DEI DATI

I modelli fotogrammetrici ottenuti sono stati opportunamente scalati sul sistema di riferimento individuato nelle coordinate del modello ottenuto dal rilievo scanner laser. L'individuazione di punti omologhi appartenenti ai due sistemi tridimensionali ha consentito di rototraslare e allineare i modelli all'interno di un unico sistema di coordinate spaziali. Le texture ottenute dai modelli fotogrammetrici presentano una qualità superiore a quelle ricavate dalla camera integrata del laser scanner. Le immagini fotografiche, calibrate sui singoli prospetti, permettono di raggiungere una descrizione materica più verosimile e ad un dettaglio maggiore per la lettura dei particolari delle singole componenti architettoniche. Queste sono state esportate e connesse alle nuvole di punti del laser, più accurate morfometricamente nella definizione del dettaglio.



La combinazione delle due procedure in un unico *database* o modello tridimensionale ha fatto emergere tratti e qualità delle apparecchiature murarie, esplicitando nella tessitura delle murature elementi utili per la definizione delle stratificazioni murarie. A questo si aggiunge l'esigenza di leggere le principali alterazioni e patologie di degrado dei singoli paramenti. Alla maglia poligonale ad alta densità viene associata la corrispondente componente materica ottenuta dalla texture.<sup>29</sup> L'elaborazione di un *database* digitale integrato ha richiesto l'ottimizzazione dei dataset di ciascuno strumento confluire in unico sistema di riferimento di coordinate, per la comparazione e l'integrazione dei diversi livelli di lettura del dato. Il processo di elaborazione del *database* è stato strutturato in fasi, andando prima ad elaborare i dati acquisiti dai diversi strumenti in maniera autonoma (TLS, Mobile, UAV e fotogrammetria) e, successivamente, procedendo ad integrare il *database* laser

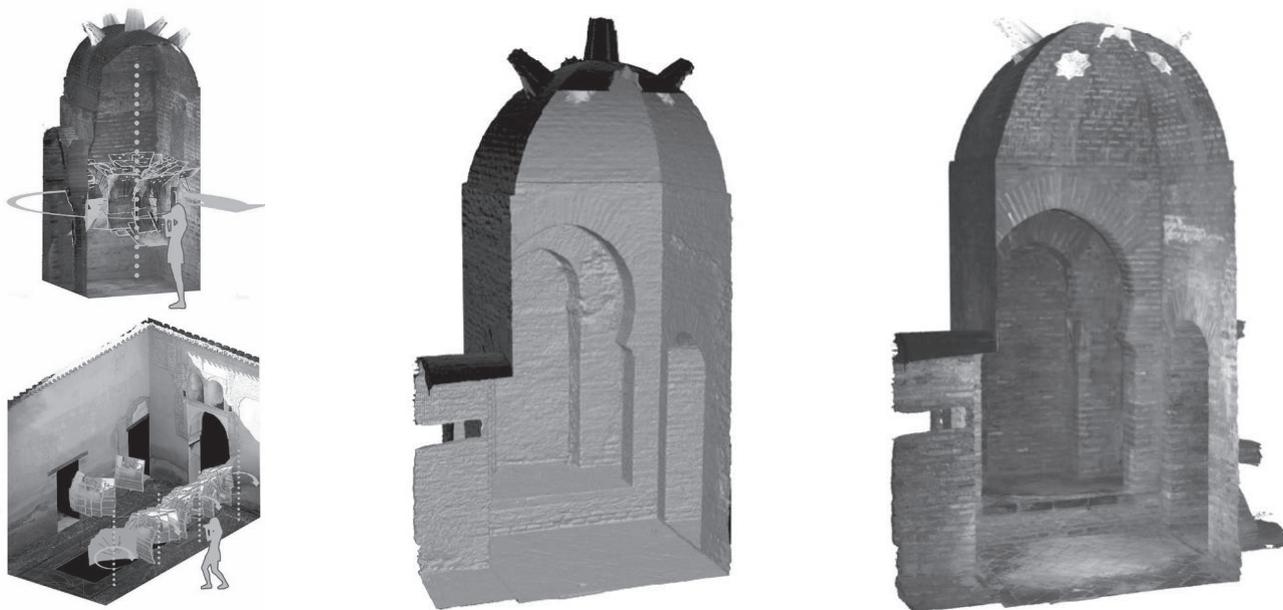


Acquisizione tramite micro-UAV di alcuni paramenti interni, esterni e delle coperture del complesso dei Bagni.

scanner TLS con le nuvole di punti generate dall'elaborazione della fotogrammetria da drone e dai dati SLAM.

Il processo di costruzione del *database* morfologico tridimensionale inizia con la fase di progettazione del rilievo e dell'acquisizione dei dati e termina con l'ottenimento del modello generale in un unico *database* di registrazione. L'intera procedura richiede particolare attenzione sin dalle fase di acquisizione del dato: la progettazione dei punti di stazione delle scansioni è fondamentale per il controllo della successiva registrazione. In questo caso, i percorsi dello scanner sono stati progettati in modo da creare dei *cluster* di registrazione in forma di poligonale chiusa. Il complesso, nella sua versione digitale è stato suddiviso in quattro macro porzioni: ambienti interni, ambienti esterni, coperture e tunnel ipogei. Tale strategia ha consentito un maggiore controllo del dato in fase di allineamento delle scansioni.

L'attenzione posta durante l'acquisizione ha consentito di avere una buona percentuale di sovrapposizione nei punti di collegamento tra *cluster* contigui, riducendo notevolmente gli errori angolari nella registrazione.<sup>30</sup> Il primo *step* per avviare le operazioni di registrazione del *database* tridimensionale è stato importare e catalogare le stazioni di scansione secondo la suddivisione in blocchi. È stata poi avviata la fase di registrazione del dato, utilizzando la tipologia di allineamento visuale tra scansioni contigue. In questo modo è stato possibile registrare le scansioni suddividendole in gruppi, in base ai cluster chiusi progettati in fase di acquisizione. Una volta ottenuti i gruppi di registrazione, questi sono stati tra loro uniti tramite l'allineamento per zone di sovrapposizione tra un *cluster* e l'altro. Nella verifica della registrazione sono stati analizzati i vincoli sia a livello del singolo gruppo di registrazione che a livello di registrazione tra gruppi di scansioni, e si è proceduto



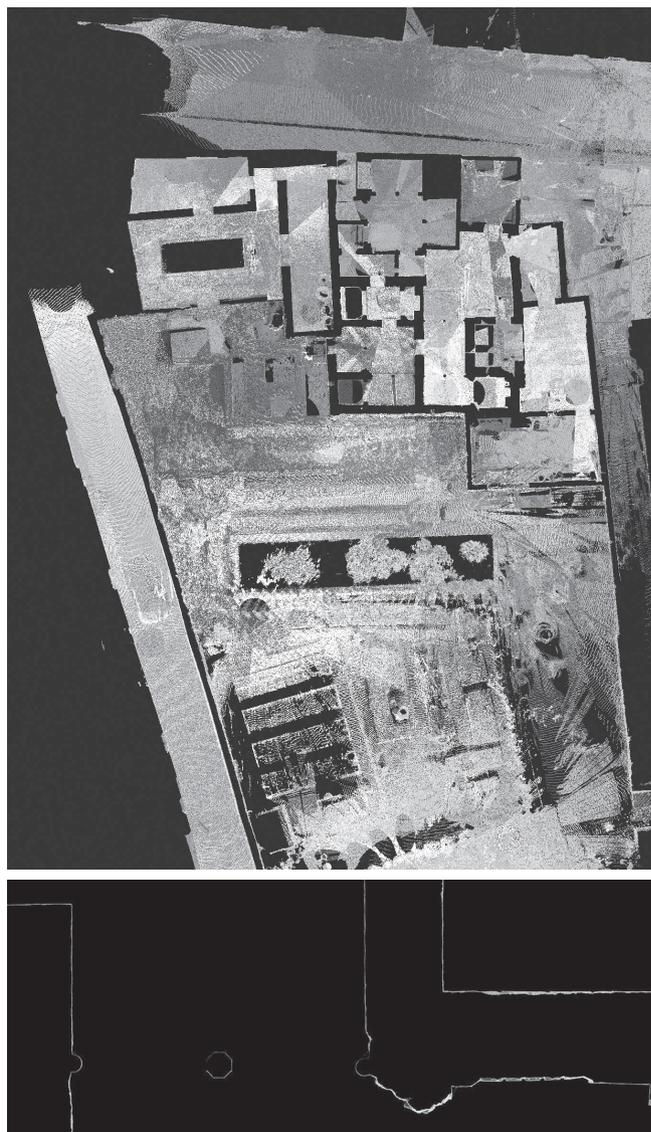
Acquisizione fotogrammetrica degli ambienti interni ed elaborazione su *software* di fotogrammetria SfM. I modelli fotogrammetrici presentano *texture* funzionali alla mappatura dei modelli ottenuti dall'elaborazione di altre banche dati.

alla rimozione di quelli con un indice di errore superiore a 7 mm. La registrazione complessiva di ambienti interni e esterni presenta un valore di errore max di circa 2 mm. Il *database* TLS è stato successivamente integrato con gli altri *database* e, al fine di ottenere una maggior accuratezza e affidabilità metrica sono stati ottimizzati i dati provenienti dalle diverse strumentazioni.

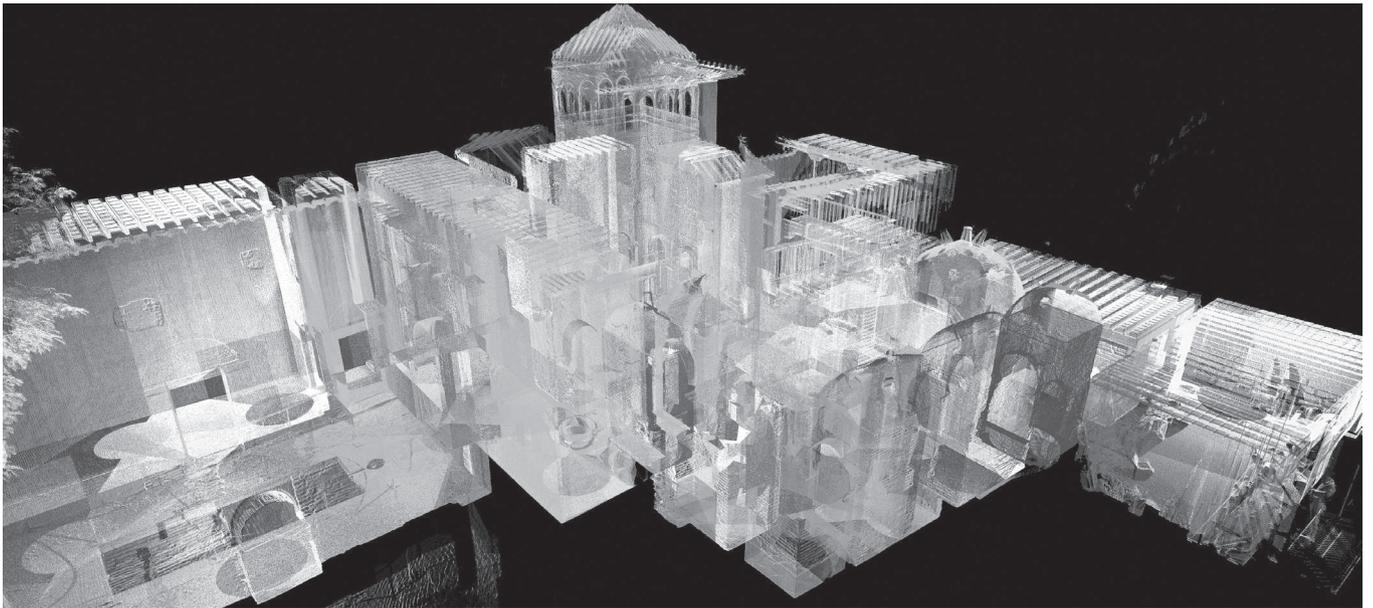
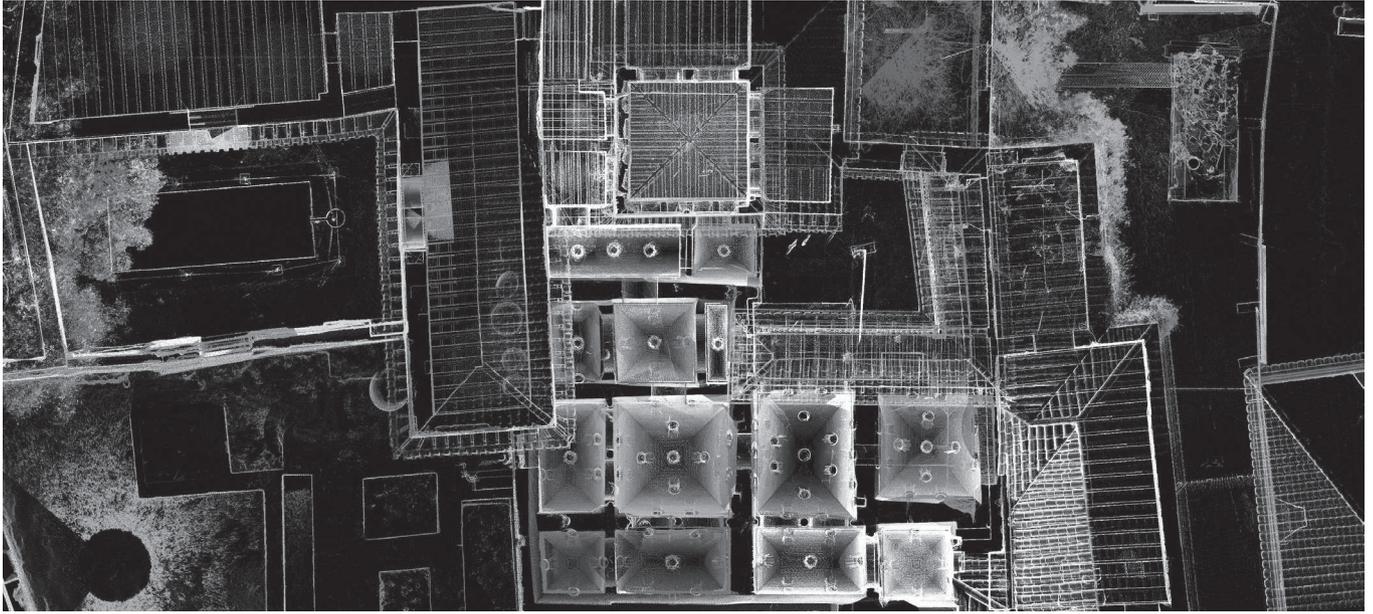
I dati del laser scanner mobile, tre percorsi condotti facendo attenzione a ricavare una buona percentuale di punti di sovrapposizione tra loro, per poter essere elaborati all'interno del *software* Cyclone sono stati convertiti dal formato .ply (formato di salvataggio proprietario) a un formato .e57. Durante la fase di conversione, condotta attraverso il programma *Cloud Compare*, il dato della singola scansione è stato verificato e orientato secondo un sistema di riferimento ottimizzato nel calcolo delle normali alle traiettorie di camminamento. Le scansioni, una volta convertite, sono state importate all'interno del file di registrazione .imp e registrate con il *database* TLS tramite l'individuazione di punti omologhi posizionati nelle aree di sovrapposizione. L'elaborazione del dato fotogrammetrico acquisito da drone è stata condotta utilizzando il programma *Agisoft Metashape*. La nuvola di punti ottenuta è stata orientata secondo lo stesso sistema di riferimento del sistema TLS, assegnando coordinate (x,y,z) a punti noti. La nuvola, ottimizzata attraverso una pulitura del rumore presente nei singoli chunk, è stata esportata in un formato .ptx e resa così, anch'essa, compatibile con il programma di registrazione. Importata la nuvola UAV all'interno del file .imp di registrazione, si è proceduto così all'allineamento tra la nuvola di punti delle coperture e il *database* di unione generale attraverso l'individuazione di punti omologhi tra i diversi sistemi.

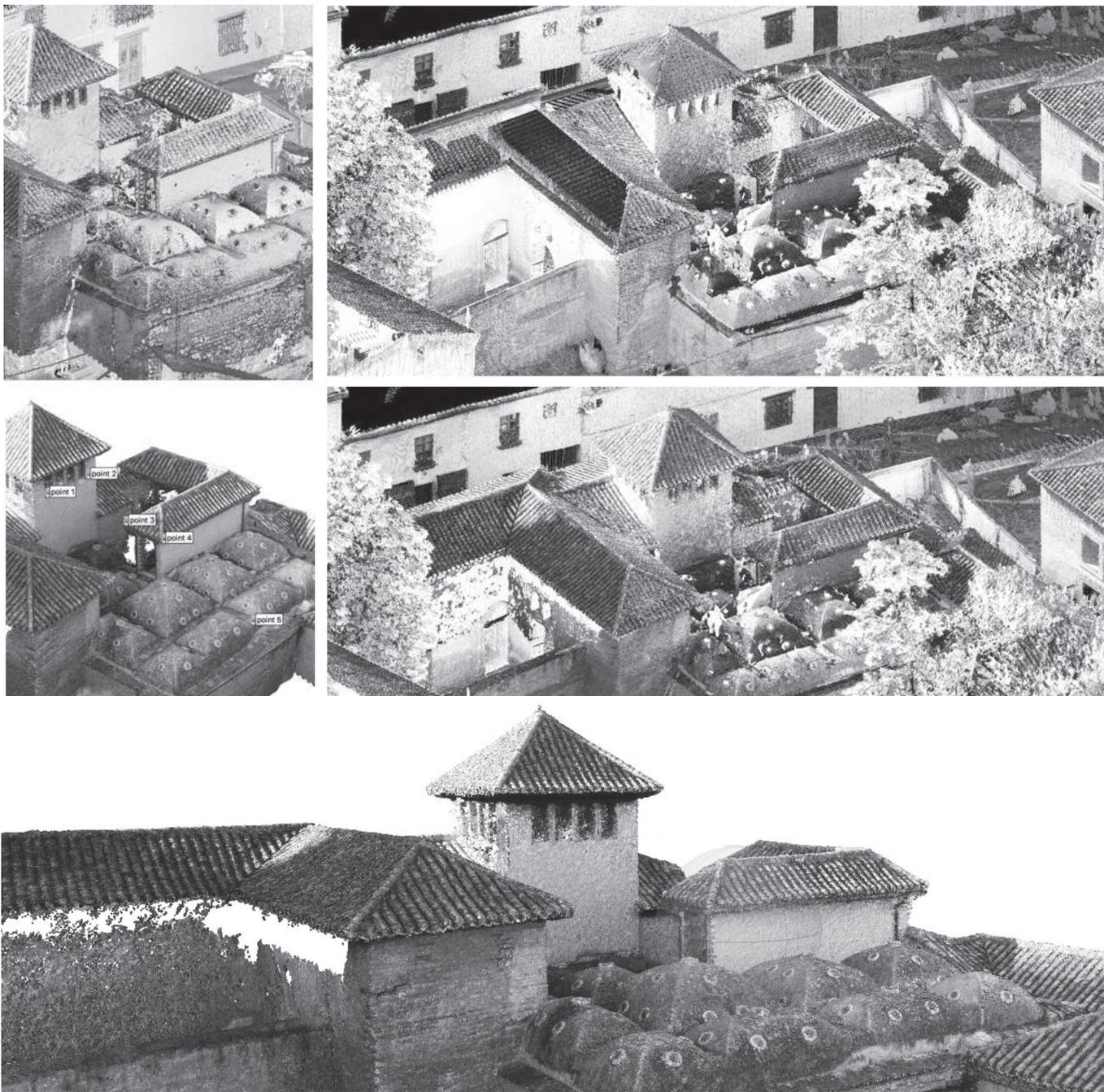
Il *database* integrato è stato ulteriormente ottimizzato mediante una suddivisione in *layer* relativamente ai diversi ambienti. Tale strategia di semantizzazione del dato della nuvola di punti ha considerato sia la suddivisione in blocchi del complesso che la diversa metodologia e tipologia strumentale impiegata.

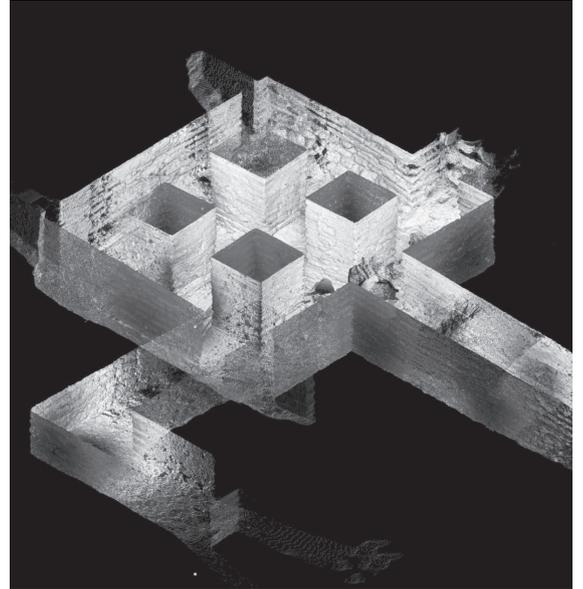
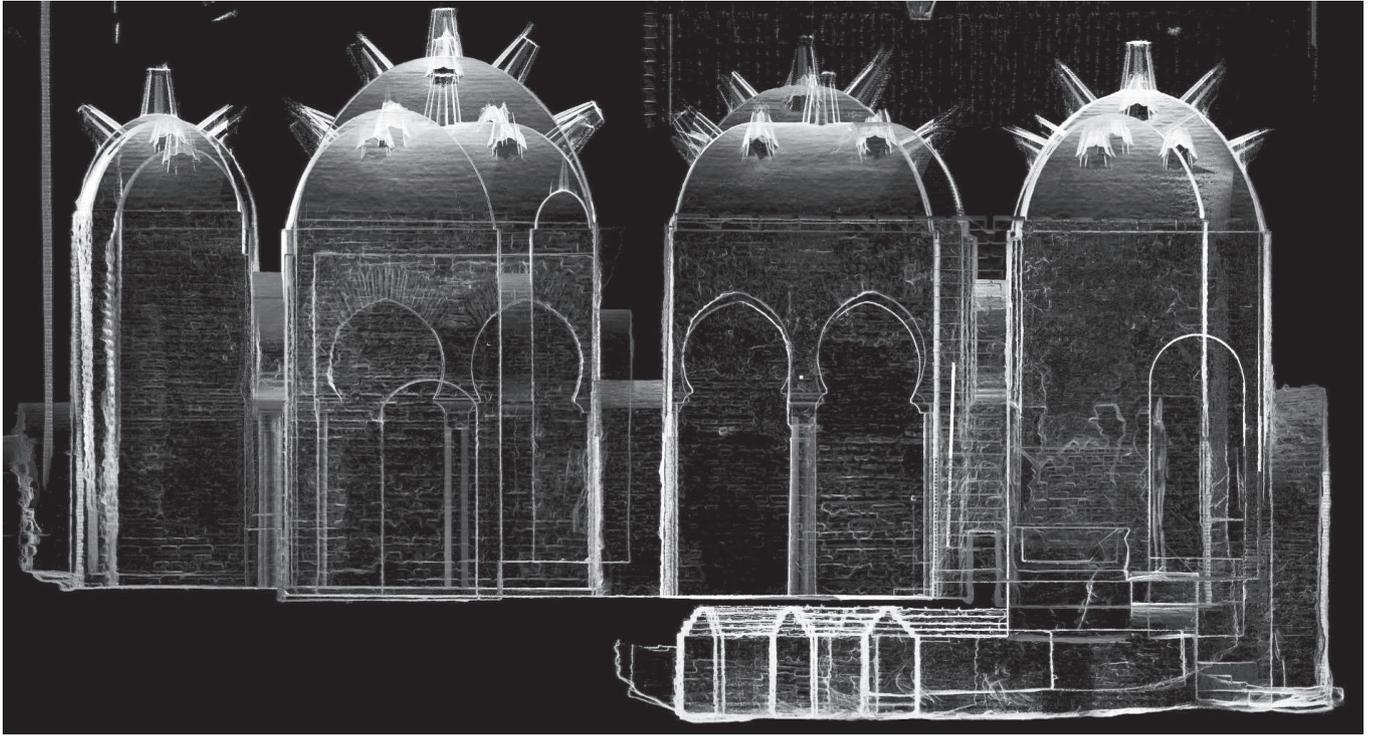
Questa organizzazione favorisce un maggior controllo sulla qualità delle ortoimmagini e delle viste che possono essere generate a seconda delle finalità di interpretazione del dato.



In questa e nelle pagine seguenti, la nuvola di punti integrata da laser scanner terrestre e *mobile* con la nuvola di punti fotogrammetrica. Viste generali e di dettaglio della banca dati 3D.

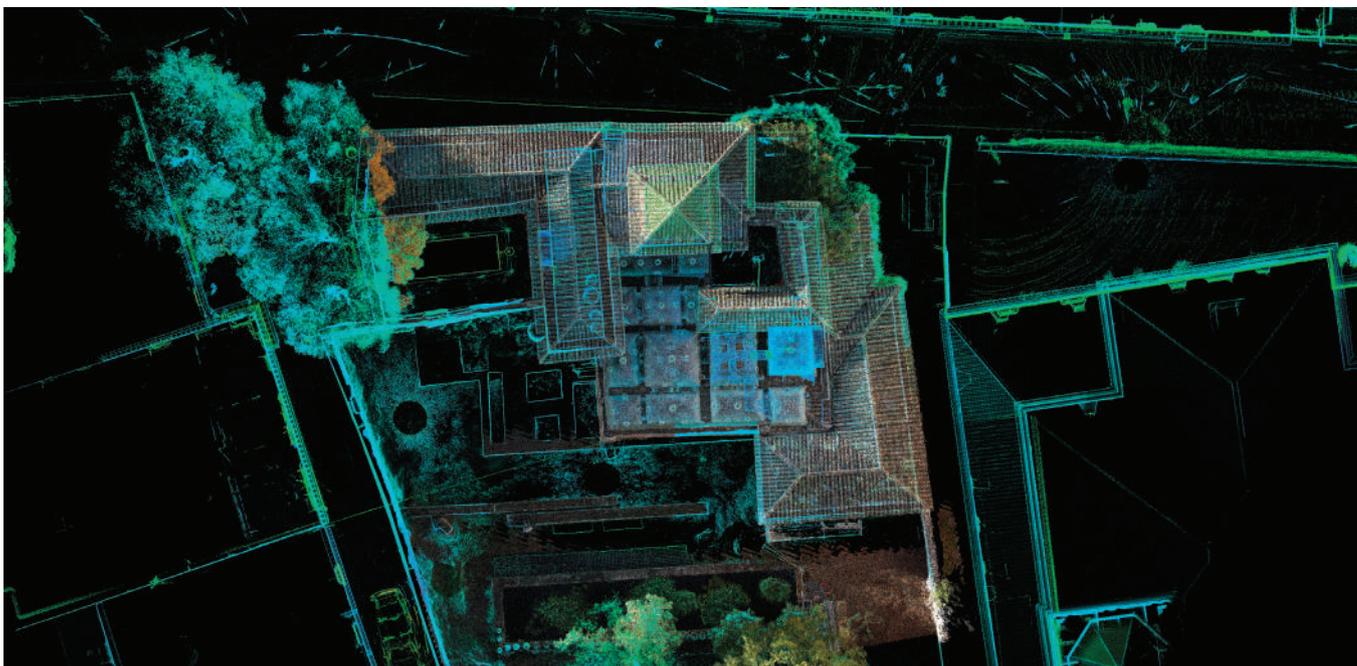
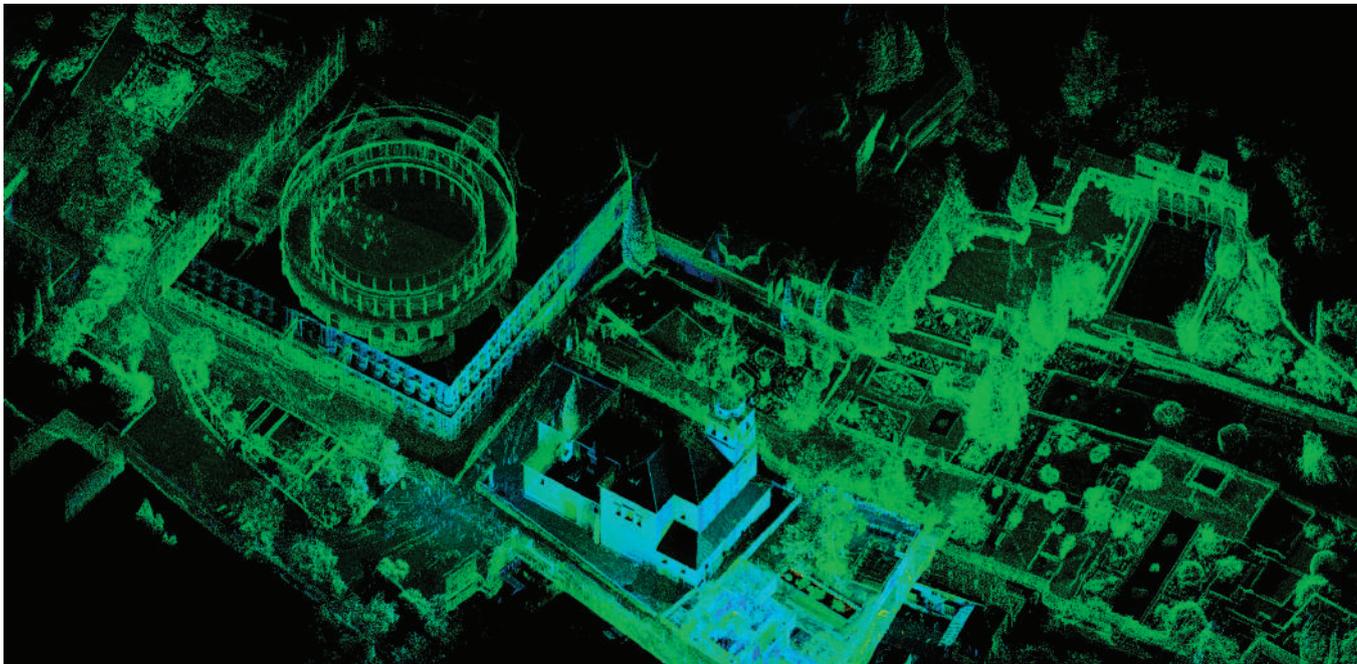




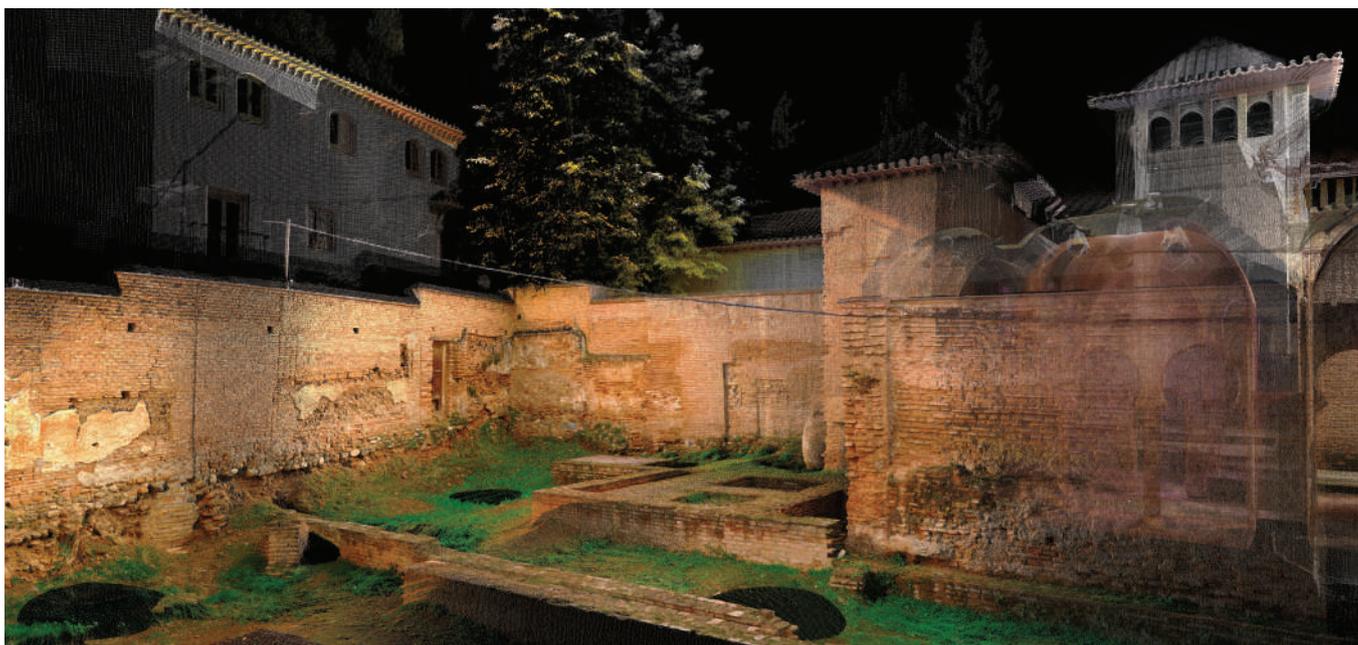
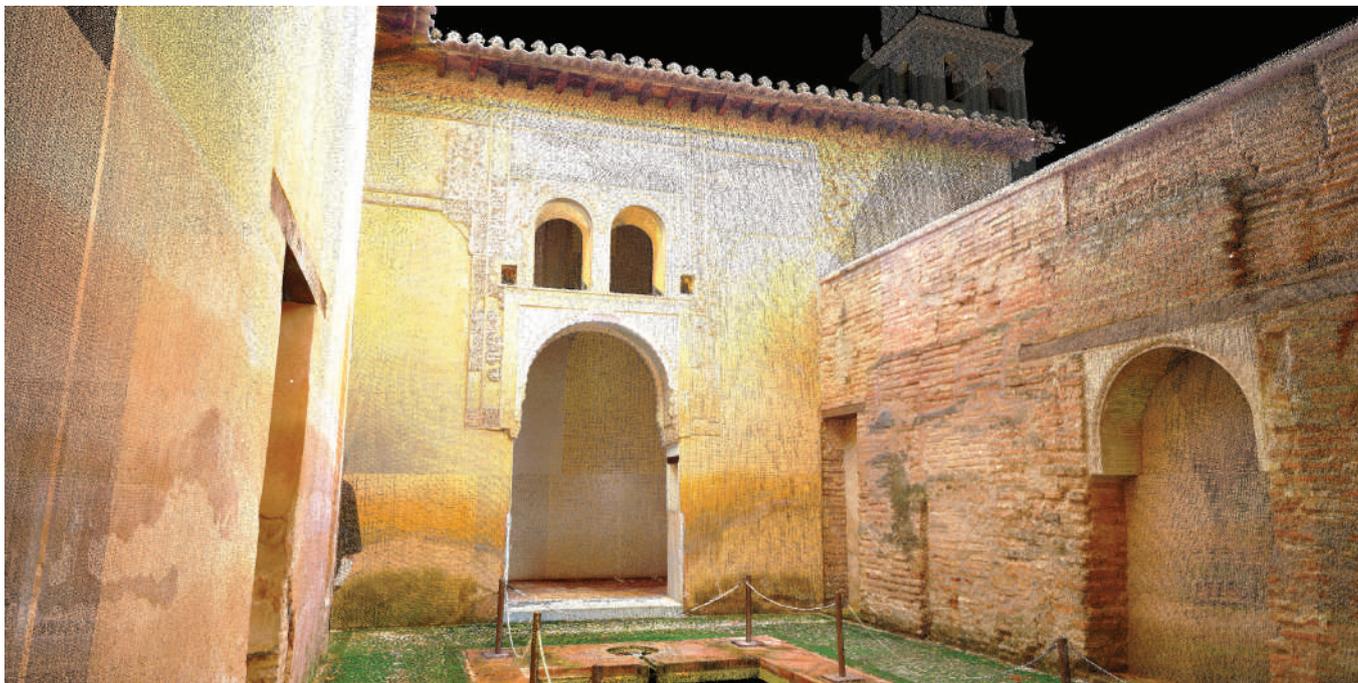




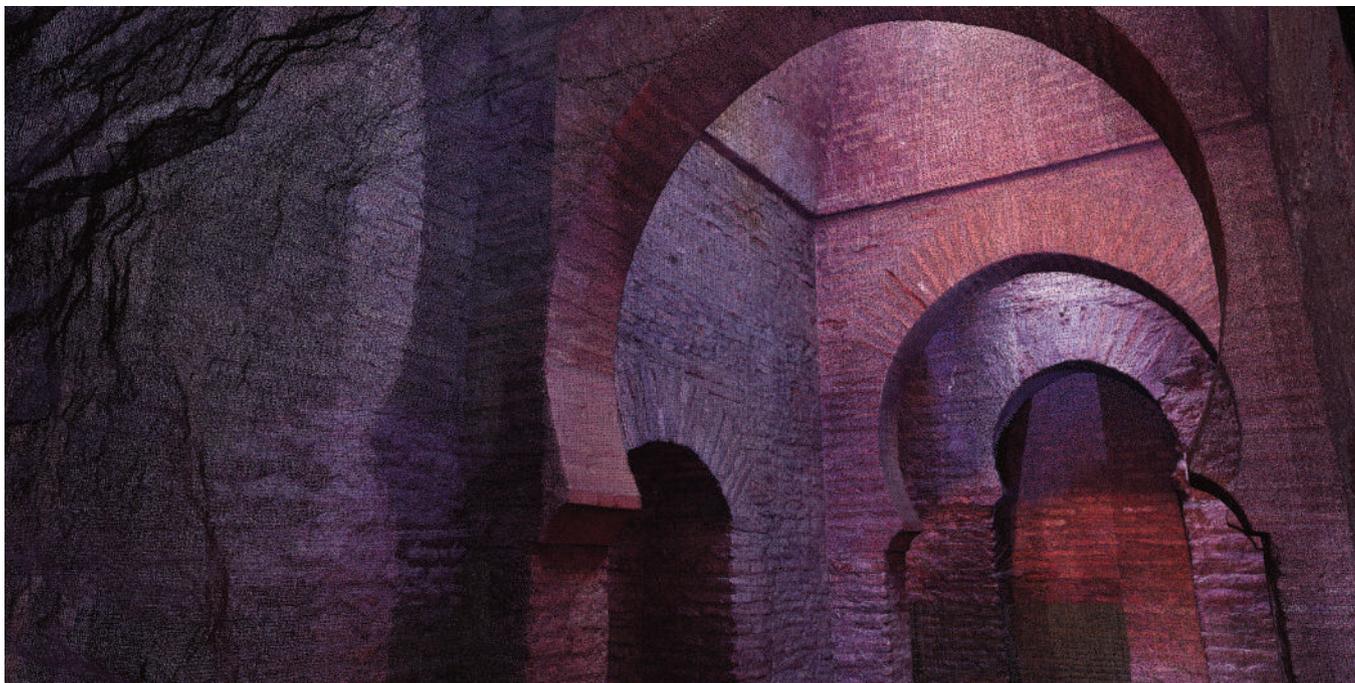


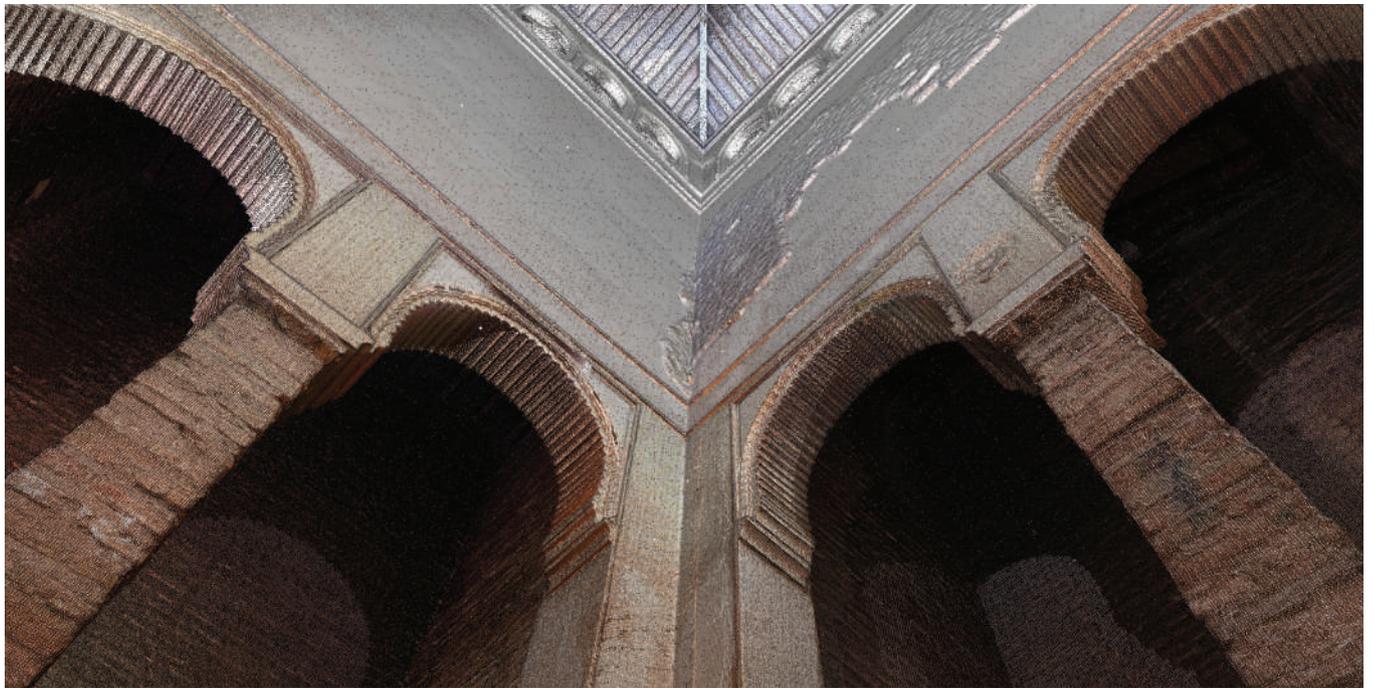












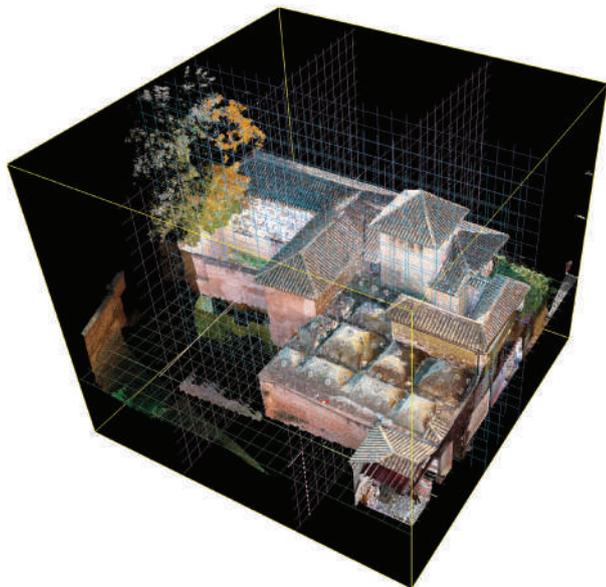
## 2.4

# IL DISEGNO COME STRUMENTO DI STUDIO E ANALISI DELLO SPAZIO

*"Ma oggi l'idea di spazio, nell'era dell'incontro tra architettura e media informatici, come si sta configurando in relazione alle mutazioni introdotte dalla rivoluzione digitale? Stiamo assistendo alla nascita di un nuovo dominio, di un nuovo spazio che prima semplicemente non esisteva".<sup>31</sup>*

Margaret Wertheim, 1999.

L'interrogativo posto da Margaret Wertheim<sup>32</sup> nel 1999, durante gli esordi della digitalizzazione dei processi di rappresentazione, ancora oggi, a distanza di venti anni, non ha trovato risposte completamente esaurienti. Lo spazio digitale si configura come ambiente simile allo



La nuvola di punti all'interno dello spazio di lavoro, nel quale vengono impostati piani di taglio per l'elaborazione delle sezioni.

spazio mentale in cui il disegnatore, come architetto, ha libertà di espressione delle idee progettuali. La grande differenza tra il concetto di spazio digitale e quello di spazio reale sta nell'impossibilità del primo di manifestarsi in maniera esplicita: lo spazio digitale necessita di un medium di visualizzazione, di un'interfaccia informatica che ne permetta la sua fruizione e ne conferisca le chiavi di lettura.<sup>33</sup> Il disegno esplicita quelle esigenze descrittive che animano la forma della comunicazione. Quelle tensioni rappresentative che focalizzano il gesto del rappresentare nel suo essere metodo di comunicazione e, infine, di trasmissione dell'informazione.<sup>34</sup>

Il sistema narrativo al quale si riferisce uno specifico disegno o un modello risulta parte di un linguaggio che, nella sua grammatica compositiva, può essere interpretato sulla base del concetto di disegnare da e per, valutando ciò che si vuole rappresentare e le finalità della rappresentazione tramite una riflessione che, in certi casi, risulta implicita, fondata anche sulle metodologie di acquisizione del dato metrico.<sup>35</sup>

In accordo con Philippe Queau *"il virtuale è una neo-realtà fatta di astrazione e modelli matematici nella quale avviene un isolamento del tempo che perde linearità e spessore"*.<sup>36</sup>

Il vantaggio dell'ambiente virtuale sta nel superare barriere e distanze, nel poter avvicinare oggetti e luoghi che nel reale sono lontani o difficilmente accessibili, ed è pertanto definibile come un'eterotopia<sup>37</sup> del tempo, dove quest'ultimo rimane sospeso accumulandosi all'infinito. Come nel caso dell'oggetto reale, dove il tempo stratifica segni e tracce che qualificano una superficie singolare, complicandone la forma, nel virtuale i dati si ordinano ma le connessioni si stratificano complicando le interrelazioni tra i dati.<sup>38</sup>

## LA TRASFORMAZIONE DEL LINGUAGGIO NELLA CARATTERIZZAZIONE DEI DATI

*"Locchio segue le vie che nell'opera gli sono state disposte."*

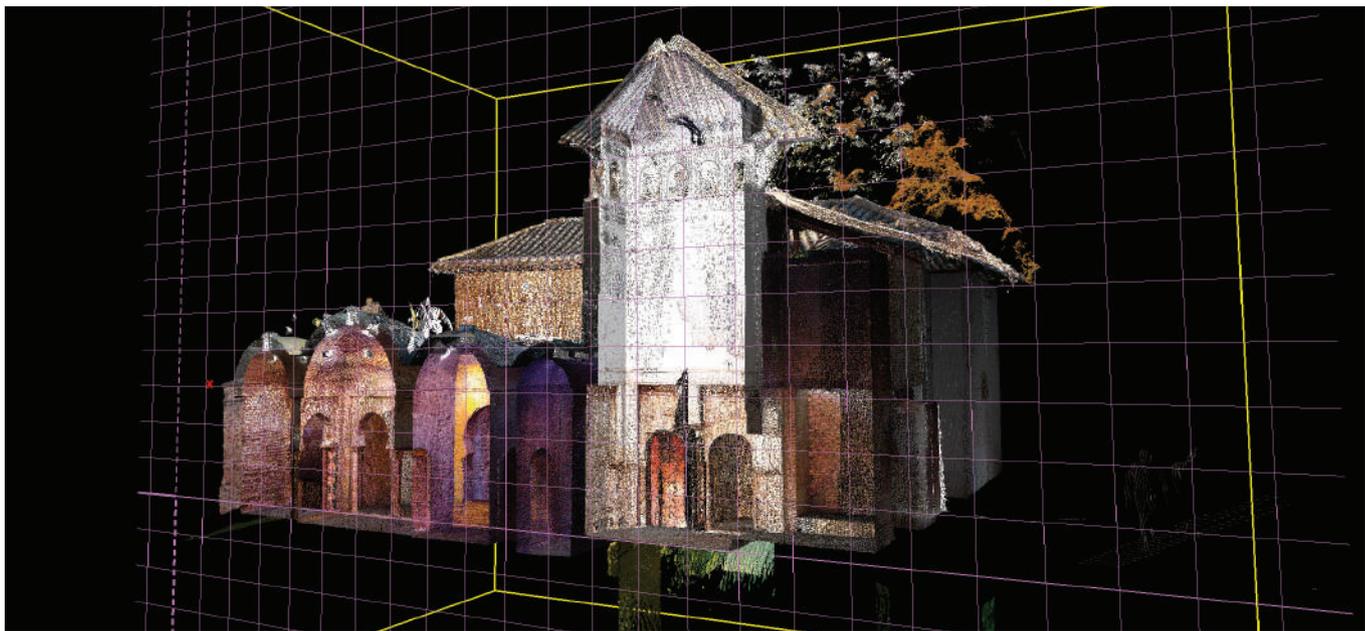
Paul Klee, 1925.

Nella rappresentazione *en plein-air* è il gesto che definisce un segno che riassume e racconta il paesaggio. Il disegnatore utilizza un proprio codice grafico, fatto di segni e gestualità, scelto per la descrizione del luogo. Lo spettatore che osserva il disegnatore è istintivamente incuriosito ad indagare l'effettiva corrispondenza tra disegno e realtà. La disciplina della rappresentazione nell'atto di riprodurre, per sua natura, ricerca, attraverso le tecniche figurative, una conformità tra oggetto originale/copia, e ambiente reale/virtuale.<sup>39</sup> Le rappresentazioni permettono uno "spazio bianco" come definisce M. Foucault e aprono uno "spazio la cui struttura interna da origine al

*significato*", uno spazio da riempire attraverso il tracciamento dei ricordi legati all'immaginazione, dettato dalla scena attuale, dal territorio da esplorare, dall'oggetto da conoscere e dal tempo.<sup>40</sup> La digitalizzazione della comunicazione ha portato con sé, negli ultimi trent'anni, un'enorme ripresa della grafica delle informazioni e della visualizzazione assistita da computer. Per molti anni abbiamo visto come sono emerse continuamente nuove possibilità e nuovi strumenti per presentare visivamente informazioni.<sup>41</sup>

*"La scienza si trova di fronte a due ostacoli che programmatori, editori e ricercatori sviluppano idee su base giornaliera su come le informazioni visualizzate, grandi e piccole, potrebbero arricchire le nostre vite quotidiane in futuro.*

*Nel mezzo di questa lungimiranza ne impediscono i progressi: in primo luogo l'incapacità dei nostri sensi di scoprire le verità e in secondo luogo l'inadeguatezza del linguaggio per esprimere le verità che abbiamo acquisito.*

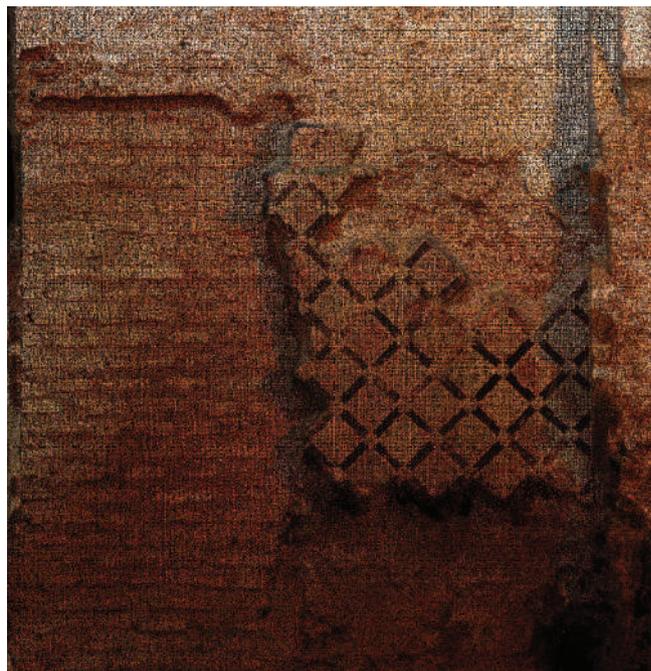


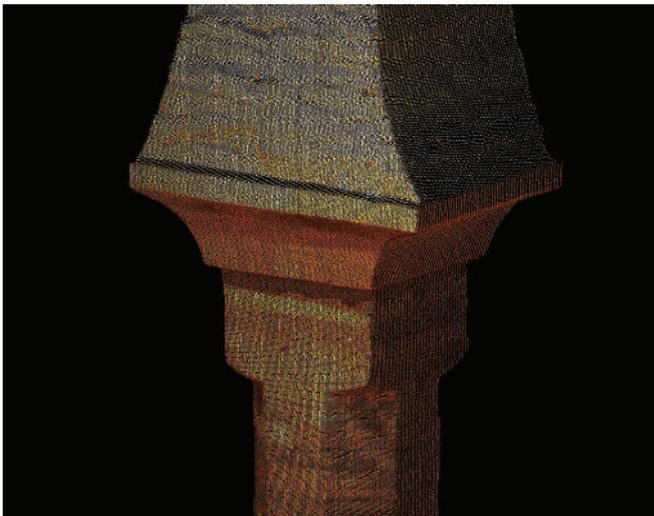
*Loggetto del metodo scientifico è quello di eliminare questi ostacoli; il metodo grafico raggiunge questo duplice obiettivo meglio di ogni altro."*

*Étienne-Jules Marey, 1878.<sup>42</sup>*

Persiste così l'idea che l'evoluzione della visualizzazione delle informazioni come strumento culturale sia avvenuta solo attraverso la digitalizzazione. Questa ipotesi è tuttavia incoerente. La codifica visiva delle informazioni, al fine di memorizzare e trasmettere i dati, non è propria della generazione Y<sup>43</sup> nativa digitale, ma esito di un'evoluzione di uno strumento culturale. La visualizzazione delle informazioni<sup>44</sup> indica una tecnica o un metodo funzionale per la produzione e la diffusione di conoscenza. Questo strumento comprende tutti gli aspetti della preparazione di informazioni o dati, il processo di codifica visiva e la conservazione e distribuzione di esso attraverso l'uso di molteplici mezzi visivi.<sup>45</sup> Per secoli incisioni e litografie sono stati i media dominanti nella cultura occidentale per le opere di informazione. Difficilmente è possibile identificare il momento chiave nella storia della visualizzazione quando tutto ha avuto inizio. Il processo trasformativo attraverso il quale il materiale sorgente viene convertito in qualcosa di visivo implica una serie di passaggi automatici di pensiero attraverso i quali si tende ad enfatizzare e codificare visivamente alcune caratteristiche del materiale sorgente, mentre altre vengono ignorate.<sup>46</sup>

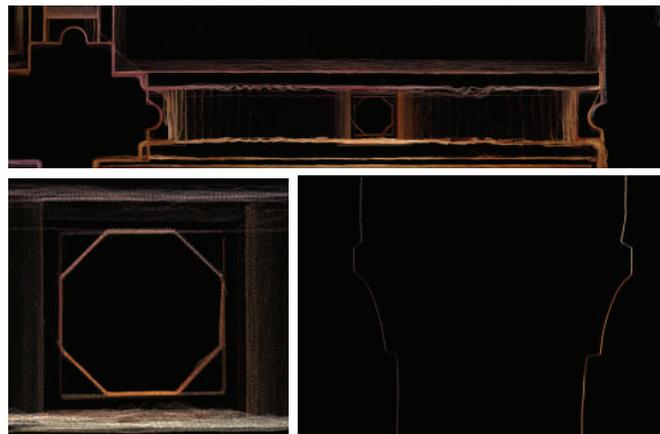
La visualizzazione delle informazioni è quindi particolarmente legata all'esperienza soggettiva del disegnatore, si basa sulla codifica visiva delle informazioni selezionate, tramite cui è reso possibile il trasferimento delle conoscenze.<sup>47</sup> L'educazione alla rappresentazione dello spazio consente all'architetto di dare vita espressiva a nuove progettualità, così come ad atti di testimonianza, tramite le azioni di documentazione del passato. Il disegno nasce non come strumento per la comunicazione ma come strumento del ricordo, per poter riconoscere quello che viene rappresentato è necessario conoscerlo, ed aver stabilito dei codici di lettura di trasformazione del disegno in un linguaggio. Tale concetto ribadisce la soggettività della rappresentazione e della lettura del rappresentato<sup>48</sup> e sostiene

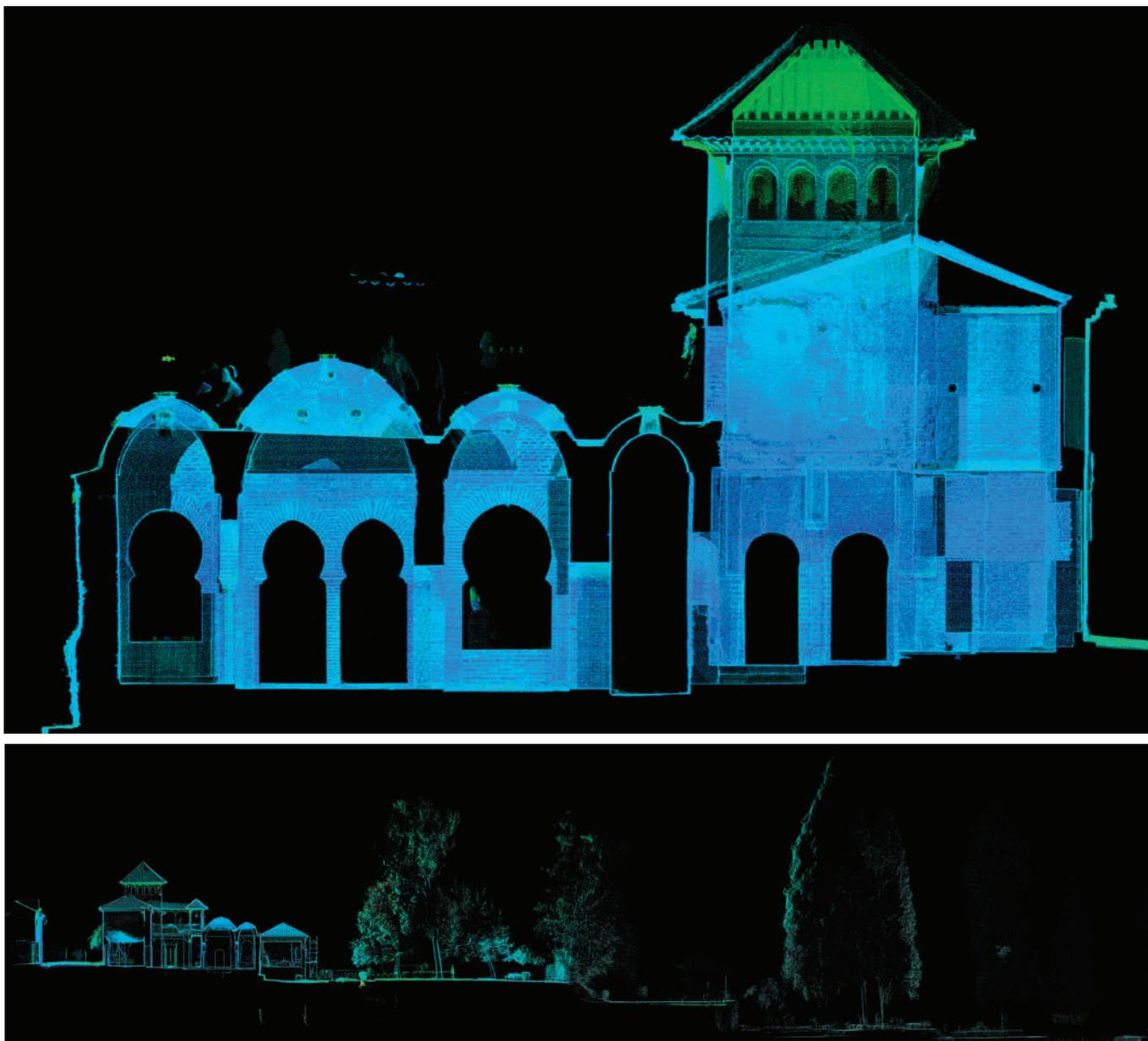




In queste pagine e in quella seguente: dettagli della nuvola di punti dei paramenti interni e degli elementi architettonici presenti nei *Baños de La Mezquita de la Alhambra*. Si nota la qualità morfometrica e colorimetrica della banca dati digitale, capace di mettere in evidenza il dettaglio delle superfici, così come le relazioni che intercorrono tra gli ambienti e gli elementi in essi presenti.

la stretta analogia che intercorre tra il percepire, il rilevare e quindi il conoscere. Portando con sé il concetto di limite, come ogni linguaggio, il disegno non arriva alla rappresentazione perfetta della realtà, rimane pur sempre una rappresentazione imperfetta<sup>68</sup> che, con il cambio degli strumenti, ha teso a colmare tale limite dell'imperfezione in una continua ricerca dell'emulazione dello spazio reale.





## 2.4 IL DISEGNO DELL'HAMMAM

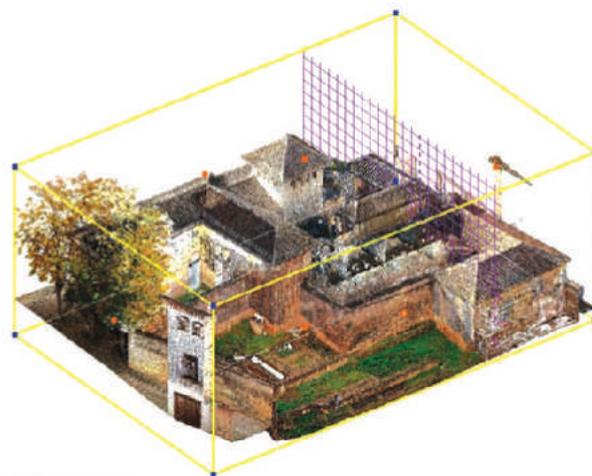
I dati raccolti durante la campagna di rilievo sono stati elaborati al fine di ottenere disegni descrittivi dello stato conservativo dei bagni dell'Alhambra, finalizzati al confronto con le planimetrie e gli schemi dell'impianto originale descritto nei documenti d'archivio. Il lavoro di ricerca intende trasmettere, attraverso la realizzazione di elaborati grafici, i valori storici ed artistici di cui è portatore il complesso architettonico. La rappresentazione degli alzati e delle planimetrie è stata, in questo senso, di aiuto alla comprensione e all'analisi della configurazione degli spazi. L'intento di elaborare un disegno ampiamente descrittivo ha richiesto la progettazione di diversi livelli di dettaglio, attraverso l'impostazione di *layer* diversificati nella qualità del tratto, esplicitati dall'utilizzo di spessori di linea ponderati per la descrizione dei livelli di profondità del disegno. Le linee sono state settate a seconda dei fattori di prossimità e in base alla grandezza dimensionale dell'elemento di rappresentazione. In generale, la macro divisione dei *layer* di disegno è stata ordinata sulla base della macro differenziazione tra elementi sezionati ed elementi in proiezione, identificando un primo, secondo e terzo piano di profondità. Una seconda differenziazione è stata impostata in funzione del materiale rappresentato per avere una prima componente informativa di discretizzazione tipologica degli elementi architettonici. Sono stati impostati dei piani di taglio all'interno del *database* che fossero descrittivi della distribuzione planimetrica. In tal modo si è strutturata una banca dati di disegni per interpretare i rapporti geometrici relativi ai diversi ambienti, con le specificità delle componenti architettoniche, e al contesto. L'insieme di tali rappresentazioni dovrebbe fornire un quadro di orientamento che descrive, come in un percorso, una narrazione che congiunge il macrosistema ambientale con il microsistema decorativo e ornamentale. Per avere un maggiore dettaglio, l'esportazione delle ortofoto è stata eseguita per fasi, secondo l'ordine dei piani di profondità degli elementi presenti nella sezione, andando ad accendere/spengere solo le *scan station* utili a

rappresentare gli elementi presenti su un determinato livello di profondità. L'impossibilità di riprodurre nei minimi dettagli la complessità della costruzione architettonica ha imposto la strutturazione di convenzioni grafiche e sintesi geometriche. Essendo i dati acquisiti sovraccarichi di informazioni, sono state condotte operazioni implicite di lettura, comprensione e filtraggio delle informazioni grafiche sul dato della nuvola di punti. Il disegno è infatti sempre un atto critico e interpretativo. La procedura di quantificazione del dettaglio del disegno varia a seconda dell'obiettivo del lavoro: ogni scala di rappresentazione segue un proprio schema di lessico grafico. In questo caso, le sezioni del progetto sono state sviluppate in scala 1:50 per facilitare la rappresentazione delle tessiture murarie; la planimetria in scala 1:100 per consentire la lettura dei rapporti tra i diversi ambienti; le sezioni ambientali in scala 1:200 per permettere la comprensione globale dello spazio. La fase di disegno è iniziata con la strutturazione di piani di taglio all'interno del *database* laser tramite il *software Cyclone*, per poi procedere all'esportazione di ortoimmagini riferenziate secondo l'UCS (sistema di coordinate x,y,z) del piano di riferimento. Queste ultime sono state utilizzate come base per i processi di vettorializzazione della nuvola di punti in ambiente CAD. La divisione del dato delle ortoimmagini secondo livelli di profondità ha permesso di prestare particolare attenzione al trattamento dei piani del disegno in fase di post produzione grafica dell'immagine. Le ortofoto esportate dai modelli 3D fotogrammetrici sono state orientate e sovrapposte ai *layer* delle immagini esportate dalla nuvola di punti laser, per consentire un controllo incrociato dei dati e fornire la lettura maggiori informazioni su cui basare il processo di discretizzazione. In questo modo è stato possibile restituire un'immagine coerente, affidabile e facilmente interpretabile dall'osservatore. Seguendo l'ordinata suddivisione in *layer* grafici di rappresentazione, sono stati disegnati gli elementi principali, utilizzando

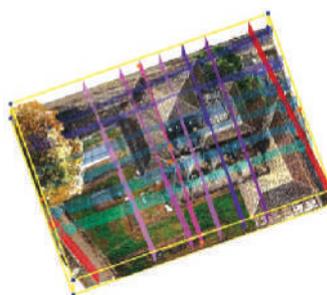


“polilinee chiuse” per l’architettonico e “schizzo” per il verde. La rappresentazione parte da un disegno generale degli elementi sezionati e delle volumetrie presenti per poi andare a dettagliare ciascun elemento nella propria caratterizzazione. Dove il dato della nuvola di punti risultava poco efficace per la comprensione delle linee principali di rappresentazione è stato necessario andare ad effettuare delle integrazioni puntuali delle informazioni attraverso l’osservazione diretta delle fotografie e dei fotopiani. L’ortoimmagine, ottenuta dalla nuvola di punti, permette una prima elaborazione del disegno a “filo di ferro” che, sovrapposto al dato della nuvola di punti a colori e al fotomosaico, permette di avere un risultato di rappresentazione completo dei dettagli.

Per garantire la chiarezza dei piani di profondità, le ortoimmagini sovrapposte al ripasso in fil di ferro sono state trattate attraverso l’utilizzo di livelli opacizzati. In particolare, sono stati scelti dei gradienti in una scala dal 100% (per gli elementi in primo piano) tra il 10% e 25% (per gli elementi in secondo piano) che permettessero la lettura delle informazioni senza la perdita del dettaglio delle immagini. La logica di lettura e suddivisione in *layer* è stata mantenuta anche nella strutturazione dell’elaborato di disegno finale.

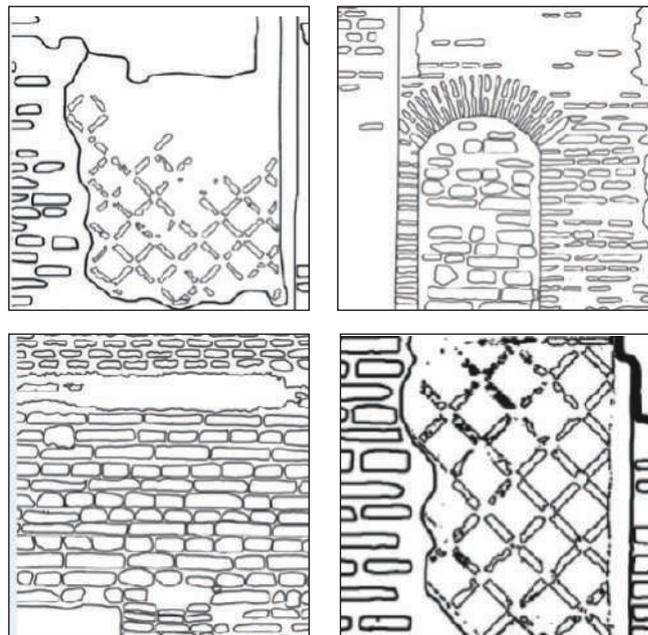


Definizione dei piani di sezione della nuvola di punti, strutturati al fine di ottenere elaborati descrittivi delle principali murature interne ed esterne del complesso.

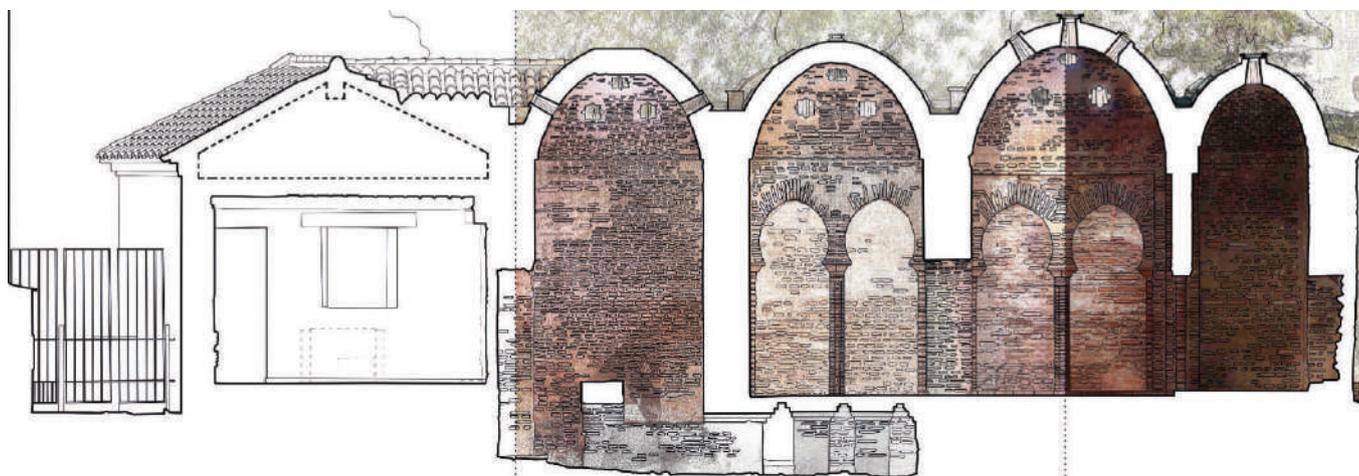


Ciascuna sezione è stata restituita in 3 modalità:

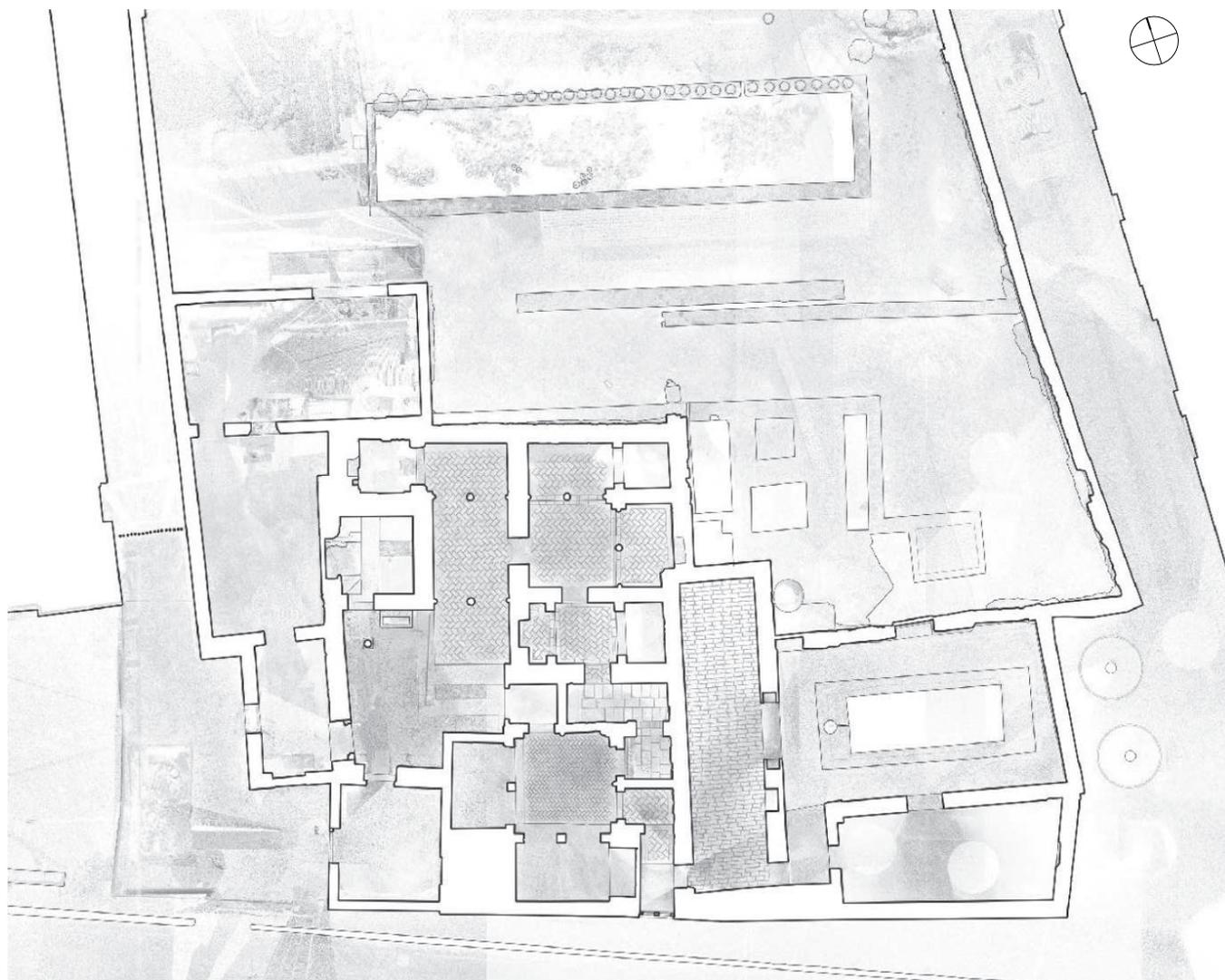
- *Disegno a fil di ferro* per la lettura delle sole linee di ripasso, in cui si apprezza lo sforzo di rappresentazione delle singole tessiture murarie che riportano graficamente anche i principali degradi delle superfici lapidee (erosioni, distacchi, mancanze).
- *Disegno a fil di ferro* con sovrapposizione delle ortofotografie della nuvola di punti (RGB), in cui l'elaborato si dettaglia nella componente informativa dei particolari materici e del colore.
- *Disegno a fil di ferro* con sovrapposizione delle ortofoto del fotopiano e della nuvola di punti, in cui all'elaborato materico resta il compito di evidenziare le alterazioni cromatiche. L'elaborazione fotogrammetrica 3D di ciascuna porzione di muratura ha generato un modello tridimensionale ad altissimo dettaglio geometrico e colorimetrico, rendendo possibile l'analisi dei paramenti murari di ciascun ambiente (interno ed esterno) e offrendo la possibilità di lettura di alcune forme di degrado (come ad esempio le alterazioni cromatiche, le macchie o le incrostazioni).



Processo di elaborazione di disegni a fil di ferro e con texture fotografica. In alto, dettagli delle tessiture murarie presenti.



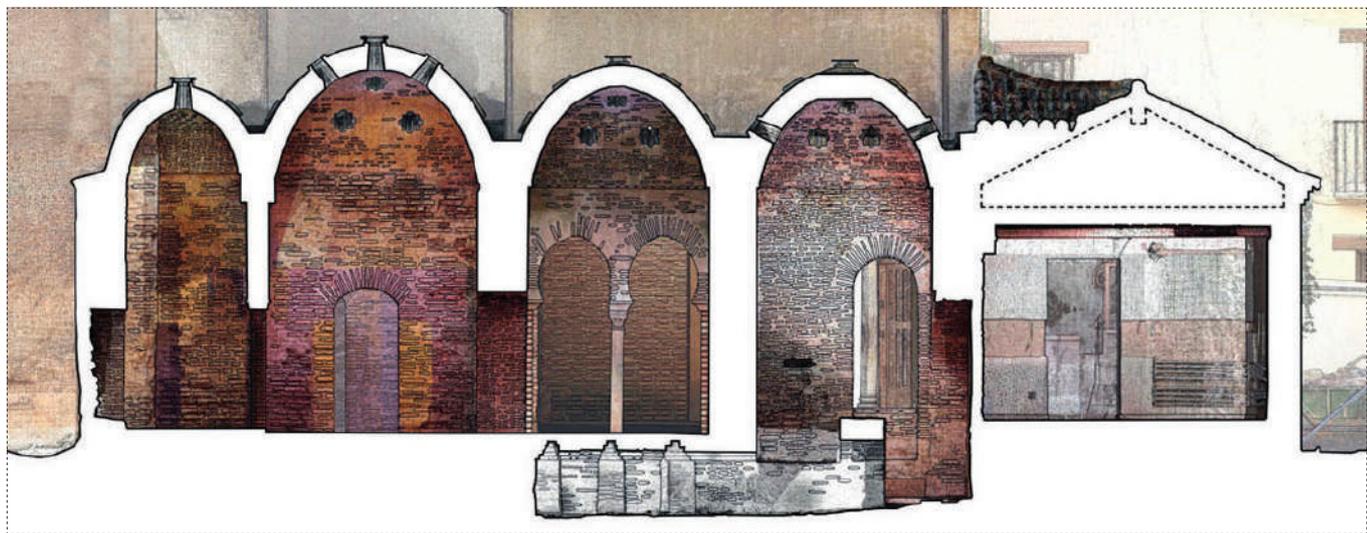
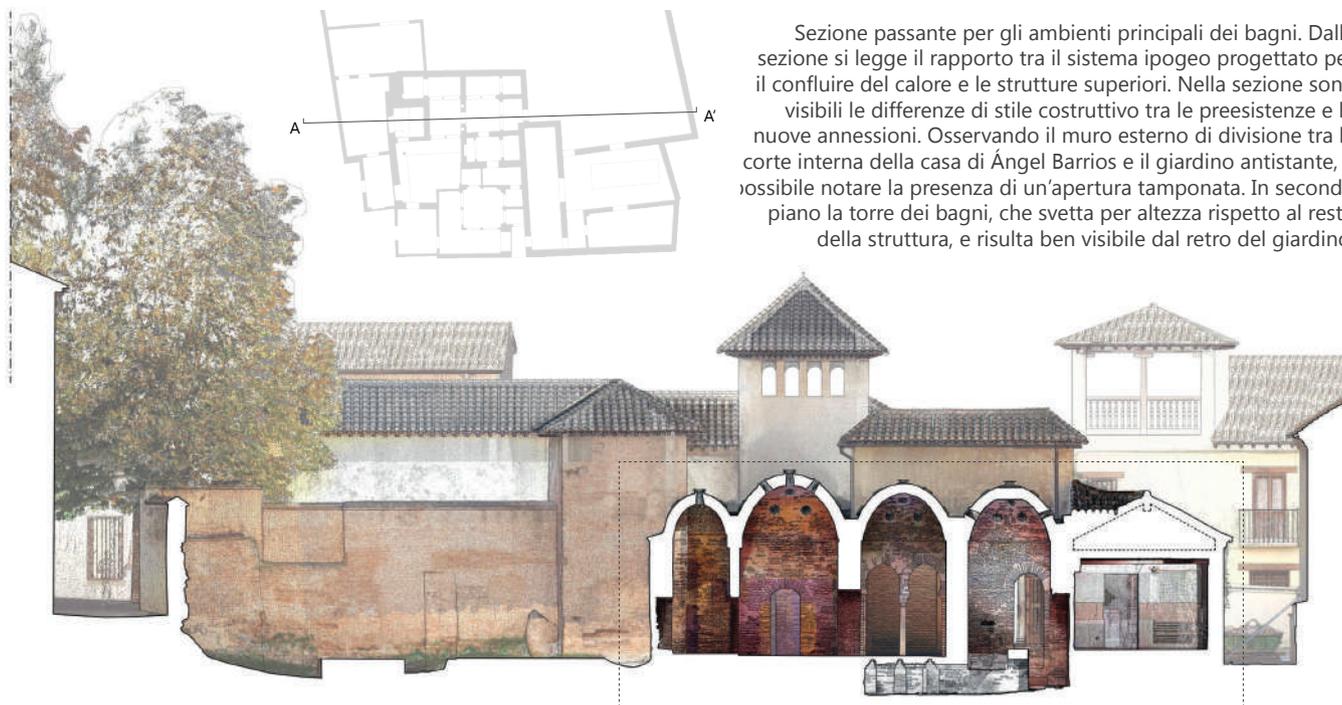
## PLANIMETRIA



Dallo sviluppo planimetrico si può osservare la coesistenza tra l'impianto storico dell'edificio e gli interventi di restauro e di annessione dei nuovi ambienti. Risultano chiare le quattro divisioni che individuano l'area dell'*hammam*, l'abitazione di Ángel Barrios, l'operazione di ampliamento per l'area dedicata al museo a lui

dedicato e il giardino dell'*Alamedilla* sul retro con i resti archeologici. La planimetria esplicita le preesistenze dei bagni, come le colonne, posizionate all'ingresso del primo patio, e il vano della caldaia.

## SEZIONE AA'



## SEZIONE BB'

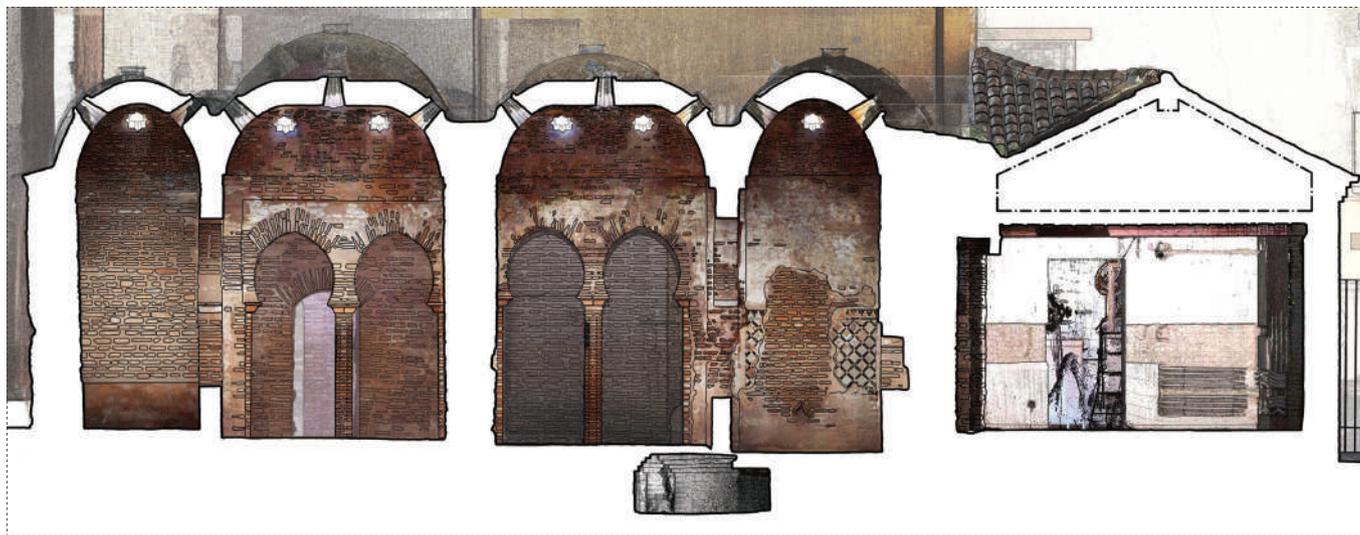
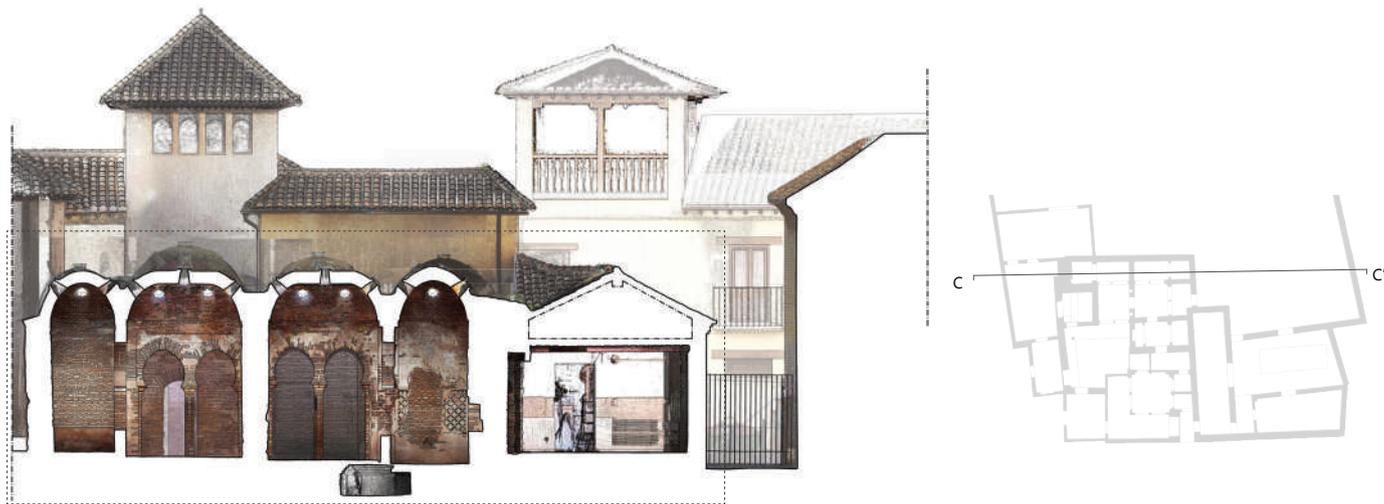
Sezione passante per l'ingresso al Patio. All'ingresso, posizionato sulla *Calle Real*, è visibile il cambio di quota tra il livello del manto stradale e l'area del giardino *Alamedilla*. Nel paramento murario del primo ambiente è possibile leggere un cambiamento nella tessitura. Questo evidenzia la preesistenza di una porta successivamente tamponata, che conduceva ad un ambiente ad oggi inaccessibile. Dalla sezione si comprendono i tre livelli di quota analizzati durante le fasi del rilievo: il livello delle caldaie, che arriva alla stessa quota del giardino; il piano di calpestio degli ambienti dei bagni e il livello del ballatoio, posizionato all'altezza delle coperture a cupola.





## SEZIONE CC'

Dalla sezione si osserva la netta differenza che sussiste tra il nuovo ampliamento (in fase di costruzione al momento del rilievo nel 2019) e gli ambienti dei bagni. La sezione evidenzia il rapporto tra gli ambienti e l'unico sistema di illuminazione, rappresentato dagli oculi stellati. É inoltre evidente l'intervento di restauro e la ricostruzione delle colonne in laterizi regolari. Sul paramento murario emergono alcuni resti del decoro tipico Nazari.





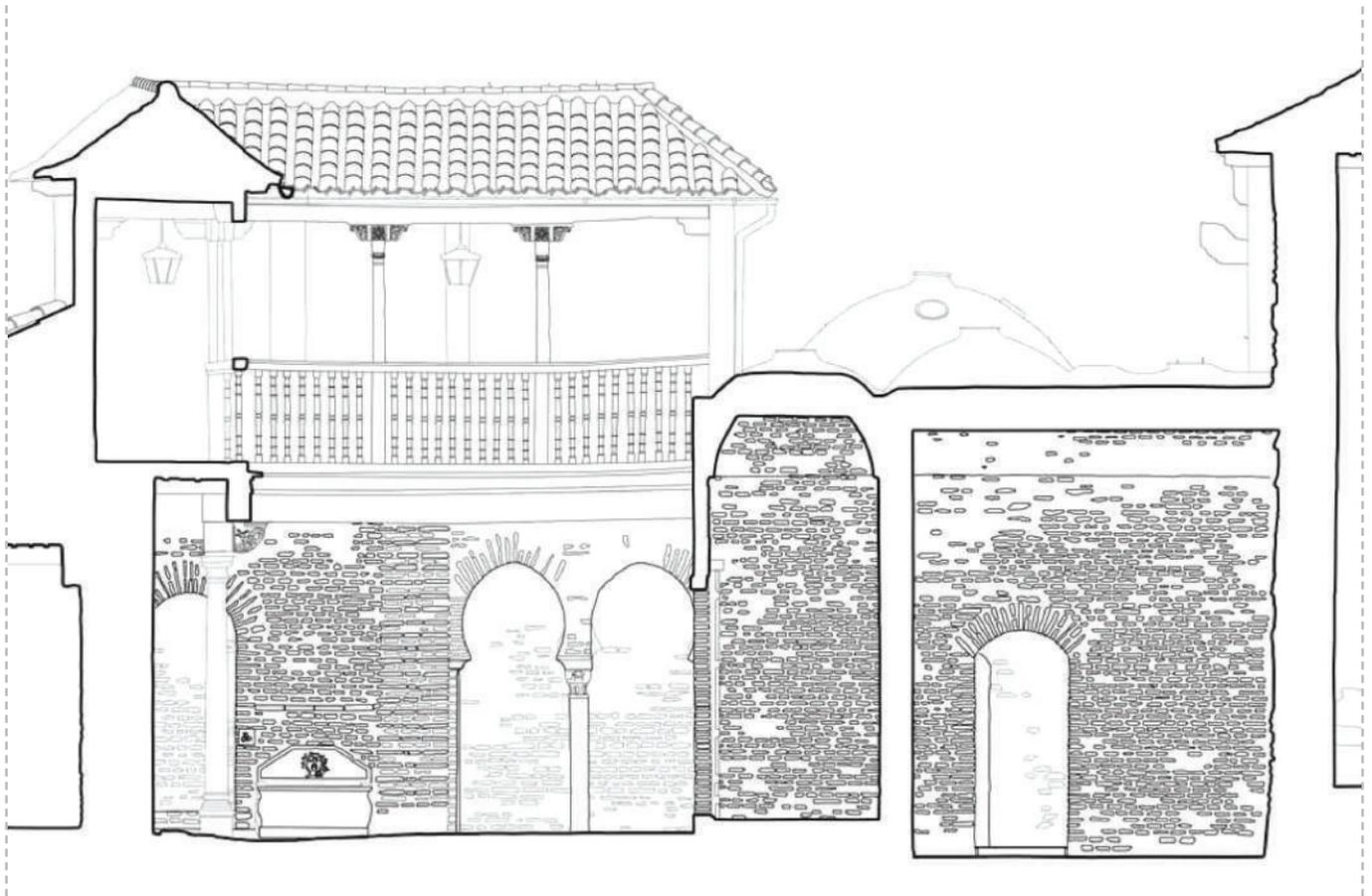
## SEZIONE DD'

La sezione passa attraverso il museo di Ángel Barrios, attraversando il patio dove sono ancora oggi presenti le due colonne e la fontana, tra i pochi elementi autentici rimasti. Sulla destra sono evidenti le aggiunte del 1948, realizzate a seguito della costruzione della casa di Ángel Barrios. Nel progetto della casa con corte è stato ricercato lo stesso linguaggio architettonico che si ritrova in altri ambienti dell'Alhambra, specie nelle decorazioni in gesso degli archi e nel decoro calligrafico in facciata.

## SEZIONE EE'

La sezione ambientale inquadra i bagni in relazione al complesso Palazzo del Carlo V e alla chiesa di S. Maria. Le dimensioni ridotte dell'edificio fanno perdere la percezione della presenza dei bagni lungo l'asse di *Calle Real*, schiacciati dall'imponenza dei due edifici. Forse anche per questo motivo, a oggi i bagni risultano un luogo marginale per il turismo, dimenticato dai percorsi interni di visita al complesso museale.





## SEZIONE FF'

Nella sezione è rappresentato il rapporto tra gli ambienti dei bagni e il contesto esterno. Il giardino sul retro oggi viene utilizzato come punto di deposito di coltura delle piante di ornamento del complesso museale. Non essendo, per questa ragione, accessibile al pubblico, è oggi un luogo marginale rispetto al resto del complesso monumentale.





## SEZIONE GG'

Il patio d'ingresso rappresentato in sezione è caratterizzato da un ballatoio in legno a cui, a oggi, si può far accesso solo dal livello delle coperture. Il parapetto in legno e le mensole delle travi hanno un motivo decorativo che si trova anche nei parapetti del palazzo del Generalife. Dalla sezione è evidente il rapporto di scala tra l'edificio dei bagni e la chiesa di Santa María, costruita successivamente alla demolizione della Moschea.



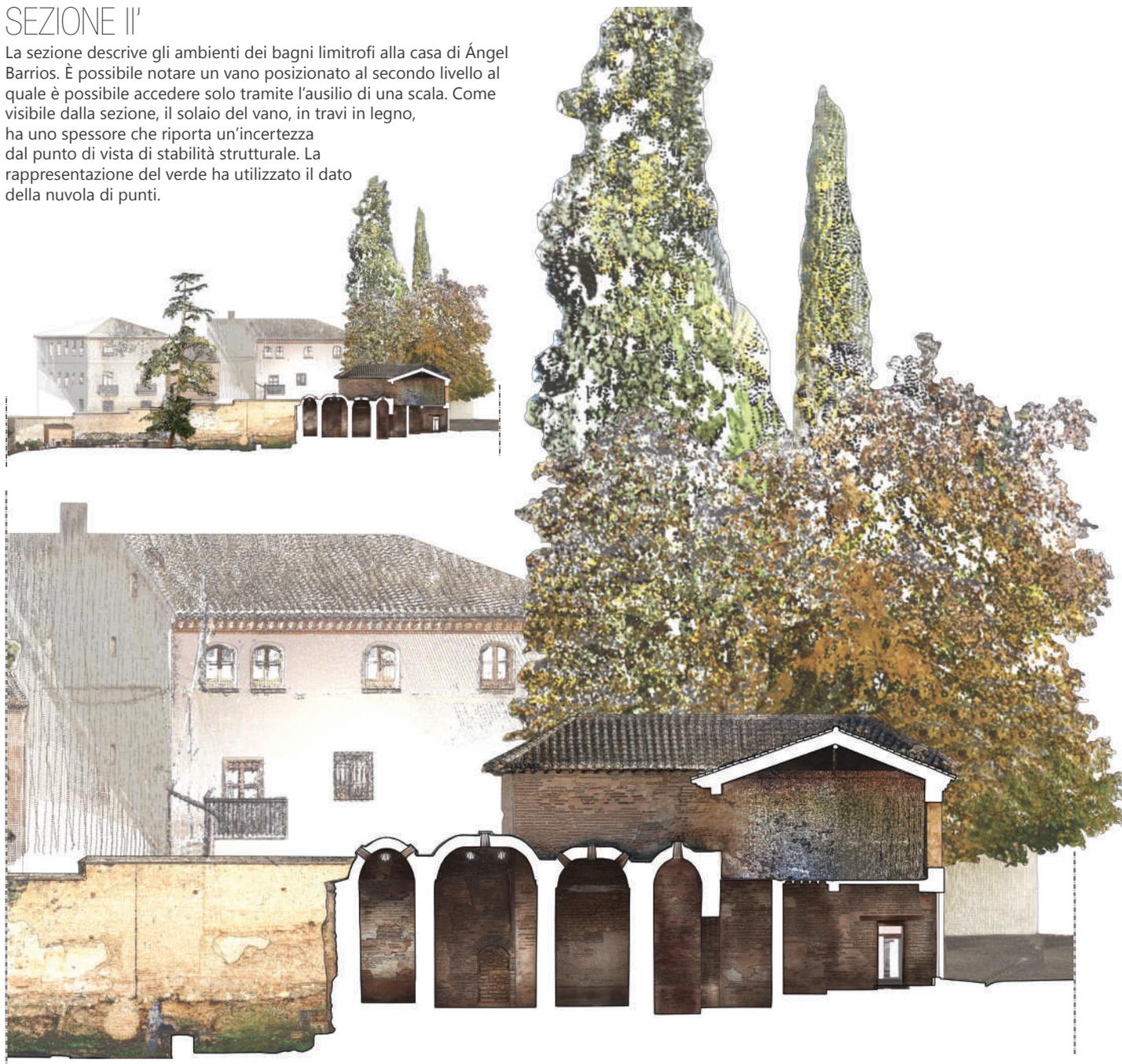
## SEZIONE HH'

La sezione passa per i locali della casa di Ángel Barrios, costruita a un livello più basso rispetto al manto stradale, composta da due ampi vani che superano i 4 metri di altezza. Il disegno della facciata è impreziosito dal decoro parietale in gesso, che incornicia la bifora e l'arco d'ingresso, riprendendo i motivi geometrici della decorazione araba.



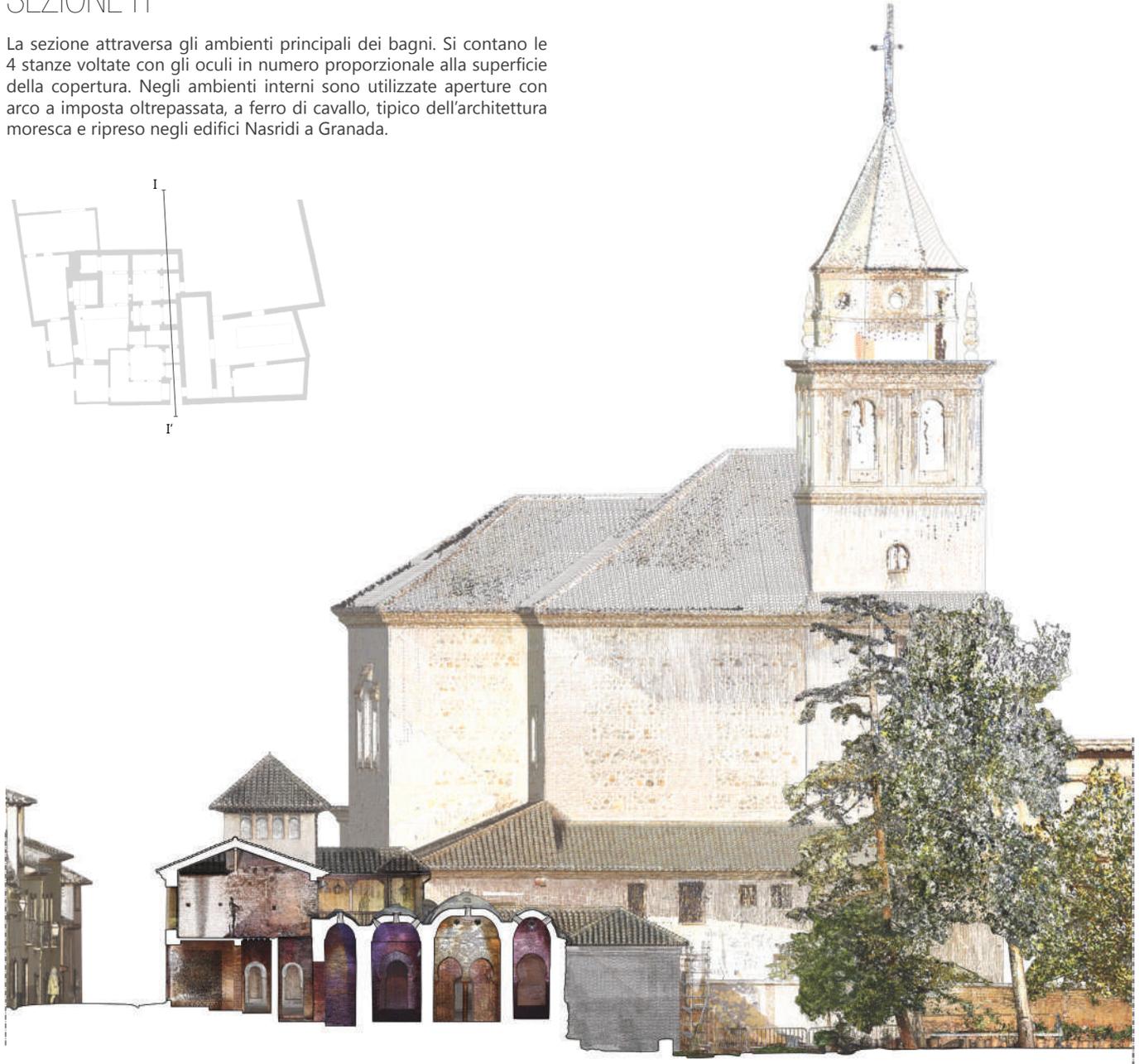
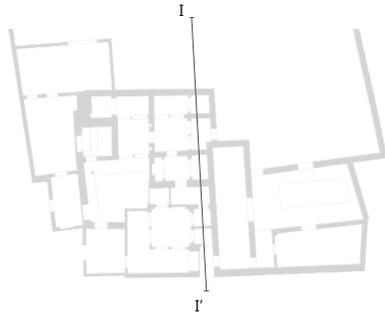
## SEZIONE II'

La sezione descrive gli ambienti dei bagni limitrofi alla casa di Ángel Barrios. È possibile notare un vano posizionato al secondo livello al quale è possibile accedere solo tramite l'ausilio di una scala. Come visibile dalla sezione, il solaio del vano, in travi in legno, ha uno spessore che riporta un'incertezza dal punto di vista di stabilità strutturale. La rappresentazione del verde ha utilizzato il dato della nuvola di punti.



## SEZIONE I'I

La sezione attraversa gli ambienti principali dei bagni. Si contano le 4 stanze voltate con gli oculi in numero proporzionale alla superficie della copertura. Negli ambienti interni sono utilizzate aperture con arco a imposta oltrepassata, a ferro di cavallo, tipico dell'architettura moresca e ripreso negli edifici Nasridi a Granada.



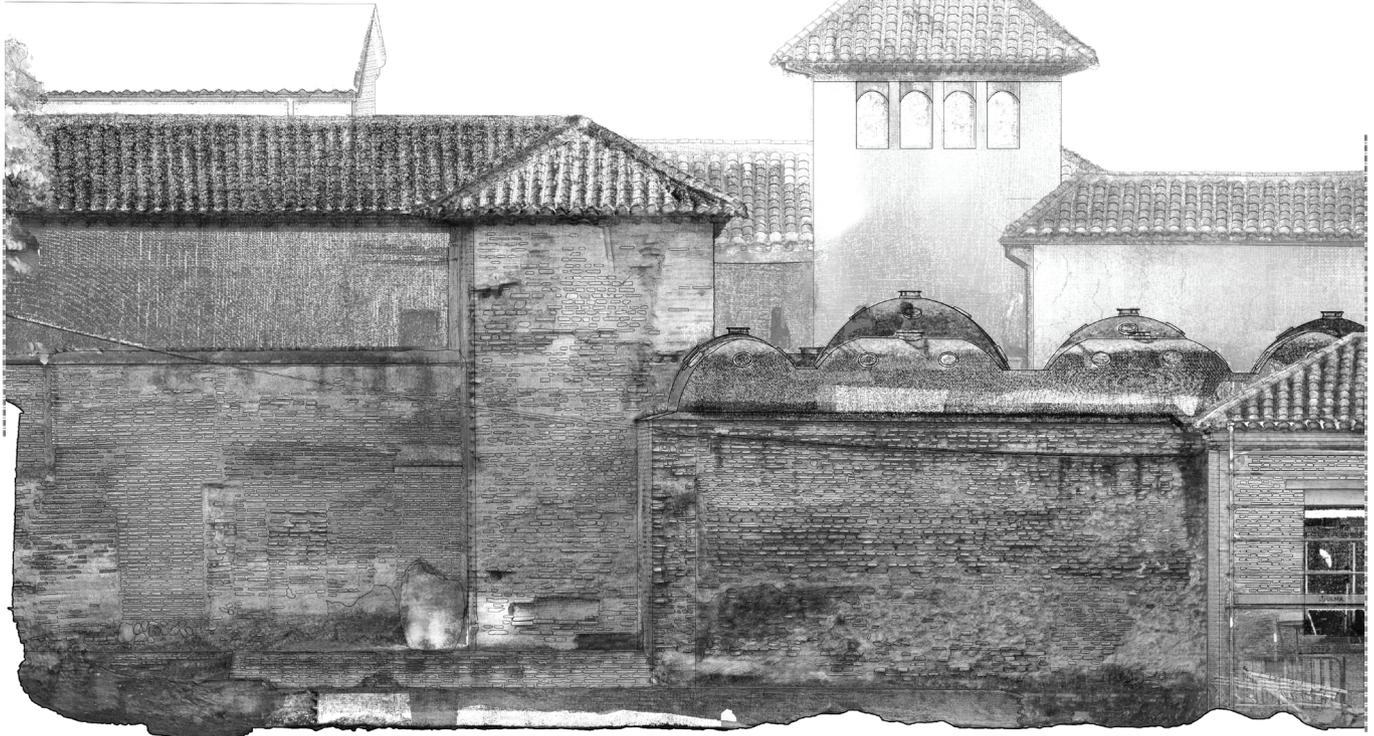
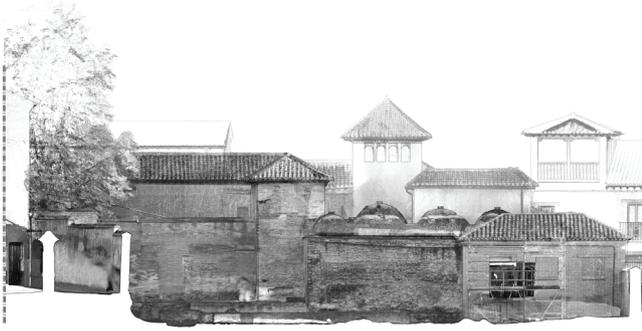
## SEZIONE LL'

Il prospetto dei bagni lungo la *Calle Real*, l'unico lato ben visibile ai visitatori del complesso monumentale. È netto il distacco tra il setto murario della costruzione storica dei bagni e la porzione annessa della casa di Ángel Barrios: da un lato un'orditura con laterizio faccia a vista, dall'altro il muro intonacato. Su questo lato è presente lo storico accesso all'hammam, recentemente ripristinato.



## SEZIONE MM'

L'immagine del complesso dall'interno del giardino. Si nota come la porzione storica sia inglobata tra gli edifici annessi. Nelle opere aggiunte emerge la volontà di utilizzare materiali e tecniche costruttive che fossero in grado di dialogare con l'impianto storico dei bagni, nell'utilizzo del materiale e nella volontà di connessione tra gli spazi interni e gli esterni.



## NOTE

1 Cfr. Saggio A. (2010). *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci p. 428.

2 Cfr. Parrinello S. (2019). *Preserving memory through image. Landscaper and digital databases for documentation*. In: (a cura di) Sandro Parrinello, *Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage*. Pavia: Pavia University Press, pp. 19-33.

3 Il testo della Carta per la conservazione del patrimonio digitale è stato adottato durante la Conferenza Generale dell'UNESCO nel corso della sua 32ª sessione svoltasi a Parigi e conclusasi il 17 ottobre 2003. Il documento tratta l'argomento del patrimonio digitale, costituito da risorse uniche di conoscenza e di espressione umana che hanno un valore e un significato duraturi e, quindi, costituiscono un patrimonio che deve essere protetto e preservato per le generazioni attuali e future, sottraendolo ai rischi della rapida obsolescenza dell'hardware e del software. Per questo gli Stati membri devono garantire la continuità del patrimonio digitale, allertando i responsabili politici e sensibilizzando il grande pubblico sia sul potenziale dei media digitali sia sulle pratiche della conservazione, e favorire, in accordo con le istituzioni, le università e altre organizzazioni di ricerca, progetti per la creazione, la diffusione, la conservazione e la continua accessibilità del loro patrimonio digitale.

4 Art. 1 Carta per la conservazione del patrimonio digitale. Adottata dalla 32esima sessione della Conferenza Generale dell'UNESCO, 17 ottobre 2003, Parigi.

5 Art. 5 Carta per la conservazione del patrimonio digitale. Adottata dalla 32esima sessione della Conferenza Generale dell'UNESCO, 17 ottobre 2003, Parigi.

6 L'Agenzia per l'Italia Digitale (Agid) è l'agenzia tecnica della Presidenza del Consiglio a cui è affidato il compito di garantire la realizzazione degli obiettivi dell'Agenda digitale italiana. Coordina le amministrazioni nell'attuazione del Piano Triennale per l'informatica della Pubblica amministrazione. L'obiettivo di fondo è contribuire alla diffusione dell'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, favorendo così l'innovazione e la crescita economica. Il presente documento definisce i nuovi criteri per la fornitura del servizio di conservazione dei documenti informatici, fissando in un apposito allegato i requisiti generali nonché i requisiti di qualità, di sicurezza e organizzazione necessari per la fornitura del servizio. È stato redatto dal Tavolo di lavoro dell'Agenzia per l'Italia Digitale, istituito con determinazione del Direttore Generale n. 137 del 2 maggio 2018. Al Tavolo di lavoro, coordinato da Patrizia Gentili, hanno

partecipato Alessandra Antolini, Gaetano Bruno, Matteo Carabellese, Antonio Florio, Enrica Massella Ducci Teri, Guido Pera, Vincenzo Travascio, Cristina Valiante. A titolo di esperti hanno partecipato inoltre Walter Arrighetti, Pietro Falletta Giacomo Massi e Luigi Avena, sentito anche il MIC come da art. 23 ter comma 4 del CAD.

7 CAD - Codice dell'amministrazione digitale, *Il Codice dell'Amministrazione Digitale* (CAD) è un testo unico che riunisce e organizza le norme riguardanti l'informatizzazione della Pubblica Amministrazione nei rapporti con i cittadini e le imprese. Istituito con il decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, è stato successivamente modificato e integrato prima con il decreto legislativo 22 agosto 2016 n. 179 e poi con il decreto legislativo 13 dicembre 2017 n. 217 per promuovere e rendere effettivi i diritti di cittadinanza digitale.

8 Art. 43 Codice dell'amministrazione digitale - Riproduzione e conservazione dei documenti.

9 Ogni giorno, oltre 5 miliardi di persone interagiscono con i dati digitali. Entro il 2025, tale cifra salirà a 6 miliardi, vale a dire il 75% della popolazione mondiale prevista. A quel punto, la persona media interagirà con i dati digitali almeno una volta ogni 18 secondi, o 4.909 volte al giorno attraverso un totale di 150 miliardi di dispositivi connessi.

10 Maldonado T. (2005). *Memoria e luoghi dell'abitare. Sulle sorti del sapere nella prospettiva digitale*. Milano: Feltrinelli editore p. 176.

11 Cfr. Russo M., Remondino F. & Guidi G. (2011). *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico Archeologia e Calcolatori*, 22, 2011, pp. 169-198.

12 Per *range-based* si intendono quelle strumentazioni che utilizzano sensori di tipo attivo utilizzati per un processo di decodifica della luce per la lettura spaziale, rientrano in questa tipologia le strumentazioni laser scanner, strumenti a proiezione di luce strutturata, radar, stazioni totali. Con il termine *image-based* si fa riferimento a strumenti di tipo passivo tratta di luce naturale i metodi di misura si dicono "passivi" il cui risultato basandosi su il riferimento delle immagini dipende da come la luce naturale agisce su di esse condizionando il risultato dell'acquisizione di rilievo rientrano a far parte di questa categoria le tecniche di fotogrammetria, i teodoliti. (Cfr. Russo M., Remondino F. & Guidi G. (2011). *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico Archeologia e Calcolatori*, 22, 2011, pp. 169-198).

- 13 Cfr. de Luca L., Lo Buglio D. (2014). *Geometry vs Semantics: Open Issues on 3D Reconstruction of Architectural Elements*. In: Marinou Ioannides; Ewald Quak. *3D Research Challenges in Cultural Heritage*, 8355, Springer Berlin Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science
- 14 Cfr. Osello A., Ugliotti F. M. (2017). (a cura di) *BIM: verso il catasto del futuro. Conoscere, digitalizzare, condividere. Il caso studio della Città di Torino*, Roma: Gangemi Editore.
- 15 Cfr. Apollonio F., Gaiani M., Remondino F. (2010) *Una pipeline per l'acquisizione di dati in 3D*, in (a cura di) Benedetti B., Gaiani M, Remondino F. *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale pp. 39-63.
- 16 Cfr. Dell'Amico A. (2020) *The application of fast survey technologies for urban surveying: the documentation of the historic center of Santa Cruz de Mompox*. In (a cura di) Barba S., Parrinello S. Limongiello M., Dell'Amico A. *D-SITE Drones - Systems of Information on cultural Heritage. For a spatial and social investigation*. Pavia: Pavia University Press.
- 17 L'acronimo SLAM in materia robotica sta ad indicare "Simultaneous Localization And Map building", ovvero il processo di mappatura robotizzata attraverso l'utilizzo di un robot o un veicolo che senza pilota riesce a navigare un ambiente utilizzando una mappa che viene generata dallo stesso in maniera simultanea.
- 18 Salgado, Sebastião (n. Aimorés 1944), fotografo brasiliano. Negli anni Settanta ha intrapreso l'attività fotogiornalistica, dopo aver seguito studi di economia e statistica. L'ingresso nell'agenzia *Magnum* nel 1979 segna l'inizio di reportage fotografici che con i toni del contrasto in bianco e nero, vogliono denunciare il divario crescente tra paesi ricchi e paesi poveri, esaltano la dignità di un'umanità sofferente. Il suo lavoro si focalizza sul tema della rappresentazione delle migrazioni umane, cui si è dedicato dal 1993 al 1999, pubblicando *Migrations: humanity in transition* (2000).
- 19 Riferimento online: [https://www.youtube.com/watch?v=VN0BWQQCV\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=VN0BWQQCV_c)
- 20 Kandinsky W. (1968) *Punto linea superficie*. Milano: Adelphi Edizioni p.17.
- 21 Cfr. Kandinsky W. (1968) *Punto linea superficie*. Milano: Adelphi Edizioni pp. 17-54.
- 22 Cfr. Parrinello S. (2013) *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*, Edifir, Firenze, pp. 54-56.
- 23 Cfr. Danelli D., *La realtà alleggerita. Sull'immagine digitale*. Risorsa online <http://www.kainos.it/Pages/articolo%20rice06.html>
- 24 Diodato R. (2005). *Eстетica del virtuale*. Milano: Bruno Mondadori p. 10.
- 25 Cfr. Parrinello S. (2017). *El levantamiento del Generalife. Campaña de 2017*. In: Parrinello S., Gómez-Blanco Pontes A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press, pp. 73-79.
- 26 Per approfondimenti: Parrinello S., Gómez-Blanco Pontes A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.
- 27 Cfr. De Marco R. (2017). *La construcción del archivo 3d*. In: *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. In: Parrinello S., Gómez-Blanco Pontes A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press. pp. 80-83.
- 28 Per il rilievo degli ambienti interni è stato utilizzato un sistema TLS laser scanner Faro Serie S150, impostando le singole scansioni a un livello di dettaglio alto con dato RGB attivo di acquisizione fotografica integrata (circa 6/8 minuti per scansione). Le riprese sono state così ordinate: piano terra, mantenendo la divisione tra ambienti interni ed ambienti esterni; livello primo, individuato dal piano di calpestio del ballatoio in legno che si sviluppa lungo i due lati del patio d'ingresso; sistema delle coperture a cupola; piano inferiore, individuato da una porzione accessibile dei canali di aerazione ipogei.
- 29 Cfr. Parrinello S., Picchio F. (2019). *Le fortezze di Portobello e del Rio Chagres a Panama. Un progetto di documentazione per la tutela del patrimonio e lo sviluppo di siti UNESCO*. Firenze: Edifir Edizioni Firenze, pp. 280-281.
- 30 Il laser scanner Faro Focus S150 utilizzato per la campagna di acquisizione ha una portata nominale fino a 150 m con un indice di accuratezza di 1 mm. È dotato inoltre di fotocamera integrata (165 MPX) con HDR fino a 5 esposizioni: tale scelta ha facilitato le operazioni di rilievo e consentito l'acquisizione di punti di controllo posti a una buona distanza, permettendo di ottenere una nuvola di elevata densità. Le scansioni sono state registrate utilizzando il programma per la gestione delle nuvole di punti *Leica Cyclone Core*.

31 Cfr. Wertheim M. (1999). *The Pearly Gates of Cyberspace. A History of Space from Dante to the Internet*. London: Virago. Wertheim M., laureata in fisica e in matematica, ha scritto per il «New York Times», il «Guardian» e «Wired». È autrice di *I pantaloni di Pitagora* (1996), in cui analizza la relazione tra fisica e religione. Il suo interesse per le nuove forme di comunicazione scientifica ha dato vita a *Crochet Coral Reef*, il più vasto progetto di interazione tra arte e scienza mai realizzato.

32 *Ibidem*.

33 Cfr. Unali M. (2003). Spazio indicibile. In: Sacchi L., Unali M. (a cura di), *Architettura e cultura digitale*. Milano: Skira, pp. 219-241.

34 Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2021). *From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management*. In: Bolognesi C., Villa D. (a cura di), *From Building Information Modelling to Mixed Reality*. Cham: Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, pp. 89-107.

35 Cfr. Cervellini F. (2016). *Il disegno come luogo del progetto*. Roma: Well's S.r.l.

36 Cfr. Queau P. (1993). *Le virtuel: Vertus et vertige*. Ceyzérieu: Champ Vallon Editions.

37 Il concetto di eterotopia viene introdotto dal filosofo M. Foucault, per definire quei luoghi esistenti in contesti reali che costruiscono una sorta di contro-luoghi, poiché per la loro natura possono essere rappresentati, contestati, ribaltati. Dei luoghi che si trovano al di fuori di ogni spazio anche se possono essere facilmente localizzati in contesti reali. Foucault utilizza la figura dello specchio per esprimere il concetto di eterotopia: "Lo specchio è un'utopia, dato che è un luogo senza luogo. Nello specchio, mi vedo là dove non sono, in uno spazio irrealmente che si apre virtualmente dietro la superficie, io sono laggiù, là dove non sono, una sorta di ombra che mi dà la mia stessa visibilità, che mi permette di guardarmi là dove sono assente: utopia dello specchio. Ma è anche un'eterotopia, dal momento che lo specchio esiste realmente e ha una sorta di effetto di rimando sul posto che occupa; a partire dallo specchio scopro di essere assente dal posto in cui sono, poiché è là che mi vedo. A partire da questo sguardo che, in qualche modo, si posa su di me, dal fondo di quello spazio virtuale che sta dall'altra parte del vetro, ritorno verso di me e ricomincio a volgere gli occhi verso me stesso e a ricostituirmi là dove sono; lo specchio funziona come un'eterotopia nel senso che restituisce il posto che occupo nel momento in cui mi guardo nel vetro, un posto assolutamente reale, connesso a tutto lo spazio che lo circonda, e

al tempo stesso assolutamente irrealmente, perché, per essere percepito, deve passare da quel punto virtuale che sta laggiù." (Cfr. Foucault M. (2010) *Eterotopia*. Milano: Mimesis Edizioni, pp. 9-21).

38 Cfr. Parrinello S., Dell'Amico A. (2018). *L'artigianato tradizionale dei nativi americani procedure di rilievo e documentazione per la creazione di sistemi informativi 3D*. In: Emler T. (a cura di), *3D Modeling & BIM Nuove Frontiere*. Roma: DEI, pp. 394-408.

39 Cfr. Pezzano S. (2004). *L'immagine digitale. Una vera-falsa "nuova immagine"*. In: Leitmotiv – 4 / 2004. <http://www.ledonline.it/leitmotiv/>

40 Cfr. Ciastellardi M. (2009). *Le architetture liquide. Dalle reti del pensiero al pensiero in rete*. Milano: LED, p. 202.

41 Cfr. Picon A. (2010). *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*. Basel: Birkhauser GmbH.

42 Cfr. Marey É. J. (1878). *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*. Paris: Masson.

43 Cfr. Howe N., Strauss W. (1991). *Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069*. New York: William Morrow & Company. Neil Howe e William Strauss furono i primi a dare una suddivisione alle generazioni sulla base dei comportamenti sociologici modificati in base allo sviluppo tecnologico. Individuano la generazione Y nella classe nata a cavallo del 1982-2000. Detti anche *Millennials* sono padroni delle nuove tecnologie, navigano sui social network, Riversano ogni momento della loro vita sulla rete dal mattino alla sera. (Cfr. Tomassini L. (2015). *Vite connesse. La sfida del futuro nell'era digitale*. Milano: Franco Angeli). Recentemente Barclays insieme all'Università di Liverpool, ha proposto una diversa classificazione in base a dei dati realizzati su un *database* individua la generazione Y tra i nati nel 1981-1995, la classificazione fa riferimento al target del Regno Unito, i dati sono comunque utili per capire dove nascono le differenze che ogni profilo presenta.

44 In accordo con la definizione data da Sandra Regen, per approfondimenti cfr. RRegen S., Wiedemann J. (2019). *History of information graphics*. Milano: Tashen, p. 5.

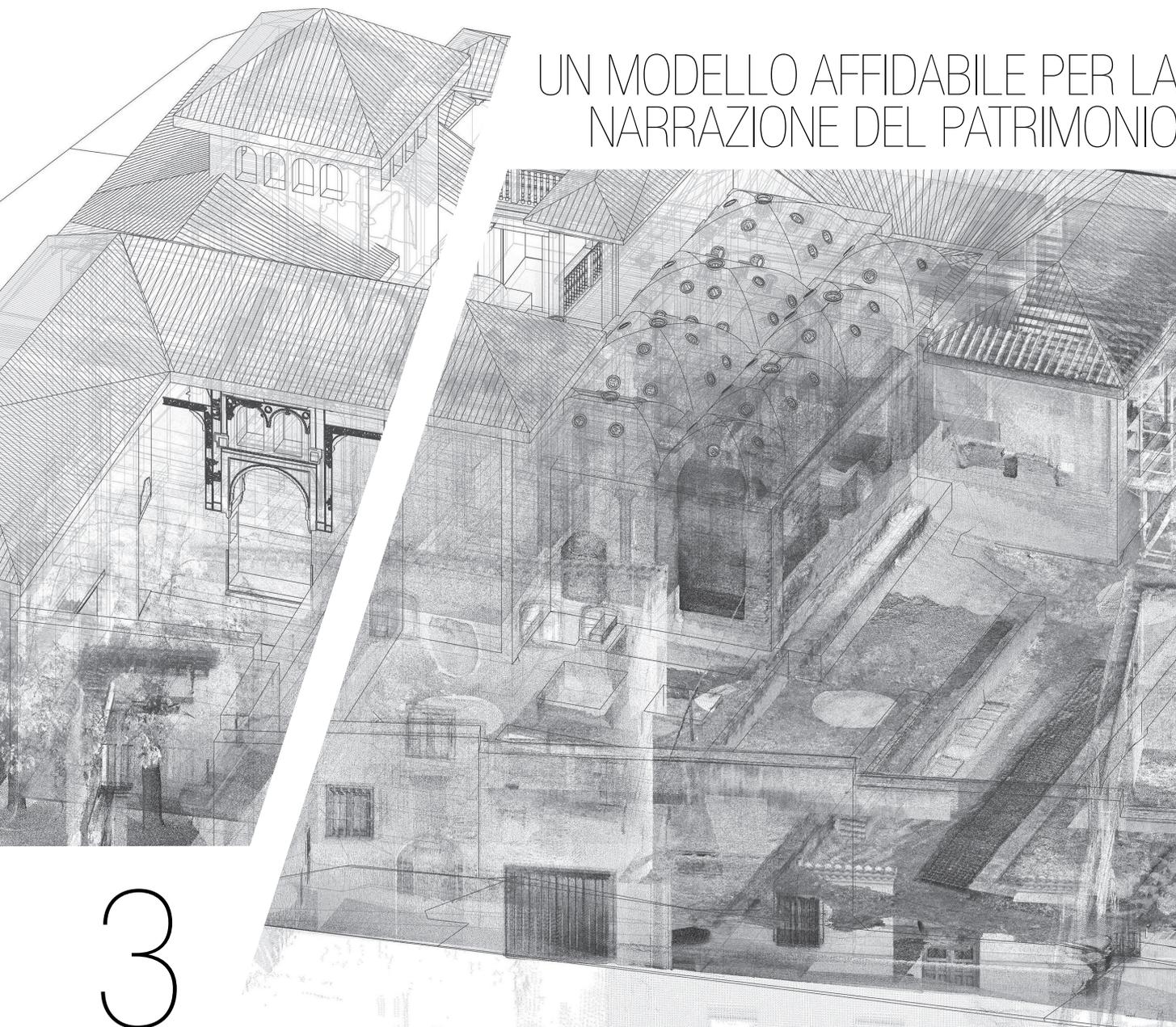
45 Cfr. Regen S., Wiedemann J. (2019). *History of information graphics*. Milano: Tashen.

46 Cfr. Parrinello S. (2013). *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir.

47 Cfr. Picchio F. (2015). *Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali*, Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015, p. 27.

48 Cfr. Mindeguia F.M. (2010). *Limiti e potenzialità del disegno*. In *disegnare, idee, immagini* n40/2010, Roma: Università degli Studi di Roma La Sapienza.

UN MODELLO AFFIDABILE PER LA  
NARRAZIONE DEL PATRIMONIO



3

### 3.1

## UNA METODOLOGIA PER LA MODELLAZIONE DEL CULTURAL HERITAGE

Il tema della riproducibilità del patrimonio storico, quando dislocato all'interno di un vasto sistema territoriale, quando limitato ad un contesto specifico, tiene il dibattito aperto sulle problematiche di strutturazione e condivisione di una tipologia di linguaggio unificato.<sup>1</sup> Alla base delle operazioni di modellazione del patrimonio costruito emerge la necessità di identificare un'antologia semantica degli elementi che dovranno andare a qualificare l'ambiente modello, con l'obiettivo di strutturare una piattaforma di raccolta di informazioni accessibile e interoperabile.

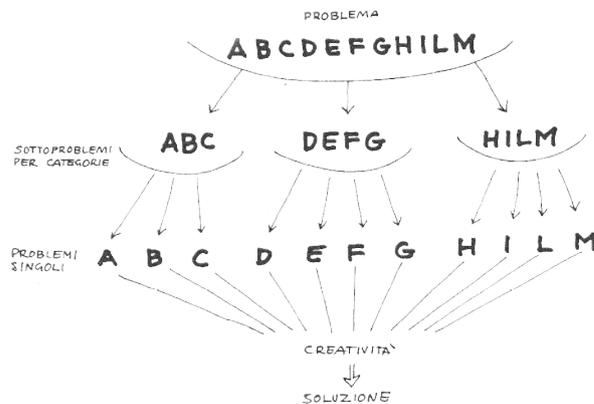
L'approccio metodologico del *Building Information Modeling* applicato al *Cultural Heritage* apre un potenziale ventaglio di applicazioni. Ogni spazio ha un ordine proprio che, per essere rappresentato, ha bisogno di essere configurato secondo specifici criteri. L'identificazione di elementi propri e delle relazioni che tra essi intercorrono è parte di un processo obbligato per chiunque necessiti di acquisire ed elaborare informazioni qualificanti su un territorio, un sistema edificato o un oggetto architettonico.

Dal confronto tra i singoli elementi identificati e i significati degli stessi consegue poi il processo di astrazione dell'archetipo forma, necessario per la configurazione e riconfigurazione di un modello dello spazio.<sup>2</sup>

Le componenti formali del paesaggio culturale che da quest'analisi si va formando vengono quindi ordinate tramite la definizione di un linguaggio di rappresentazione costruito *ad hoc* e basato su i *thesauri*<sup>3</sup> che qualificano lo spazio dandone uno specifico indirizzo.

La tendenza a formulare un linguaggio descrittivo dei modelli architettonici attraverso l'impiego di prototipi è un uso comune di molte civiltà che, attraverso la riproduzione, studiavano componendo e scomponendo lo spazio delineando grammatiche decorative e ornamentali.

Combinando tra loro le differenti parti del modello (modanature, profili, simboli)<sup>4</sup> si dava vita e immagine ad un vocabolario architettonico. Come sostenuto da Stiny: "un insieme finito di forme può essere utilizzato come vocabolario per la formazione di altre forme. Si dice che una forma sia composta da elementi in un dato insieme di forme ogni volta che è l'unione di forme e di trasformazioni di forme in questo insieme".<sup>5</sup> La definizione di una grammatica della forma, modellata oggi per costruire elementi parametrici, deve tener conto dell'utilizzo di un linguaggio architettonico. L'associazione di forme semantiche ed architettoniche è possibile solo interpretando l'edificio come un sistema conoscitivo. Il modello è estratto dalla sua descrizione mentre la sua rappresentazione è definita in accordo con le oggettività emerse dall'analisi.<sup>6</sup>



Per giungere ad una soluzione chiara ed analitica il problema deve essere scomposto in categorie e sottocategorie. Lo stesso *modus operandi* entra a far parte della categorizzazione degli elementi informativi del modello parametrico. (Cfr. Munari M., 1992).

La modellazione e la classificazione semantica, come sistemi organizzativi dei modelli 3D, si basano sulla convenzione architettonica delle *shape grammars*, strutture ad albero in cui gli edifici sono descritti tramite elementi distinti sulla base di un lessico formale, ampliabile dove necessario a diversi livelli gerarchici, per la definizione di sistemi e sottosistemi informativi tra loro correlati. Negli attuali protocolli di modellazione l'esigenza di definire una grammatica di disegno si manifesta nell'impostazione di classi di modello, attraverso la strutturazione di abachi tipologici di famiglie.

La sistematizzazione ordinata permette di poter identificare e raccogliere, all'interno dello spazio tridimensionale, cataloghi di elementi che possono generare interconnessioni tra i modelli. Il modello modifica la sua forma secondo le finalità e le tipologie di descrittore richieste dal sistema globale del progetto di modellazione. In una logica di stratificazione dell'informazione, il modello qualifica ed arricchisce quindi il livello di dettaglio in maniera proporzionale rispetto al tipo di scala di rappresentazione. Per fare un esempio di come questa logica possa applicarsi ad una rappresentazione architettonica, quando il modello è descrittore di un sistema territoriale, il costruito potrà essere rappresentato attraverso l'associazione di una volumetria di sintesi della forma geometrica, al contrario, quando sarà specificato sul complesso architettonico, la geometria, prima sintetizzata, sarà implementata con i contenuti informativi per una lettura di dettaglio a disposizione di differenti figure professionali che interverranno in un dialogo funzionale alla gestione del sistema reale attraverso un dialogo nel modello virtuale.<sup>7</sup> In una visione pragmatica di utilizzo del modello, è ritenuto necessario il dialogo tra disegno ed informazione. Eastman, a inizio anni '70, aveva sottolineato all'interno dei suoi studi come questo dialogo mirasse allo sviluppo di una descrizione computerizzata di un *database*: la descrizione geometrica, spaziale e di proprietà di un numero molto elevato di elementi fisici, disposti nello spazio e tra loro "collegati" come in un edificio reale.<sup>7</sup>

L'*information modelling* diventa dunque un sistema strutturato di rappresentazione nel quale si leggono, in un'unica soluzione

descrittiva, le geometrie e i modelli fino al dettaglio costruttivo degli elementi che li compongono.

Il rapporto costruzione/utilizzo del modello va a definire i concetti di forma, memorizzazione e riutilizzo che costituiscono i cardini di efficientamento del modello di un protocollo BIM. Del resto nei disegni di architettura molte forme sono altamente ripetitive e, se le dimensioni della forma non vengono considerate, le proprietà di una forma possono semplificarsi nella topologia, in ciò che è incorporato nella descrizione della forma.<sup>8</sup>

Il modificarsi degli elementi impiegati in un disegno è in alta percentuale da ritrovarsi a livello dimensionale e non topologico. Se un oggetto viene quindi descritto a livello geometrico attraverso un insieme di espressioni che ne esplicitano la topologia, questo, se riutilizzato, potrà essere modificato attraverso l'inserimento di nuovi parametri.<sup>9</sup>

Eastman suggerisce in tal senso che si possono individuare quattro livelli di dati per descrivere la forma di un elemento edilizio, gerarchizzati secondo una struttura *top-bottom*.<sup>10</sup>

Il *pattern level*, che identifica la forma dell'oggetto, l'*expression level*, che imposta la relazione parametrica tra le dimensioni della forma, il *template level*, che imposta il valore dei parametri che qualificano la dimensione della forma e l'*instance level*, che identifica la collocazione dell'oggetto all'interno dello spazio.

Gli elementi di modello vengono definiti come il prodotto di espressioni e valori<sup>11</sup> portando ad un'ulteriore categorizzazione in funzione dell'archetipo che li determina e definendo i *simple templates*, ovvero quei modelli i cui valori sono memorizzati all'interno della *directory* e per i quali non sarà necessario modificare le coordinate, dato che le istanze avranno tutte la stessa forma e dimensione.

I modelli vengono così memorizzati secondo una classificazione gerarchica di elementi (*sets of elements*) un'aggregazione basata su forme arbitrarie di categorizzazione di classi di elemento (architettonico, meccanico, strutturale), in una struttura ad albero che può generare l'appartenenza di un elemento a più *set* o a *set di set*.<sup>12</sup>

## 3.2

## L'INTERSCAMBIO DI DATI TRA PIATTAFORME DI DIALOGO

L'influenza di strumenti e algoritmi computazionali sui prodotti digitali è evidente e ha coinvolto anche il settore del *Cultural Heritage*, attraverso le discipline del Rilievo e del Restauro architettonico che, in piena era digitale, sono diventate esse stesse digitali.

La ricerca accademica, nel settore del disegno e della rappresentazione, ha il compito di indagare le possibilità e le metodologie di lavoro che possono avere un'applicazione valida nei sistemi di *Building Information Modeling* all'interno dell'attuale rivoluzione nelle pratiche di gestione della digitalizzazione degli edifici.

Limite di applicazione di tali protocolli al settore dei beni culturali è lo scambio informativo.

Questo risulta difficoltoso all'interno di un sistema che, per sua natura, è frammentato in quanto composto da eterogenee qualità e eterogenee proprietà di linguaggio utilizzate dalle diverse tipologie di operatori anche se presentano funzioni complementari tra loro.

Va sottolineato che, a rendere ancor più complesso il meccanismo di dialogo nella gestione del patrimonio architettonico, nonostante vi sia stata una consistente evoluzione tecnologica, il processo di informatizzazione non è omogeneamente distribuito ed è ancora poco integrato negli Enti Pubblici deputati al controllo.

L'interscambio di dati avviene perlopiù tramite file in formati resi standard dal mercato che, a dispetto delle specifiche peculiarità di ognuno, sono utilizzati con eccessiva disinvoltura, trascurando la perdita qualitativa dell'informazione che può avvenire.

Lo stato dell'arte a livello nazionale pone l'Italia tra i paesi più avanzati riguardo alla regolamentazione della normazione dell'*Information Modeling*. Si immagina che le innovazioni dei protocolli della rappresentazione

nel campo delle costruzioni e, più in generale, in quello dei beni architettonici, porteranno in breve tempo alla definizione di procedure informatiche connesse al restauro e alla gestione del patrimonio.

Nel caso specifico della gestione del patrimonio architettonico, sebbene le metodologie di catalogazione per la conservazione ed il riuso siano consolidate e sperimentate, raramente risultano legate insieme con efficacia le componenti geometriche, documentali ed iconografiche.

Si avverte dunque la mancanza di una necessaria osmosi, fondamentale per la corretta trasmissione della conoscenza, tra gli ambienti più propriamente legati alla progettazione e all'esecuzione delle opere, per lo studio e il progetto di architettura e per i settori dell'amministrazione, della tutela e della gestione dei beni culturali.

Nel settore *Architecture, Engineering, Construction* (AEC), l'adozione delle tecniche di digitalizzazione degli ambienti costruiti attraverso strumentazione digitale è in continua crescita, anche per scopi più prettamente conservativi. La strutturazione di modelli digitali H-BIM che possano rispondere alla necessità di un continuo aggiornamento di dati, è in linea con quanto previsto dai quadri normativi nazionali ed internazionali.

## 3.3

# LE $n$ DIMENSIONI DEL SISTEMA INFORMATIVO BIM

*"Una visione deterministica del mondo fisico si declina in base al principio di riduzione ed a quello di disgiunzione. Questo paradigma, orienta l'indagine della conoscenza di ogni singolo stato dell'universo, attraverso l'individuazione di un insieme finito di categorie teoriche unitarie, definitive e generali. In questo senso, solo le leggi eterne e universali hanno potuto garantire l'intelligibilità del mondo, accessibile ad ogni livello spaziale e temporale, indipendentemente dal punto di vista dell'osservatore".<sup>13</sup>*

Nella composizione dei modelli tridimensionali possiamo ritrovare il paradigma di semplificazione definito dalla teoria di Morin.<sup>14</sup> In tal senso, nell'ontologia BIM il concetto di dimensione<sup>15</sup> oltrepassa il significato intrinseco di misura. Oltre al riferimento alla geometria, alla forma e dunque alle connotazioni spaziali del modello, si aggiungono ulteriori dimensioni, connotate in uno spazio razionale e relazionale, informativo.

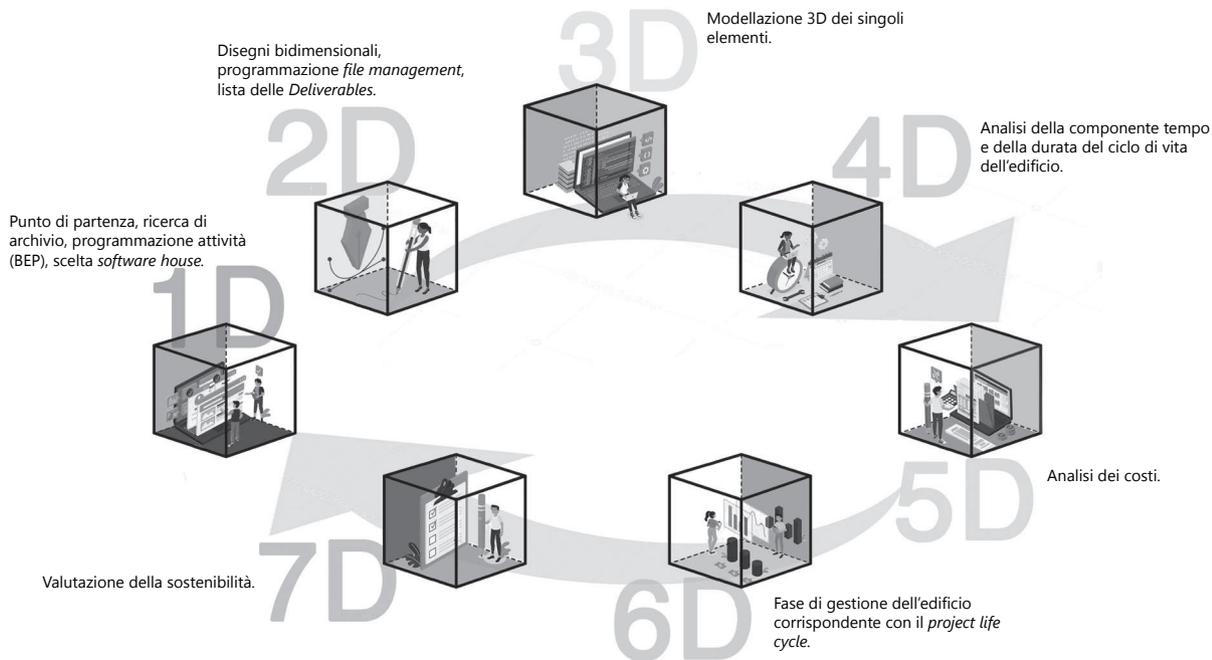
Riduzione e disgiunzione connotano lo spazio in modo dinamico e lo strutturano multidimensionalmente, analogamente allo spazio adimensionale che caratterizza gli ambienti digitali.

Oltre alla propensione del modello di accrescersi, tendendo all'infinito, con dati e ambienti digitali posti all'interno dei propri elementi geometrici, è possibile esperire un'ulteriore dimensione connettiva, che riguarda la fruizione dello stesso. La possibilità di una interconnessione multipla amplifica in modo esponenziale la complessità dei dati che possono emergere. Trattandosi di un sistema di rappresentazione il cui fine è costituirsi come piattaforma comunicativa, è forse possibile asserire che nei sistemi BIM si anima un dibattito culturale che unisce le logiche grafiche formali della rappresentazione con le complessità tecnico-culturali dei sistemi di comunicazione e informazione.

Pur tendendo a semplificare il più possibile tali complessità, mediante protocolli che standardizzano un linguaggio non solo grafico, l'accidentalità e la componente culturale dei diversi operatori che si interconnettono produrranno come risultato infiniti paesaggi.

Ecco perché, in un processo di standardizzazione, le logiche dei protocolli BIM cercano di definire un numero di categorie preciso all'interno delle quali ordinare la comunicazione e strutturare i processi operativi.

I protocolli di *Building Information Modeling* ambiscono ad integrare una descrizione geometrica ad un'entità<sup>16</sup> di tipo semantico. La semantizzazione delle componenti costruttive e una qualificazione dei caratteri tecnici dell'edificio supportano una logica progettuale analitica finalizzata a considerazioni sui materiali, sul dimensionamento, sul comportamento strutturale e, più in generale, sulle tempistiche delle eventuali opere. In questo sovrappopolamento di dati è essenziale la gestione della dimensione temporale, di una *stabilitas loci*<sup>17</sup> connessa all'entità architettonica (4D) e di una vincolata al progetto e alle sue articolazioni (6D). Nella componente temporale si riflette una dimensione immateriale: le azioni e i processi di sviluppo dell'edificio nel proprio decorso storico sono archiviati e documentati con specifici valori correlati al bene. Il sistema informativo parametrico consente di valutare ed ottimizzare così le pratiche costruttive attraverso simulazioni specifiche, andando ad incidere in maniera significativa sulla qualità finale del progetto. La complessità aumenta nel caso dell'H-BIM, quando l'oggetto dell'indagine non è un edificio che deve essere costruito, ma un'architettura che ha avuto un proprio sviluppo storico. Il quadro conoscitivo necessario a definire l'identità di tale architettura si fonda sull'integrazione di dati eterogenei,



Le categorie dimensionali attribuite al protocollo di analisi BIM sono sette e corrispondono alle fasi di sviluppo di un ipotetico lavoro.

tra i quali rientrano rilievi e informazioni depositate presso archivi di vario genere. Molte delle modifiche che l'edificio subisce producono una stratificazione di alterazioni delle quali non resta alcuna traccia se non all'interno delle murature. Queste informazioni, che siano celate nelle murature o in documenti che possono essere andati perduti, non risultano dunque sempre reperibili. Del resto la ricostruzione delle vicende storiche di una determinata fabbrica costituisce un'indagine assai complessa e mai priva di lacune. Un modello H-BIM, teso a rappresentare un edificio esistente, presenta dunque un limite oggettivo alle possibilità di conoscenza in assenza di azioni invasive. Il problema è di tipo ontologico e ricercatori e professionisti operano per definire una soluzione che mitighi questa carenza. I *database* digitali, costruiti in funzione di una struttura semantica che ripropone, nelle forme, ambientazioni virtuali e simula lo spazio reale, suggeriscono l'idea di una città interamente monitorabile. Nel *Grande Fratello Orweliano*<sup>18</sup>, l'architetto e l'ingegnere

costituiscono la chiave interpretativa di un mondo, che sperimenta, prima digitalmente, le sue innovazioni e che poi le ripropone, a seguito di una validazione sempre digitale, provocando una ripercussione nel reale.

Il BIM, che apparentemente produce una semplificazione delle forme, in contrasto con quella logica di racconto dell'imperfezione tanto cara alla scuola del restauro e del rilievo architettonico<sup>19</sup>, propone un disegno multidimensionale in grado di esplicitare sia il dettaglio che il contesto, con un'affidabilità che non risiede necessariamente nella precisione grafica, benché possa farlo, ma piuttosto nella capacità di interconnettere il disegno ed il tempo controllando le azioni che di volta in volta si aggiornano nella memoria stessa del modello.

Il disegno si conferma dunque come elemento ordinatore di una complessità che si estende oltre i limiti dell'architettura per raggiungere altre discipline, fino a divenire sistema organizzativo di ambiti territoriali e, più in generale, tendere a ordinare ed esplicitare sistemi culturali.

## 3.4 CLASSIFICAZIONI TIPOLOGICHE DI RAPPRESENTAZIONI INFORMATIVE TRIDIMENSIONALI

Nel protocollo di modellazione BIM, la componente I (informativa) assume il ruolo determinante nella qualificazione delle geometrie di modello. Il valore delle informazioni associate in maniera univoca alle componenti di modello dovrebbe essere considerato e ricercato con la stessa importanza della ricerca delle metodologie di conformità geometrica. Seppur sottolineata dalla definizione dei LoIN (*Level of Information Need*), risulterebbe necessaria una standardizzazione della nomenclatura, per rafforzare la coerenza delle informazioni associate. Ciò che attualmente risulta è che la componente informativa del modello viene lasciata irrisolta nell'ambito di rappresentazioni tridimensionali per il *Cultural Heritage*. I *software* BIM, come *Autodesk Revit*, permettono l'inserimento della componente informativa attraverso l'utilizzo di campi di compilazione definiti parametri.

Tale schematizzazione di default del sistema, essendo basata su un'identità rivolta alle fasi del processo costruttivo, nel caso dell'applicazione al patrimonio costruito risulta spesso poco in linea con l'esigenza di disporre determinate voci indirizzate all'analisi dei manufatti storici.

Questa condizione comporta una necessaria progettazione preliminare delle componenti, strutturata specificatamente per il singolo caso studio e finalizzata all'implementazione delle librerie di sistema e alla denominazione e codifica delle diverse tipologie di informazione da inserire nel modello.

La mancanza di una normalizzazione, da questo punto di vista, causa possibili problemi di condivisione, riducendo l'efficienza delle *query*.

È necessario prestare attenzione alle possibili ripetizioni di dati e, per chiarificare il concetto della ridondanza di un dato, si riporta un esempio pratico:

*"se sia la data di nascita che l'età attuale di una persona sono memorizzate in un database, allora quest'ultima è ridondante perché può essere facilmente calcolata sulla base della data di nascita. La ridondanza aumenta non solo lo spazio di archiviazione ma anche l'incertezza perché è possibile rispondere alle domande relative all'età attraverso due fonti distinte e potenzialmente contrastanti. Di conseguenza, in un database normalizzato, viene memorizzata solo la data di nascita (dati primari), insieme a una funzione per il calcolo dell'età (dati derivati)".<sup>20</sup>*

Per organizzare i dati è necessario dunque suddividere quelli primari da quelli derivabili e attuare una distinzione in categorie per analizzarli in maniera adeguata.

In un progetto di modellazione H-BIM, impostato quindi su una modellazione *reality based*, è possibile distinguere tre macro categorie di documenti: dati morfometrici, dati infografici e dati tecnici e storiografici.

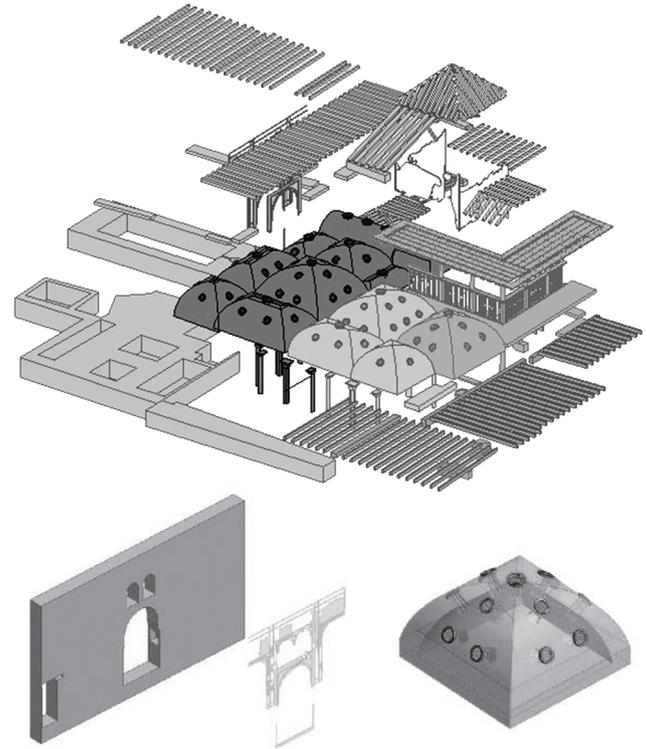
Tali dati devono essere mantenuti sia nei formati originali che nelle rielaborazioni prodotte, poiché i documenti raccolti, archiviati, conservati e indicizzati, alimentano la memoria storica digitale.

Al fine di rendere valido il processo di gestione documentale, durante le diverse fasi di intervento sul patrimonio, è necessaria la preparazione preliminare delle linee guida che strutturano il *follow-up* da seguire per i diversi partner coinvolti nelle fasi di sviluppo del progetto.

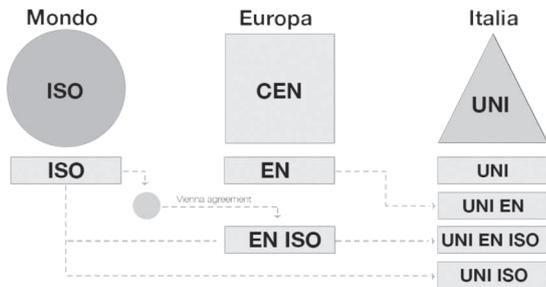
I dati possono essere classificati in base alle diverse specificità, tenendo conto delle tipologie di media e formati, della distribuzione (che garantisce il trasferimento delle conoscenze generate) e dell'accessibilità (che per quanto riguarda le informazioni di progetto dovrebbe essere limitata ai soli operatori coinvolti). Le informazioni vengono fatte confluire in appositi *data collector* con la

possibilità di essere direttamente collegati ai principali elementi 3D del modello BIM. L'uso di denominazioni codificate, basate su *standard* internazionali<sup>21</sup>, granatisce un linguaggio comune e una interoperabilità del sistema. La tendenza è quella di definire componenti parametriche, relazioni, attributi, corretta definizione di *Level of Knowledge*, per rendere efficace l'interrogazione delle informazioni. La rappresentazione del modello, attraverso diversi livelli di dettaglio (LOD), consente poi di fornire una visualizzazione fluida e un accesso efficiente ai dati.

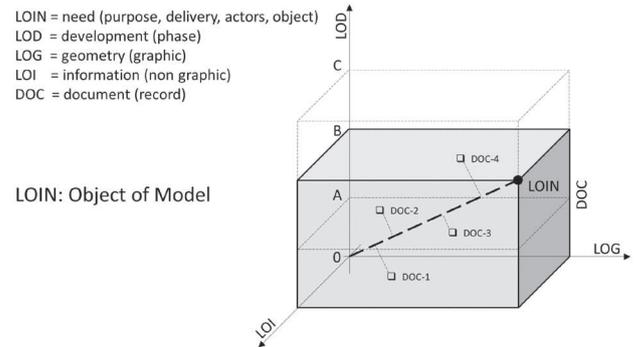
Le informazioni contenute in un modello H-BIM possono dunque includere<sup>22</sup> dati geometrici, definizione di abachi degli elementi architettonici, indicazioni sui materiali da costruzione (che possono essere espresse graficamente dall'utilizzo di retini, texture o da semplici etichette di annotazione), informazioni sui degradi (descritti tramite l'utilizzo di glossari UNI e graficamente espressi tramite l'utilizzo di retini ed etichette), individuazione delle fasi costruttive dei corpi di fabbrica. A queste si possono aggiungere poi metadati collegati al modello come fotografie, testi e documenti, dati su analisi ambientali, dati computazionali o link di collegamento con modelli secondari, con siti *web* o con altri *database* disponibili in rete.<sup>23</sup>



Classificazione e modellazione in base alla tipologia degli elementi.



Schematizzazione gerarchica dello standard normativo vigente. Lo schema sottolinea la relazione tra norma nazionale ed internazionale. (Cfr. Pavan A., 2020).



Schematizzazione del concetto di LOIN definito dalla UNI 11337. I LOIN definiscono la granularità delle informazioni. (Cfr. Pavan A., 2020).

## 3.5

# PIATTAFORME E ARCHIVI DIGITALI WEB-BASED PER UN DATA MANAGEMENT COLLABORATIVO

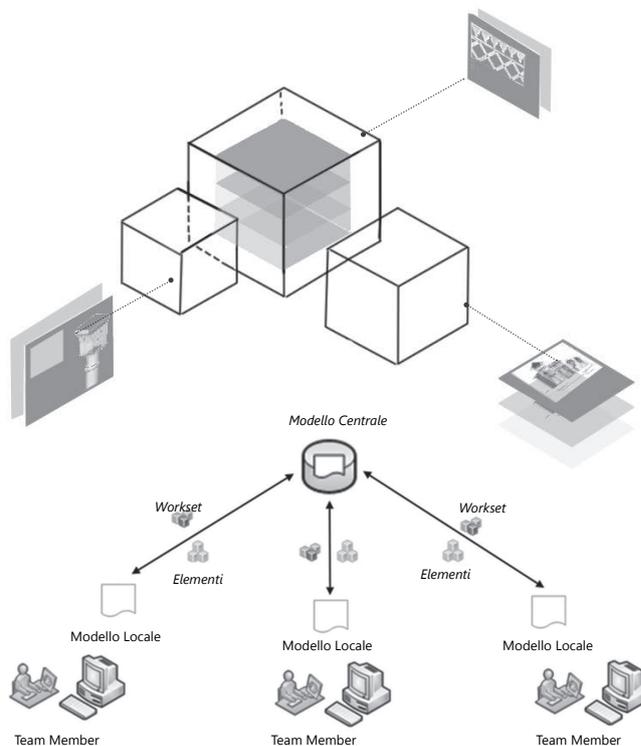
Il portale "Risorse di ricerca del Consiglio di Fondazione dell'Alhambra"<sup>24</sup> può essere considerato un buon esempio di come gli archivi stiano cercando di aprire le porte a versioni *open access* consultabili *online*. Il portale *web* è un *repository* di documenti digitali di interesse per la conoscenza del complesso monumentale, dove vengono raccolti, conservati e disseminati documenti digitali risultanti dall'attività scientifica svolta dal Consiglio di Fondazione.

Progetti di digitalizzazione, volti alla diffusione della conoscenza del patrimonio culturale e al riuso delle risorse digitali, invitano ad una collaborazione con le infrastrutture digitali. La gestione del patrimonio digitale richiede del resto soluzioni innovative che favoriscano l'accesso ai dati e, in virtù dell'utilizzo e della notorietà acquisita, auspichino ad una conservazione a lungo termine degli stessi.<sup>25</sup>

L'esperienza maturata attraverso i flussi di scambio dati su *cloud* e la messa a disposizione di contenuti informativi *online* incoraggiano la collaborazione su scala globale, ampliando l'utilizzo di servizi basati sul *cloud sharing* anche nel settore del *Cultural Heritage*.

La diffusione e l'obbligatorietà dell'utilizzo dei sistemi BIM ha portato, negli ultimi dieci anni, alla nascita di numerose librerie *online*, ampi *database* di raccolta di oggetti messi a disposizione per l'arricchimento dei modelli sulla linea dello *sharing* informativo: *BIMObject*, *BIM portale Smart BIM Library*, *Revit City*, *RBI Water Heaters*, *ARCAT*, *BIMetica*, *Turbosquid*, *Bimstor*, *BIM Catalogues*, etc. sono solo alcuni dei siti più utilizzati, i portali sono in continua crescita data l'espansione esponenziale del settore.

In questo senso, l'applicazione della modellazione informativa collabora in maniera strategica al miglioramento della qualità dei metadati, definendo



I sistemi di *cloud sharing* per i protocolli di modellazione permettono l'ottimizzazione del processo di realizzazione del modello parametrico.

spazi e architetture digitali in cui condividere set di dati strutturati e ordinati.<sup>26</sup> L'informazione viene così distribuita e diversificata all'interno dei modelli 3D, delle ricostruzioni digitali. Per questa ragione si parla di strutture ad albero in cui rami possono interconnettersi attraverso una serie di relazioni mutuabili.<sup>27</sup>

## 3.6

## LA DEFINIZIONE DI UN LINGUAGGIO PER LA COSTRUZIONE DEL MODELLO CONDIVISO

Con l'evolversi della modellazione BIM la narrazione architettonica contempla lo sviluppo di sistemi di archiviazione più performanti dove non solo la forma, ma anche attributi e qualità prima inesprese vengono impresse nel disegno. Per la costruzione di modelli *reality-based*, disegnati a partire dal dato acquisito mediante il rilievo architettonico, modellare prende il significato di tradurre in superfici e volumi i punti geometrici. Ciò che determina la fase di costruzione del modello digitale non si discosta troppo dai processi costruttivi reali: in entrambi si utilizzano forme, materiali, procedure e strumenti.

Digitalmente viene costruita una struttura geometrica di base, che rappresenta l'ossatura dei vari elementi, modellati secondo una scomposizione analitica e poi assemblati nuovamente. All'interno di questo processo di decostruzione e costruzione digitale, per svolgere un'azione di composizione consapevole, è necessario analizzare gli elementi da disegnare attraverso una scomposizione del modello reale.

Pur essendo chiari i vantaggi proposti e le aspettative riposte nel H-BIM, occorre compiere una riflessione strettamente operativa riguardo alla relazione tra complessità reale e sua trasposizione digitale attraverso il rilievo. La strumentazione, *software* e *hardware*, seppur in forte sviluppo, non è in grado di offrire una completa interoperabilità tra i sistemi di rilevamento e prodotti BIM. Gli strumenti di acquisizione digitale generano banche dati di grandi dimensioni in termini di *byte*, che non sempre i *software* di modellazione riescono a supportare. Inoltre, la rigidità dei parametri di vincolo impostati dall'algoritmo di sistema dei modelli parametrici, non permette il disegno di geometrie o forme irregolari. Le ricerche evidenziano la necessità di ottimizzare i processi di rappresentazione, che siano descrittivi dello

stato di fatto dell'opera indagata e che permettano una logica comprensione delle imperfezioni, dei meccanismi di dissesto, delle irregolarità e delle relazioni gerarchiche che da questi aspetti si riverberano nella struttura architettonica. In questo senso si procede ad un'attenta codifica di ciascun elemento tecnico costruttivo. La codifica avviene, dapprima, attraverso una sintesi strumentale e poi attraverso una sintesi di interpretazione delle forme e delle qualità dei diversi elementi. All'interno di un'architettura complessa è possibile porre una macro distinzione degli elementi: quelli replicabili, per i quali una volta definiti i parametri di base è possibile la ripetizione all'interno del modello tramite la strutturazione di una famiglia di progetto, e quelli di categoria isolata, di cui non è necessaria la replica in serie per motivazioni o di singolarità o di complessità geometrica.

Se per gli elementi replicabili risulta efficace la riduzione delle fasi di modellazione ad una unica, in cui si definiscono i criteri rappresentativi delle forme e i parametri di gestione e di annotazione della categoria di modello da ripetere in serie, per gli elementi che non sono replicabili risulta più efficace la scelta di una modellazione di tipo *in-place*<sup>28</sup> o di *reverse modeling*.<sup>29</sup>



Nelle fasi preliminari, le azioni di modellazione parametrica vengono strutturate attraverso un BEP (*BIM Execution Plan*), finalizzato a dettare regole utili al coordinamento e monitoraggio delle fasi di fusso di lavoro.

## 3.7

# DEFINIZIONE DELLE STRATEGIE DI MODELLAZIONE E ORGANIZZAZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO

L'attività di ricerca sull'*hammam* dell'Alhambra è stata occasione per poter sperimentare un sistema di modellazione in ambiente condiviso e valutare le potenzialità e le criticità dell'utilizzo dei sistemi H-BIM.<sup>30</sup> Per organizzare il gruppo di lavoro si è scelto di proporre il tema all'interno di un seminario tematico, condotto durante il *lockdown*, coinvolgendo gli studenti in un'interfaccia di condivisione da remoto.

In questo modo si è potuto coordinare un gruppo di lavoro inesperto, costruendo passo dopo passo il *set* di lavoro e valutando le diverse interazioni con i singoli passaggi proposti. A questo aspetto, che va ad incidere sui problemi di linguaggio e di facilità di interazione con le diverse procedure coinvolte nel processo, si somma l'avvicinamento graduale dell'operatore alla conoscenza dell'oggetto architettonico attraverso procedure di interazione con il dato digitale fornito.

Non potendo accedere ad un'esperienza diretta di visita del luogo, la composizione distributiva e i caratteri peculiari del sistema architettonico sono stati studiati direttamente attraverso il dato acquisito dal rilievo digitale, condotto precedentemente.

Un'esplorazione indiretta, esperita dalla nuvola di punti, utilizzando piani di sezione e *limit box* per indagare e visualizzare gli spazi. Un'esperienza tangibile di orientamento digitale, di comprensione della struttura attraverso una fruizione virtuale orientata allo sviluppo di un dialogo su come realizzare il modello parametrico.

La sperimentazione della modellazione H-BIM collaborativa digitale è stata realizzata tramite un protocollo di *cloud sharing* di progetto, ovvero un protocollo di modellazione condiviso con tutti gli utenti coinvolti nell'azione di modellazione.

In una prima fase, è stato impostato il lavoro dei modellatori scomponendo l'area dei bagni in 8 porzioni. Sulla base dell'impianto planimetrico, ciascuna porzione è stata assegnata alla responsabilità di un utente modellatore.

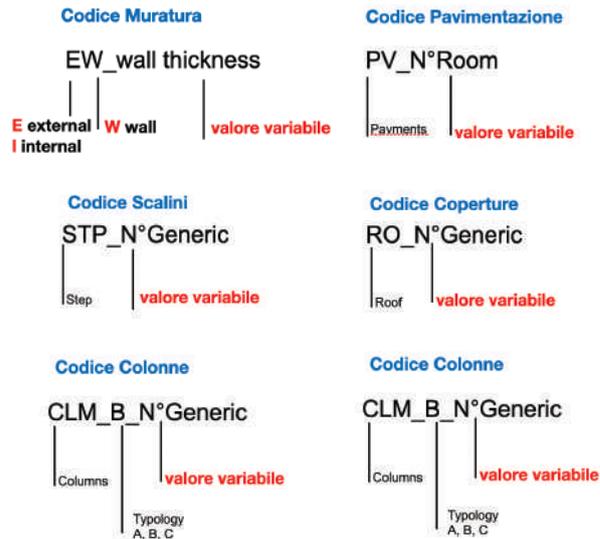
A seguito dell'assegnazione è stato strutturato un *database* di condivisione dei dati *Google Drive*, in cui sono state organizzate le cartelle per il *backup*, lo scambio e l'impostazione dei dati e dei documenti di lavoro.

Quando si opera in modalità condivisa all'interno di un *team*, la comunicazione diventa essenziale. Sono state definite, dunque, le modalità di comunicazione tra gli utenti, scegliendo tra le diverse piattaforme disponibili l'utilizzo di quella di messaggistica istantanea *Microsoft Teams*. La piattaforma *Teams* è risultata adeguata per la possibilità di generare delle stanze di lavoro e, oltre a permettere lo scambio di messaggistica istantanea e di videochiamate, ha consentito lo scambio di file direttamente tramite la *chat*.

All'interno dello spazio di *Google Drive* è stato condiviso tra gli utenti un *file excel* di catalogazione e monitoraggio delle fasi di modello (*BM\_model abacus*), in modo che ciascuno potesse essere aggiornato sugli elementi realizzati e sulle caratteristiche relative. Il documento è stato suddiviso in due fogli di lavoro: nel primo è stato definito il glossario con le abbreviazioni e i codici per la lettura degli elementi, nel secondo è stato impostato il file di monitoraggio delle attività di modello.

Nel glossario di definizione delle categorie di elementi del modello sono state distinte due macro categorie, il livello architettonico (AR) e il livello di paesaggio (LS). Ad ogni livello sono state aggiunte le tipologie di elementi, a ciascuna delle quali è stata associata una sigla di abbreviazione. È stato poi definito un codice alfanumerico, da applicare a ciascun elemento per la nomenclatura dei file di modello. Il codice è stato strutturato perché fosse efficace per la descrizione sintetica di ciascuna categoria di elemento. Nel caso delle murature, il codice definisce se sono interne (IW) o esterne (EW) e lo spessore del muro (valore variabile), diversamente, nel caso delle colonne (CLM) la tipologia e il numero per

tenere sotto controllo anche l'aspetto quantitativo. All'interno del foglio di monitoraggio del lavoro sono indicati: il livello di appartenenza della categoria dell'elemento, AR (architettonico), LS (Paesaggio), la tipologia di elemento (ad esempio: EW= *Exterior Walls*), il livello di dettaglio LOD, i parametri modificabili se esistenti, un'immagine descrittiva dell'oggetto, il nome del *file*, il tipo di estensione, lo *status* di avanzamento del modello, una casella di *check* di modello, un *link* diretto alla posizione del *file* di modello nel *folder* di condivisione e infine il nome del modellatore che si è occupato della realizzazione dell'oggetto. Il sistema, così strutturato, ha permesso di avere una stima delle quantità di elementi da modellare e di poter quindi pianificare le tempistiche di elaborazione. Al fine di garantire un monitoraggio e una verifica costante delle fasi di modellazione, è stato inoltre predisposto, in un *file excel* condiviso, un censimento degli elementi, divisi per categoria e posizione. Il foglio di lavoro, costantemente aggiornato dai modellatori, ha permesso di avere contezza, in ogni momento, dello *status* degli elementi modellati, del loro caricamento nel progetto e della loro validazione finale in termini di aderenza e conformità nuvola-modello.



Per la classificazione degli elementi è stato utilizzato un codice alfa-numerico che riporta in ordine: un acronimo corrispondente alla tipologia dell'elemento; un codice numerico progressivo che identifica la quantità; un valore numerico descrittivo del dimensionamento degli elementi.

Level	Category	Elements	ID	LOD	Parameters / Stratigraphy	Image Shape	File name	Extension	Drive Folder	Name of Modeler
AR	Wall	External	EW_wall thickness	200	Thickness: 30 - 120 cm Material: Brick		Wall		Local model	Granada's Group
AR	Wall	Middle	MW_wall thickness	200	Thickness: 30 - 50 cm Material: Brick		Wall		Local model	Granada's Group
AR	Wall	Internal	IW_wall thickness	200	Thickness: 30 - 100 cm Material: Brick		Wall		Local model	Granada's Group
AR	Paviments		PV_N°Room	200	Material: Brick		Paviments		Local model	Granada's Group
AR	Steps		STP_N°Generic	200	Material: Brick		Generic model		Local model	Granada's Group
AR	Column	Typology A	CLM_A_N°Generic	200	Height: 150 - 170 cm Material: Brick		CLM_A	.rfa	<a href="https://drive.google.com/file/d/1FquOu19Prc_b2RA/ewm">https://drive.google.com/file/d/1FquOu19Prc_b2RA/ewm</a>	Ali Hasan
AR	Column	Typology E	CLM_E	200	Height: 190 cm Material: Brick		CLM_E	.rfa	<a href="https://drive.google.com/file/d/1yO7npweOSiFNhAgRmH">https://drive.google.com/file/d/1yO7npweOSiFNhAgRmH</a>	Asto Marin Jovana
AR	Dome		DO_N°Room	200	Material surface: Concrete Material oculus: steel , glass		Generic model		Local model	Granada's Group

## OTTIMIZZAZIONE DELLA NUVOLO DI PUNTI E SET UP DI PROGETTO

I *software BIM-Oriented* permettono, in maniera diretta e attraverso *plugin* dedicati, l'importazione dei dati *point cloud* registrati nel progetto di lavoro. Il ridisegno di una struttura architettonica storica necessita tuttavia di una conoscenza da parte del modellatore delle componenti geometriche e topologiche che caratterizzano il costruito. L'utilizzo del dato *point cloud* nelle fasi di modellazione permette di concretizzare l'analisi geometrica attraverso il fondamento della misura. Il ridisegno metrico viene condotto visualizzando e orbitando nel progetto di modellazione l'area da modellare, direttamente nella sua componente tridimensionale. In questo modo si ha una sorta di costante *preview* di come dovrà essere il risultato finale e si semplificano le operazioni di misura e di estrazione di elementi geometrici sul modello 3D.

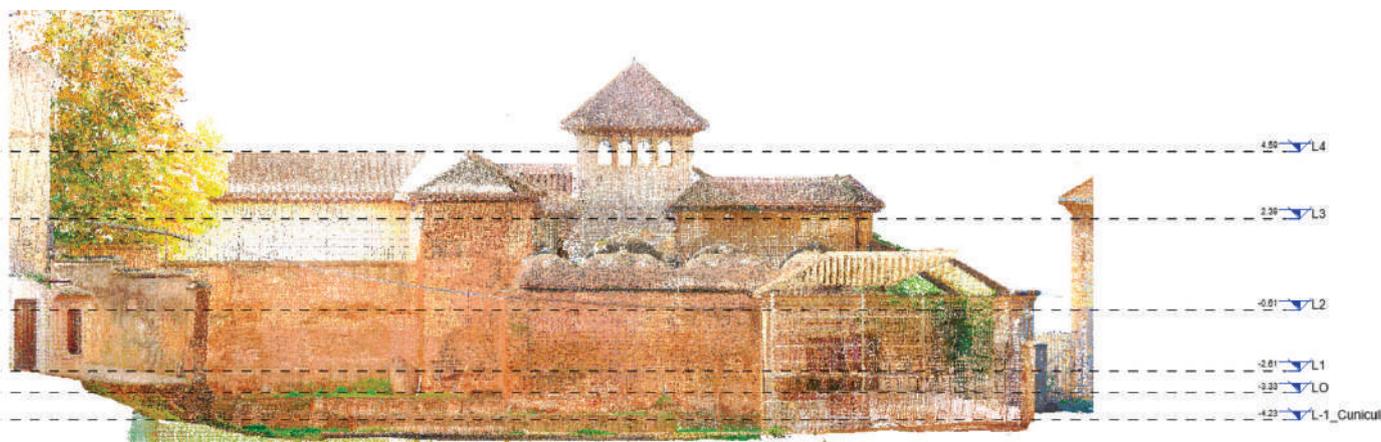
La nuvola è stata utilizzata in due strategie differenti di modellazione, individuabili come macro-modellazione della struttura dell'edificio e micro-modellazione delle famiglie di elementi costruttivi.

Per la macro-modellazione la nuvola è stata collegata al *file* centrale di progetto attraverso l'importazione di un *file .rcp*. È stato poi impostato un sistema di riferimento condiviso e sono stati settati diversi piani di riferimento, in planimetria e in alzato, per la modellazione della struttura dell'edificio (setti murari, pilastri, pavimenti, coperture).

In questo modo l'utente, tramite la costante verifica e la sovrapposizione tra le geometrie modellate e il dato della nuvola di punti, disponeva del controllo diretto sullo sviluppo delle specifiche componenti.

Il *database* della nuvola di punti è stato ottimizzato per poter essere visualizzato all'interno del *software Autodesk Revit*. Come descritto nel capitolo precedente, il *database* è stato registrato e gestito con il *software Cyclone Core* di *Leica*, generando un *file* di estensione *.imp*. Per collegare quest'ultimo a *Revit* è stato utilizzato *Cloudworks*, un *plugin* di *tools* specifici, sviluppato da *Leica*, che permette la visualizzazione della nuvola.

Per poter leggere i dati e navigare in maniera fluida nel *file* è necessaria una potenza *hardware* direttamente proporzionale rispetto al peso del *file* da visualizzare.



A seguito dell'importazione della nuvola di punti all'interno dello spazio di modellazione condiviso, sono stati impostati i livelli di riferimento, utili per riferire i piani di sezione del modello.

Per evitare inutili sovraccarichi del sistema, durante l'impostazione del progetto, si è tenuto conto anche del peso dei *file* che si volevano collegare al progetto in un momento successivo.

In seguito si è proceduto all'ottimizzazione della nuvola di punti, che può essere effettuata secondo i seguenti criteri: decimazione del numero di punti, segmentazione in porzioni, scelta del tipo di estensione del *file*.

In questo caso, il *database* della nuvola è stato ottimizzato selezionando manualmente solo le porzioni di interesse per lo sviluppo del modello. Nello specifico è stata esportata la sola porzione di nuvola dell'area di pertinenza dei bagni e del giardino sul retro con estensione .e57. Il *file* è stato poi convertito, attraverso il *software* Recap, per renderlo compatibile con *Revit*, e collegato al *file* di progetto tramite il *tool* di collegamento alla nuvola di punti.

Essendo un collegamento a un *file* all'interno del computer, la lettura è associata al percorso di salvataggio nell'unità di sistema scelta. Bisogna comunque prestare attenzione alla corretta impostazione dell'unità di misura del *file* di progetto e avere alcuni accorgimenti durante l'importazione del *file* stesso.

Occorre infine scegliere il posizionamento della nuvola e, in questo senso, *Revit* offre diverse possibilità di impostazione del riferimento e dell'orientamento.

Tra queste è possibile scegliere l'opzione "Da centro a centro", nel caso in cui il centro del riquadro di delimitazione della nuvola di punti in *Revit* venga collocato in corrispondenza del centro del riquadro di delimitazione del modello. In alternativa c'è l'opzione "da origine a origine" nel caso in cui l'origine della nuvola di punti, il punto di coordinate 0,0,0, venga collocata in corrispondenza dell'origine del progetto di *Revit*. In questo caso se il nord di progetto viene ruotato, verrà ruotata anche la nuvola di punti, affinché la direzione nord della nuvola venga associata al nord del progetto corrente. È consigliabile utilizzare questa opzione se la nuvola di punti viene campionata rispetto ad un punto e ad una direzione nota nel modello;

Esiste l'opzione a "coordinate condivise" (in *Revit* si presuppone che le coordinate del file della nuvola di punti vengano specificate nel sistema di coordinate condivise utilizzato nel modello) che comporta il posizionamento dell'origine della nuvola di punti in corrispondenza dell'origine delle coordinate condivise, accessibili mediante il punto rilevamento di base. In questa modalità la nuvola di punti viene orientata in modo che la direzione nord del file della nuvola venga associata al nord reale del modello di *Revit*.<sup>31</sup>

Infine è possibile selezionare l'opzione "da origine ad ultimo posizionato" e, in questo caso, *Revit* posiziona l'ultima nuvola di punti importata in corrispondenza della precedente. L'opzione viene attivata dopo l'inserimento di almeno una nuvola di punti, che può comunque essere spostata all'interno dello spazio di modellazione. Se si dispone di altre nuvole di punti create nello stesso sistema di coordinate della prima, si consiglia di utilizzare tale opzione, in questo modo le nuove nuvole di punti verranno posizionate correttamente rispetto alla prima.

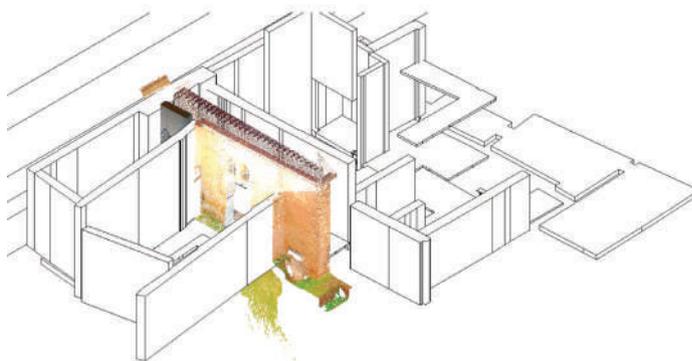
La nuvola dei bagni è stata importata con il sistema "da origine a origine".



Visualizzazione del dato *point cloud* sezionato tramite uno dei livelli di riferimento planimetrici impostati su *software Autodesk Revit*.

Per non modificarne la posizione è stato utilizzato lo strumento *Pin to lock elements*, particolarmente utile nella fase di modellazione poiché permette di bloccare il movimento di quanto selezionato.

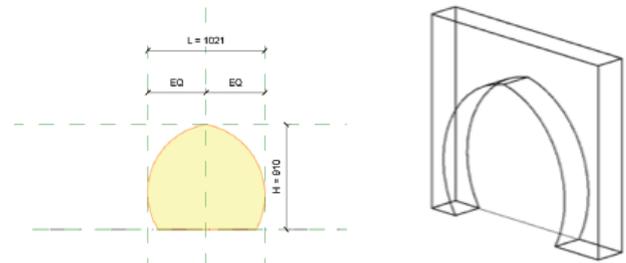
Nella fase di ridisegno è inoltre possibile modificare la modalità di visualizzazione della nuvola, ad esempio per comprendere meglio la morfologia di alcuni elementi, attraverso l'uso di profili colore. Dalla finestra di dialogo *Visibilità/Grafica* è possibile scegliere una modalità colore e modificare così le impostazioni di visualizzazione della nuvola. Nella finestra di dialogo *"Modalità colore nuvole di punti"*, in *"Modalità colore"*, è possibile selezionare una delle opzioni seguenti: "RGB", "tinta unita", "quota altimetrica", "intensità", "normali".



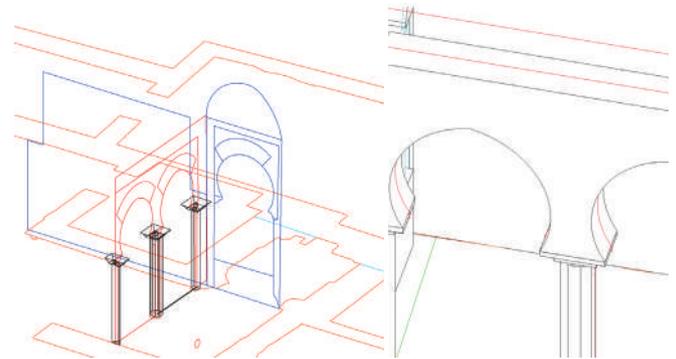
Verifica dell'aderenza tra nuvola di punti e macro-modellazione degli ambienti.



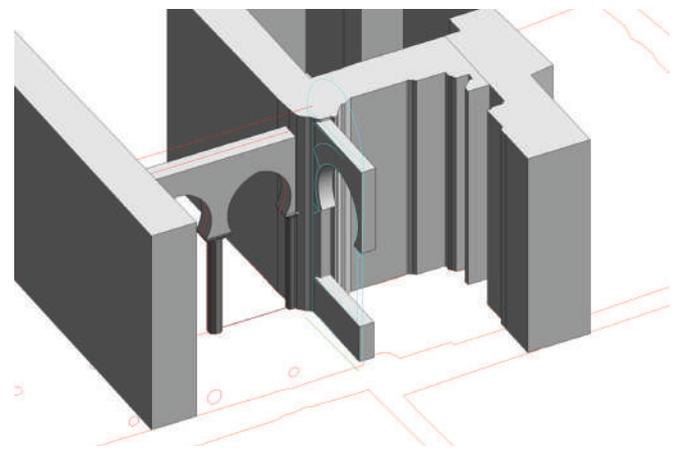
Per la fase di micro-modellazione, ovvero la modellazione complessa degli elementi riconducibili alle singole famiglie (porte, finestre, profili, modanature, ecc.), Revit non consente ancora l'importazione del dato *point cloud* all'interno dell'ambiente di gestione e modellazione delle famiglie di elementi. Per ovviare a questa mancanza, utilizzando ugualmente la base *point cloud*, anche nella strutturazione delle diverse famiglie sono state impiegate delle ortho immagini di dettaglio, per ripassare ed estrarre i profili utili all'estrusione delle diverse componenti per la modellazione dell'oggetto.



Modellazione della categoria di "vuoto" dell'elemento del modello "arco".



Estrusione di forme geometriche da disegni 2D.



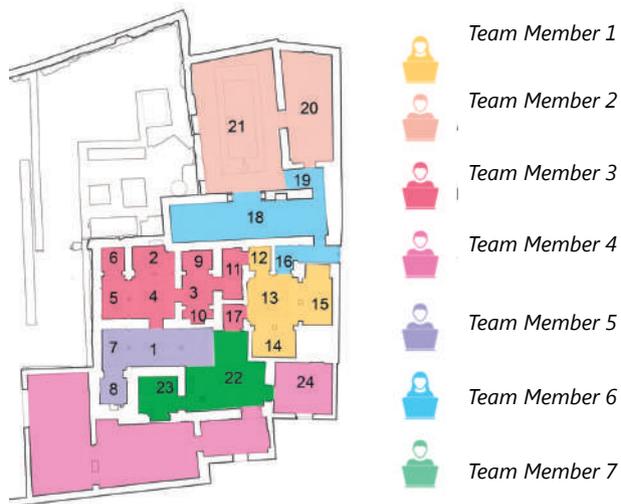
Integrazione tra macro-modellazione e micro-modellazione, con verifica della corrispondenza tra modello e disegno 2D.

## IMPOSTAZIONE DEL MODELLO CENTRALE CONDIVISO TRA GLI UTENTI

Il sistema di modellazione condivisa si basa sul principio di sincronizzazione del file di modello. Per permettere il collegamento tra *file* di lavoro e utente è necessario tessere una rete di connessione, prestando particolare attenzione ad alcuni passaggi. La possibilità di connessione in via *open source* tra utenti e modello è stabilita attraverso l'uso di sistemi di archiviazione *cloud*. All'interno di questo progetto di ricerca è stato scelto *Dropbox* come piattaforma di condivisione. Ciascun utente, per poter lavorare sul progetto condiviso, ha dovuto impostare la propria cartella *Dropbox* nella *directory* principale C: del computer. Una volta attivata la condivisione, *Revit* permette di salvare una copia del progetto come modello centrale. È stato quindi aperto il progetto, precedentemente impostato con il collegamento alla nuvola di punti, con i piani e con i livelli di riferimento, e si è proceduto a salvarlo come Modello Centrale all'interno della cartella *Dropbox* condivisa.

Il Modello funziona da *database* di progetto e ne memorizza tutte le modifiche apportate. Successivamente sono stati salvati i "Modelli Locali", attraverso i quali è stato strutturato il collegamento tra il *file* centrale e i modellatori. Tale organizzazione permette di avere un ambiente di modello in cui gli utenti possono lavorare in maniera congiunta alla costruzione degli elementi. Per poter apportare le modifiche al modello centrale, ciascun utente ha salvato una copia locale del modello all'interno del proprio computer. Così facendo l'utente non lavora mai all'interno del file di modello centrale ma sul salvataggio effettuato sul proprio personal computer. Ogni modello locale è quindi stato collegato attraverso *Dropbox* al *file* centrale, in questo modo le modifiche apportate a ciascun *file* locale vengono salvate e visualizzate da tutti gli utenti solo nel momento in cui questo è sincronizzato attraverso l'apposito *tool*.

Ogni membro del *team* ha sincronizzato il modello una volta ultimata la costruzione degli elementi. Sono stati riscontrati tuttavia dei problemi nella gestione delle fasi di modellazione a causa delle limitazioni dovute dalla scelta



Google Drive



Dropbox



Microsoft Teams

Assegnazione delle aree di modellazione a ciascun modellatore (*Team Member*). Scelta delle piattaforme di condivisione per lo *sharing* dati.

di un *iter* metodologico *open source* e non tramite servizi a pagamento offerti dalle *software house*. Se da un lato tale metodo si dimostra efficace nello sviluppo di una modellazione collaborativa, dall'altro ha evidenziato criticità diffuse che hanno spesso minato il buon esito delle operazioni di strutturazione del modello. Le maggiori criticità riscontrate risiedono nel limite di condivisione, causato dall'utilizzo di un sistema di *cloud sharing* parzialmente *free* (GB limitati).

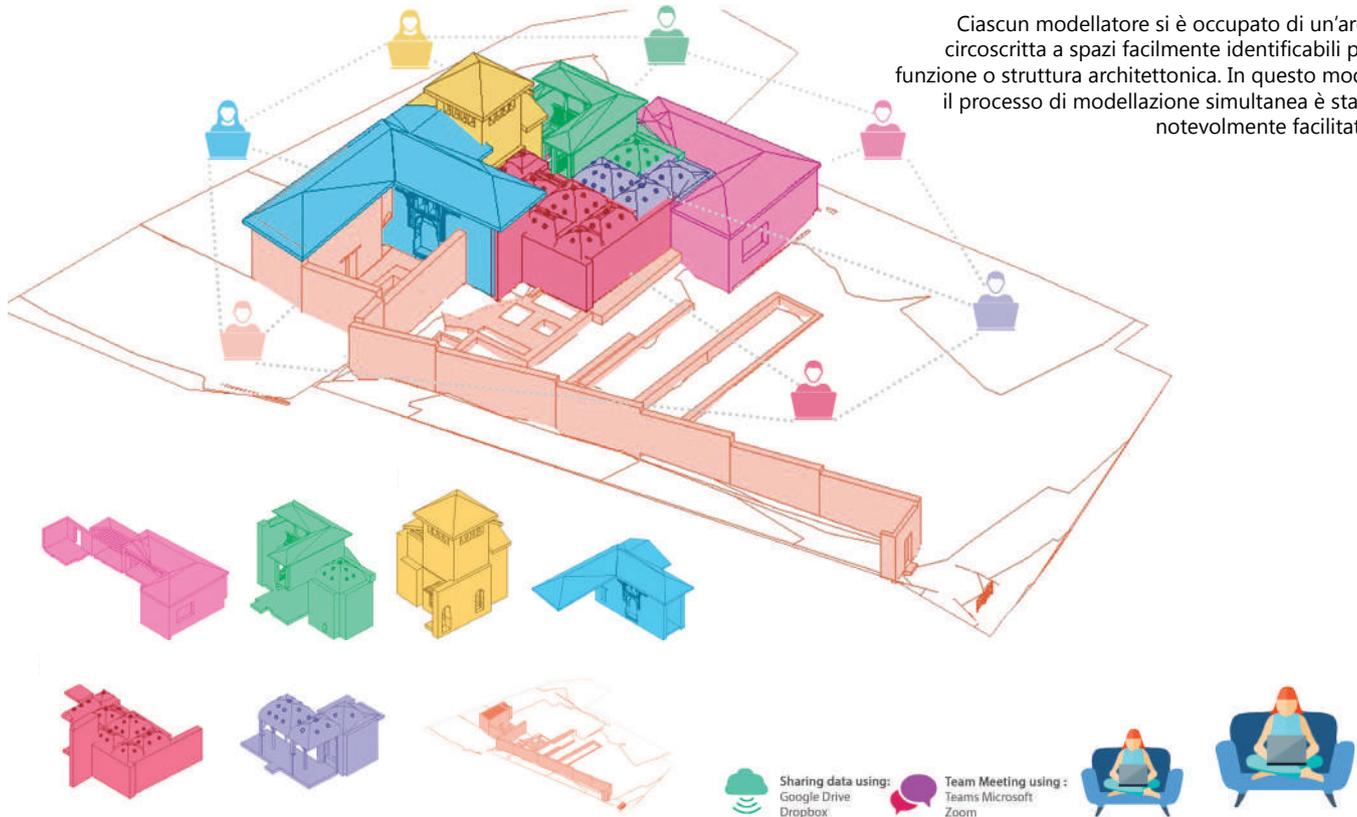
La strutturazione di un modello all'interno di un sistema *on cloud*, come *Dropbox*, ha posto un limite basato sulla disponibilità di spazio di utilizzo per l'archiviazione del dato limitato a 2 GB per ciascun utente. Risulta evidente come tale limitazione riduca le possibilità di modellazione, se queste non sono supportate da un investimento di risorse economiche per l'utilizzo di sistemi più performanti.

Inoltre in fase di sincronizzazione la procedura non è controllata da nessun sistema di analisi delle operazioni di *upload*. È stato dunque necessario prestare estrema attenzione alle attività

di caricamento per evitare la sovrascrittura erronea del file di gestione centrale. Ogni volta che un utente aveva la necessità di sincronizzare il modello centrale con le nuove modifiche, si è accertato che nessuno degli altri utenti stesse aggiornando contemporaneamente il *file*. Una sincronizzazione del modello simultanea avrebbe comportato la perdita dei nuovi oggetti di modello da parte dell'uno o dell'altro utente. Al fine di ovviare al problema dell'instabilità di sincronizzazione, in considerazione dell'alto numero di modellatori impiegati per la sperimentazione, ciascuna porzione dei bagni è stata

prima modellata su un *file* separato dal modello centrale e il modello condiviso è stato utilizzato solamente per l'unione dei diversi modelli realizzati singolarmente. Per superare queste criticità è necessario che la collaborazione e la comunicazione tra gli utenti sia intensa ed efficace. La comunicazione e la linearità dei flussi di scambio informativo all'interno degli spazi di condivisione sono necessari specialmente in fase di sincronizzazione del file. Il protocollo di modellazione condivisa ha confermato le aspettative portando ad un risultato soddisfacente nella gestione del modello.

Ciascun modellatore si è occupato di un'area circoscritta a spazi facilmente identificabili per funzione o struttura architettonica. In questo modo il processo di modellazione simultanea è stato notevolmente facilitato.



## IMPOSTAZIONI DI *WORKSET* E PARTIZIONAMENTI DEL MODELLO

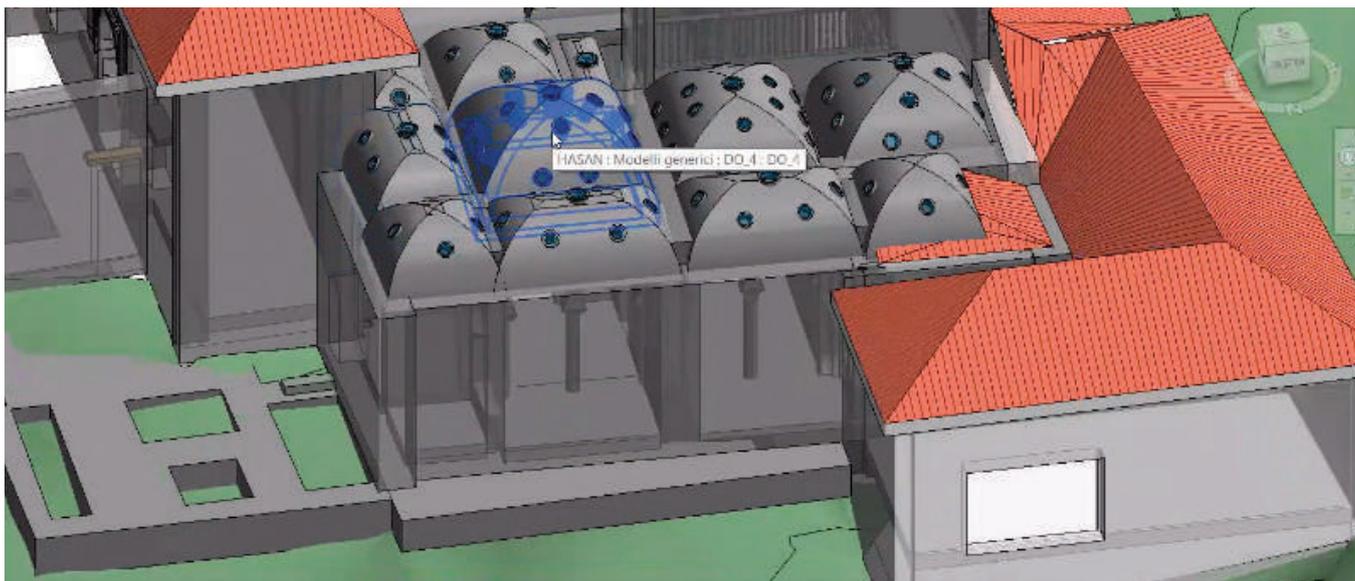
Nei protocolli di modellazione condivisa è buon uso procedere secondo l'assegnazione di categorie di modello, definite dal sistema come *workset*. Un *workset* è un *layer* di raccolta di elementi di modello all'interno del progetto condiviso. L'organizzazione dei *workset* è definita dagli utenti. Tali *layer* possono essere ordinati secondo molteplici criteri, ad esempio secondo le aree funzionali del progetto o in relazione al lavoro del modellatore.

Quando si attiva la condivisione del lavoro, il sistema genera dei *workset* di *default*, che gli utenti possono andare a modificare. I diversi *workset* consentono di partizionare il progetto assegnando e vincolando ogni parte ad un singolo utente, che ne sarà l'unico responsabile. In questo modo gli utenti riescono a mantenere il controllo diretto del proprio lavoro.

La modifica ad un *workset* proprietario è vincolata, se non previa

richiesta "del permesso di modifica" degli elementi da parte dell'utente interessato. Solitamente, nella logica di un lavoro condiviso tra utenti con diverse specializzazioni, i vari *workset* vengono strutturati per categoria di sviluppo dei modelli: chi si occupa delle strutture, chi dell'architettonico, chi degli impianti, chi degli infissi, ecc., ma è possibile fare suddivisioni diverse.

Per i bagni della Mezquita le porzioni e i conseguenti *workset* sono stati organizzati in base agli utenti coinvolti, assegnando a ciascuno il nome del responsabile. Nell'impostazione visuale, con l'applicazione del filtro *workset*, il modello si colora in corrispondenza delle porzioni assegnate. Le suddivisioni in *workset*, se necessario, possono essere modificate e ampliate. È inoltre possibile andare a modificare un *workset* di cui non si è il responsabile attraverso l'invio di una richiesta di modifica, l'utente responsabile del *workset* andrà poi a valutare se consentirne o meno il prestito ad un altro utente. In questo caso specifico, tale possibilità è stata utilizzata dagli utenti in fase di unione dei modelli, momento in cui si è reso necessario operare e modificare porzioni confinanti.



Visualizzazione del *workset* relativo all'elemento di modello.

## LINE UP DI MODELLAZIONE

Durante le operazioni di modellazione, la dicotomia tra modello ideale e modello reale è alla base di ogni scelta che guida il modellatore nel determinare l'aderenza del proprio disegno. Andando a trattare la rappresentazione di elementi con superfici irregolari come murature, superfici voltate, colonne, ecc. vengono sviluppati modelli a sé stanti che vanno a popolare librerie di oggetti utili solo allo specifico progetto.

Il progettatore, nel costruire tali livelli, fa riferimento *in primis* al piano di calpestio degli orizzontamenti e alle partizioni verticali visibili in sezione. Successivamente procede impostando i diversi solai e i collegamenti in alzato.

Per ogni tipologia di elemento costruttivo è stata realizzata una specifica famiglia di modello.

Volte o capitelli sono risultati più complessi, in quanto il *software* impone dei vincoli che spesso non coincidono con le esigenze della rappresentazione. Anche se si utilizza una *pipeline* di modellazione, attraverso la strutturazione di un modello generico *in place*, nel ricercare una modalità di rappresentazione per tali forme, il *software* applica comunque dei vincoli di *authoring* rendendo poco elastico il processo di modellazione.

In accordo con Scandurra, riferendosi alla modellazione delle volte, i principali aspetti su cui riflettere sono quindi due: *"da un lato il riconoscimento delle regole di costruzione geometrica delle superfici curve che descrivono l'oggetto e quindi la strutturazione di una pipeline di modellazione dedicata, in considerazione della complessità geometrica; d'altro lato l'individuazione di una modalità di attribuzione del significato all'oggetto digitale, nella consapevolezza della sua consistenza volumetrica e del suo comportamento"*.<sup>32</sup>

Si riportano, per semplicità descrittiva, i differenti approcci utilizzati in funzione delle complessità geometriche riscontrate nell'oggetto da modellare. Il primo coincide con l'inserimento di tipologie di famiglie di base pre-impostate,

come per le murature, dove si modificano i parametri per fare coincidere le singole geometrie con il dato della nuvola di punti. Gli elementi così realizzati presentano il più alto grado di libertà nel funzionamento del sistema informativo, in quanto completamente aderenti alla natura del modello parametrico.

Questa metodologia è strutturata sulla base dei processi di importazione della nuvola di punti all'interno dello "spazio di progetto" e la modellazione, di tipo *Scan-to-BIM*, avviene attraverso l'utilizzo di famiglie di sistema che vengono fatte corrispondere al dato tridimensionale del rilievo grazie all'utilizzo di "punti di controllo", modificando poi i profili per l'estrusione e la generazione dei solidi di modello.

Altra possibilità riguarda la progettazione di categorie di famiglie modellate sulla base di un disegno CAD 3D impostato sulla nuvola di punti. La rappresentazione degli elementi con geometrie complesse, come volte, colonne, finestre, balaustre o elementi di decoro, può avvenire creando una famiglia specifica per ciascun elemento o modellando genericamente la forma e associandola poi ad una categoria di elementi tra quelle elencate dal sistema. Per quelle componenti architettoniche presenti in numero consistente (finestre, colonne, porte, balaustre) si è optato per la realizzazione di famiglie specifiche di modello.

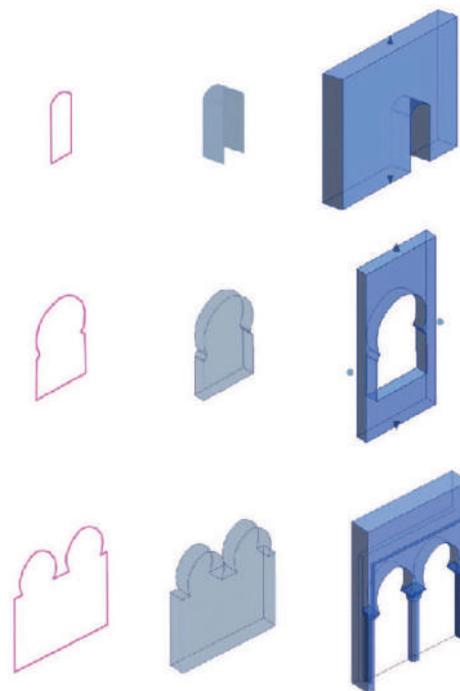
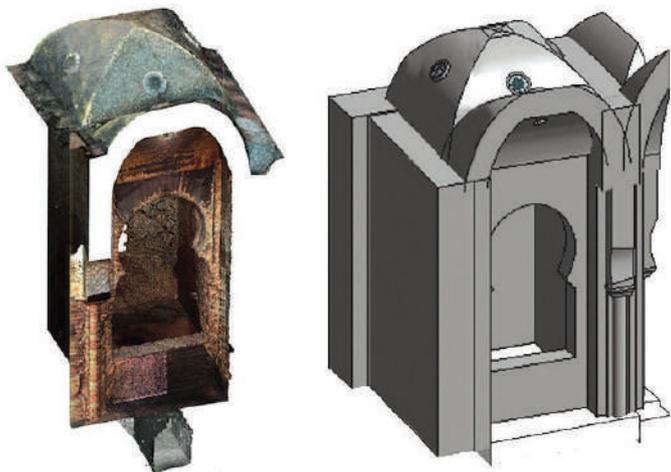
Gli elementi privi della componente informativa relativa al sistema costruttivo sono stati modellati secondo la categoria di modello generico e disegnati *in-place*.

Nella modellazione *in-place*, realizzata al di fuori della gerarchizzazione formale delle famiglie, *software* come *Revit* forniscono strumenti per la generazione di solidi dalla rivoluzione, estrusione o unione tramite percorso, di profili bidimensionali.<sup>33</sup>

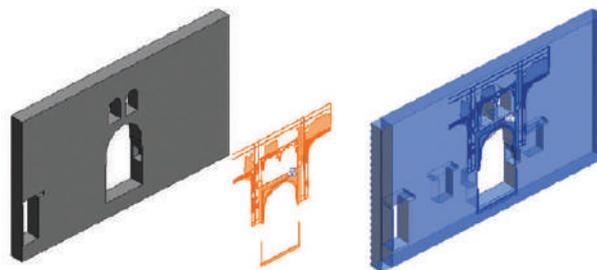
Le possibilità di unione, intersezione, sottrazione o differenza, delle geometrie favorisce poi l'assemblamento di forme semplici per creare elementi composti, controllabili metricamente, sfruttando una logica computazionale nella definizione geometrica delle forme.

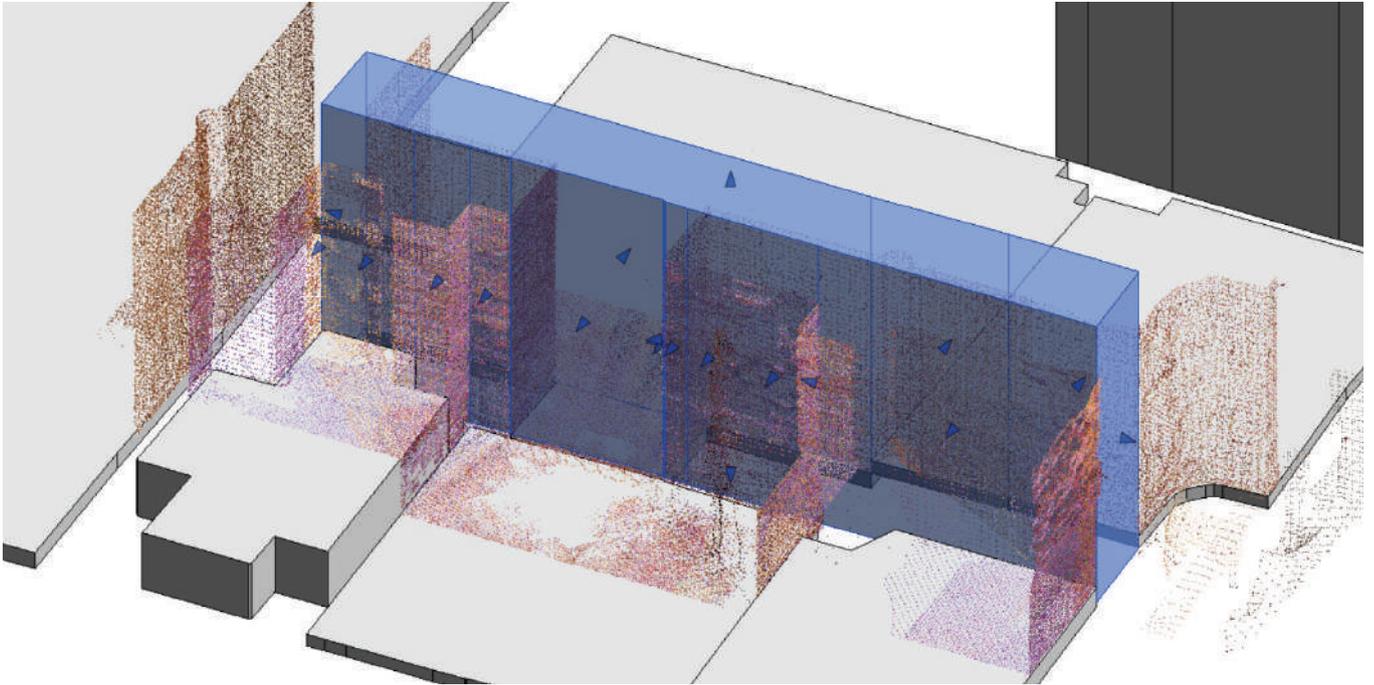
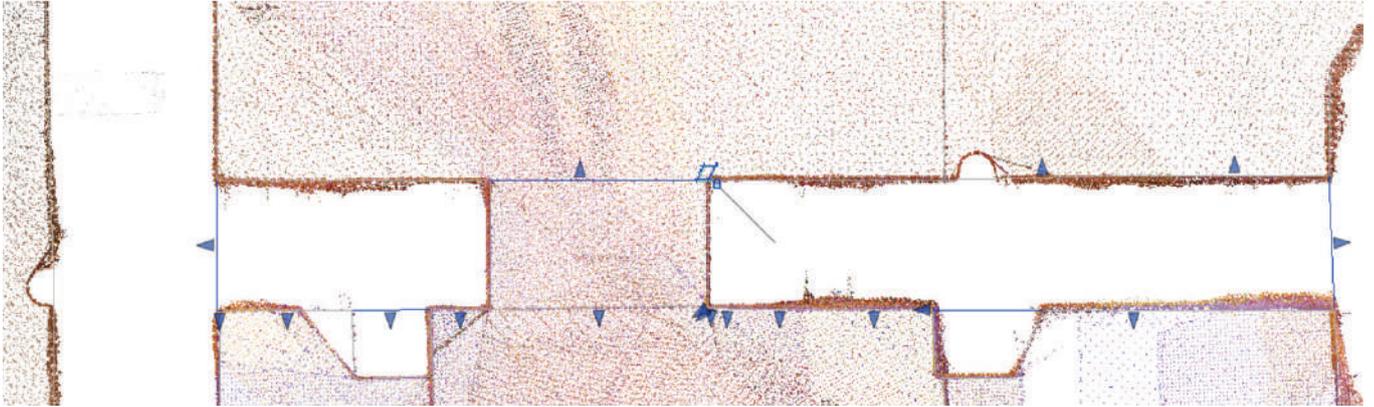
## SETTI MURARI VERTICALI

La suddivisione dei setti murari ha seguito una logica strutturale, classificando ciascun elemento in muratura portante o controventatura di tamponamento e analizzando in loco le ammorsature tra i singoli paramenti. Ordinando tra mura esterne e interne, ciascuna famiglia è stata rinominata attraverso il codice alfanumerico condiviso tra gli utenti con il comando "modifica tipo". Tramite la funzione "estrusione da perimetro" i contorni dei setti murari sono stati disegnati direttamente nella vista in pianta del modello, sezionando la nuvola di punti a un livello di circa 50 cm da terra. Per ogni estrusione, attraverso la visualizzazione in sezione e in 3D, è stata verificata la corrispondenza tra solido e volumetria della nuvola di punti. Gli archi a ferro di cavallo, le aperture di collegamento tra i diversi ambienti e le nicchie sono stati trattati e rappresentati attraverso la sottrazione di solidi. Ciascun modello è stato estruso a partire da un ripasso diretto della nuvola di punti.



Sopra, esempi di modellazione parametrica di setti murari. Le aperture dei setti murari sono costruite tramite l'applicazione di famiglie di "vuoti". Sotto, integrazione con l'elemento decorativo, classificato su di una specifica categoria realizzata *ad hoc* ed estruso sulla base del riferimento 2D. Pagina a fianco, la macro-modellazione riferita alla nuvola di punti.

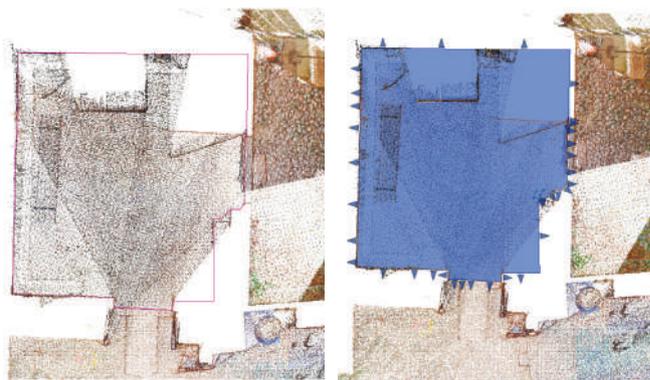




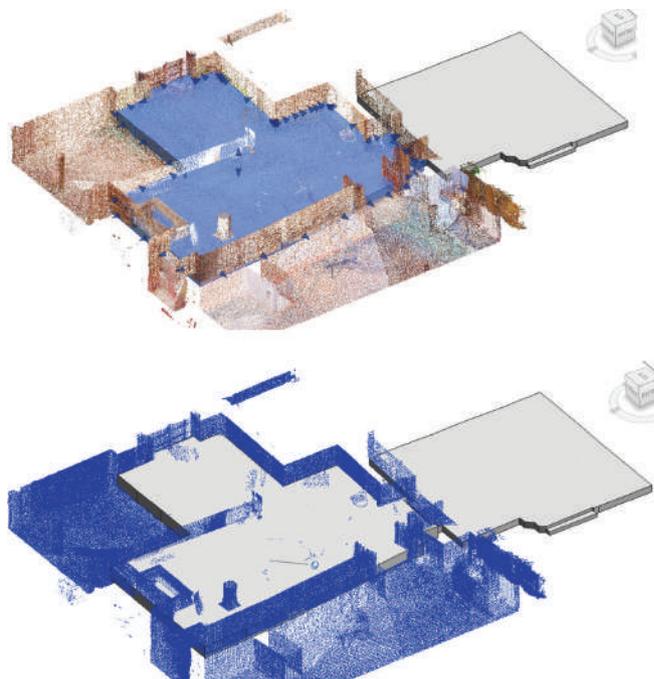
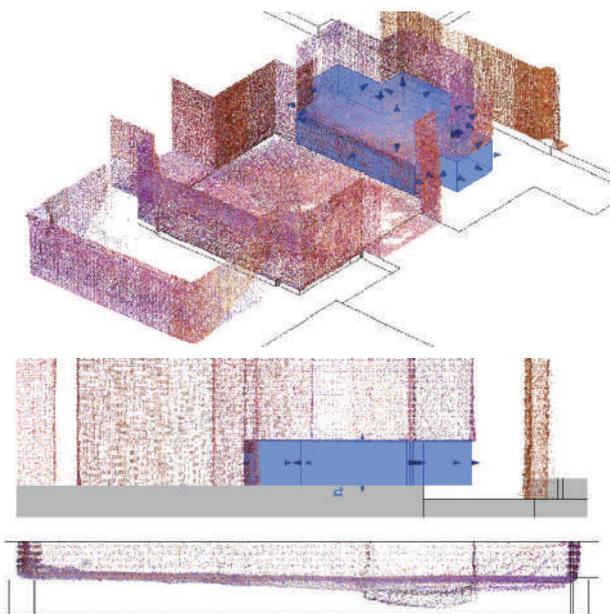
## ORIZZONTAMENTI

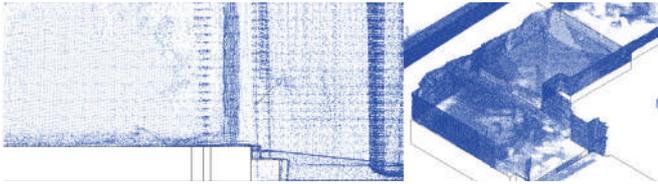
Per la strutturazione degli orizzontamenti è stato necessario individuare dalla nuvola di punti le quote altimetriche che caratterizzano l'andamento delle superfici. Queste sono state ulteriormente verificate tramite il confronto con le sezioni di *AutoCAD*.

*Revit* mette a disposizione diverse Famiglie Pavimento di Sistema, tuttavia, trattandosi di un edificio storico non è stato possibile utilizzarle ed è stato necessario creare una famiglia specifica. Non essendo nota la stratigrafia, ma solo le superfici di finitura, si è ipotizzata una composizione generica del massetto, delineando per ciascuna porzione i margini attraverso il comando "pavimento da perimetro". Attraverso l'aggiunta di punti di controllo per la regolazione dei solidi e la loro aderenza al rilievo, si effettuano dei micro aggiustamenti alle pendenze e alle irregolarità delle superfici.

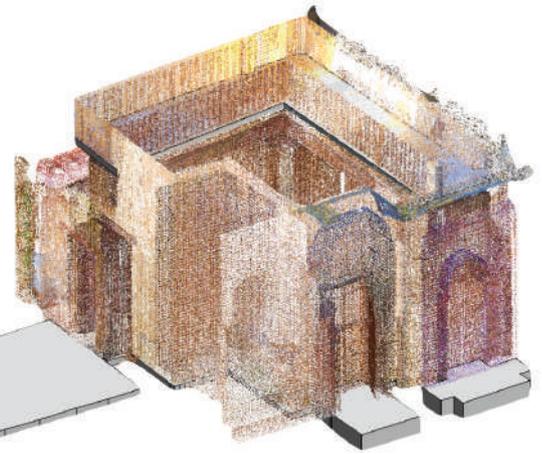


Strategie di estrusione degli orizzontamenti. In questa pagina la modellazione di orizzontamenti complanari, ovvero di ambienti il cui piano di calpestio è situato alla stessa quota.

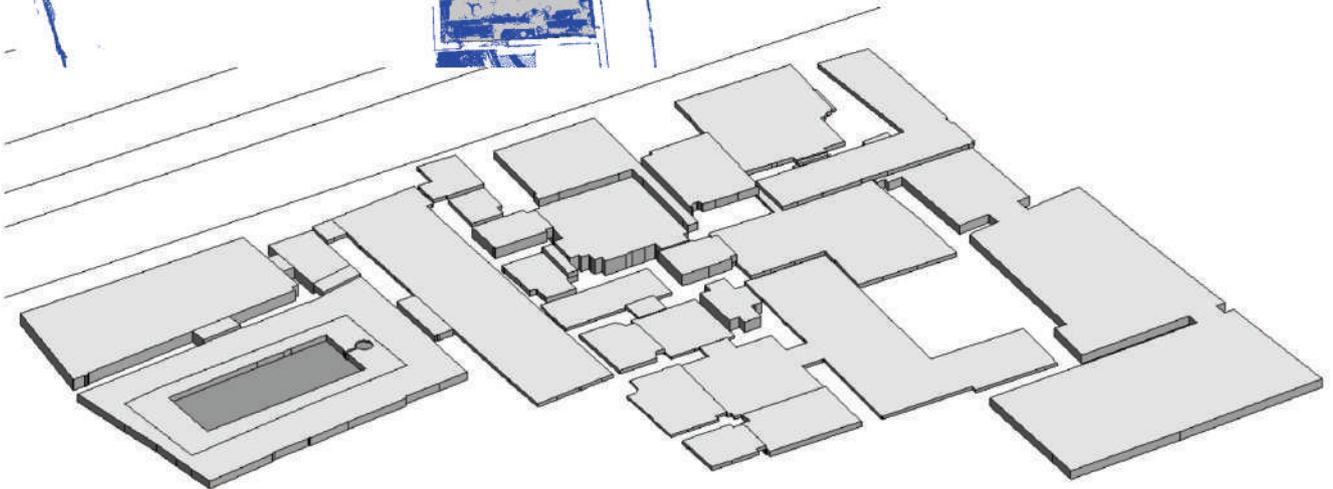
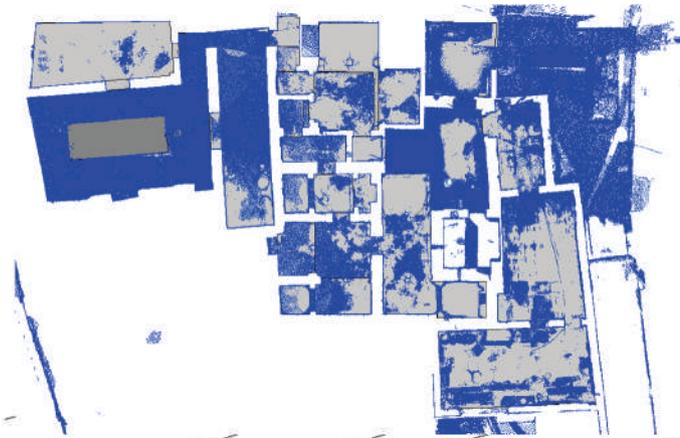




Modellazione di orizzontamenti a differenti quote.



Sopra, verifica di aderenza tra orizzontamenti e nuvola di pèunti, effettuata per ambienti. A sinistra e qui sotto, l'unione dei modelli degli orizzontamenti dell'intero complesso dei bagni ottenuti dall'estrusione dei singoli ambienti.

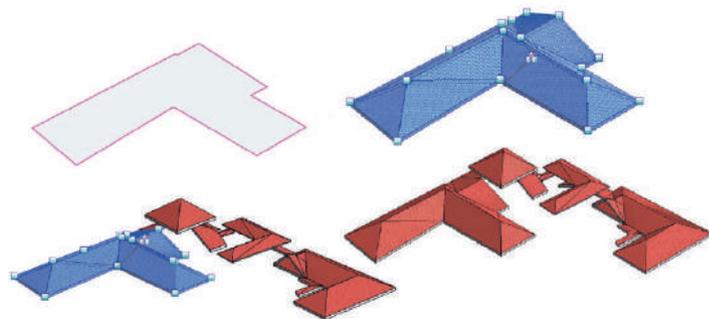
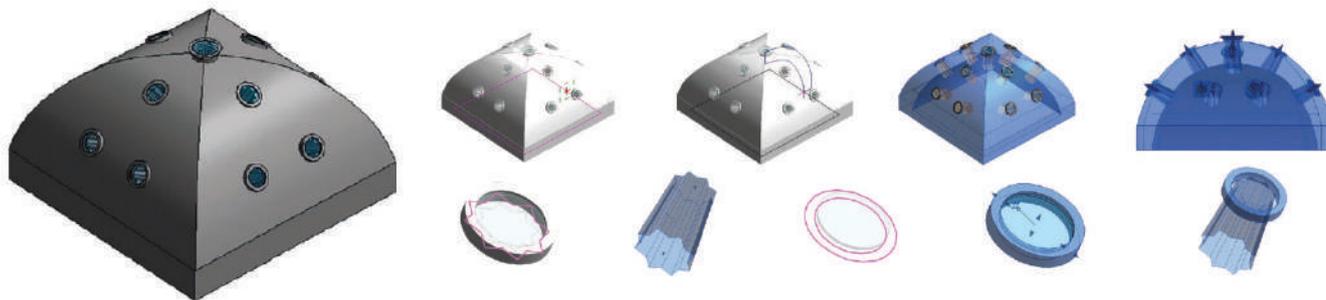


## COPERTURE

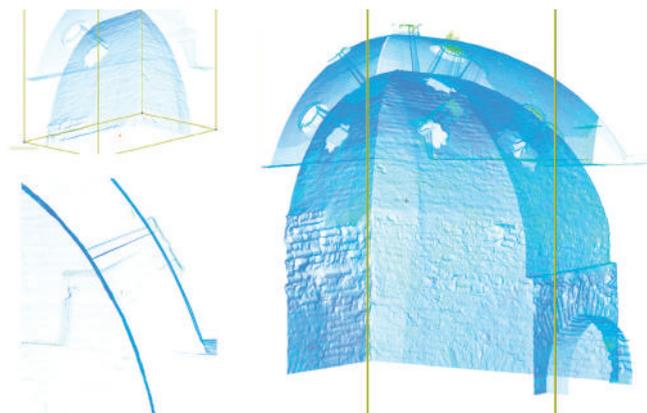
Data la specificità geometrica delle coperture, è stato fatto ricorso ad una modellazione *in-place*, potendo così garantire la massima coerenza con il rilievo metrico. Sono state identificate due tipologie di coperture: a falde caratterizzate da un mando a coppi e controcoppi, e a cupola, con fori stellati per l'illuminazione degli ambienti.

Lo strumento "tetto da perimetro" è stato impiegato per modellare le falde regolari, generate sulla base del disegno del perimetro determinando poi inclinazione attraverso l'utilizzo di punti di controllo.

Per modellare le cupole è stato invece utilizzato lo strumento "tetto da estrusione su percorso". Il solido è stato ricavato dall'estrusione del profilo in sezione della cupola lungo un binario definito dal perimetro di base. I fori stellati sono stati realizzati come solidi di sottrazione. Assegnando alla base inferiore della cupola il profilo stellato interno e alla superiore il profilo esterno, e unendo i profili tramite un asse di congiunzione tra i centri delle due basi, è stato possibile estrarre i fori stellati come solido di unione tra profili.



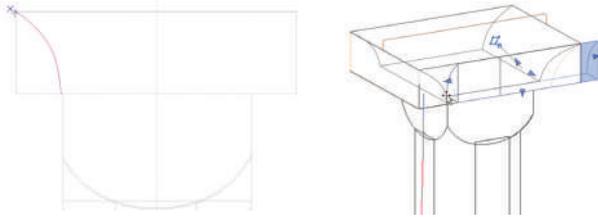
Strategia di modellazione delle coperture a falde regolari.



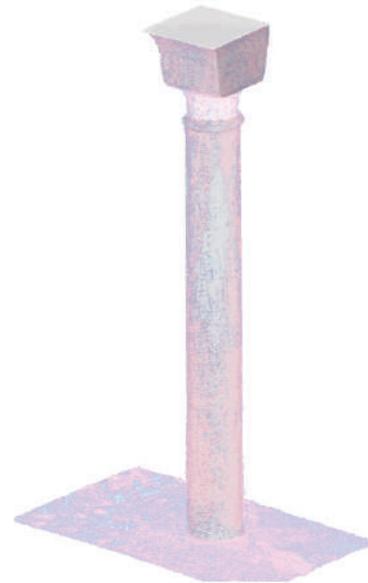
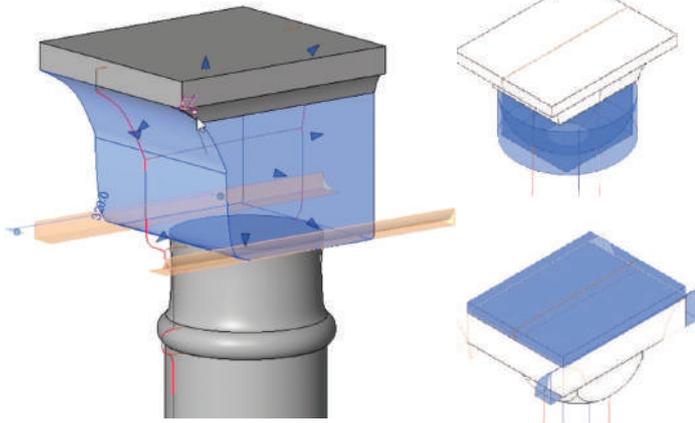
Strategia di modellazione delle coperture dei sistemi voltati.

## COLONNE

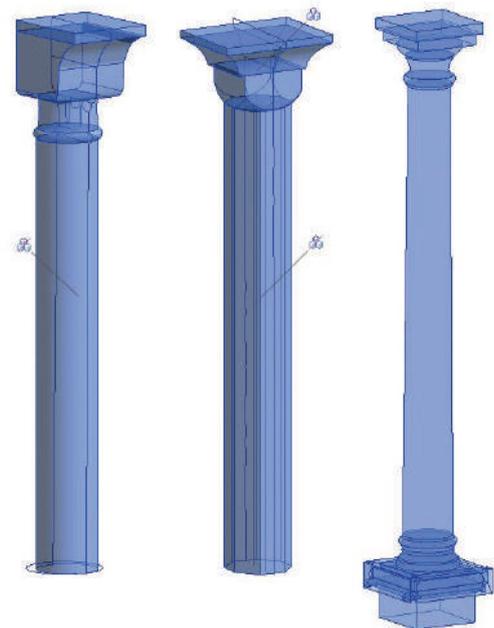
Le colonne sono state modellate dalla rivoluzione del volume che le circonda procedendo poi alla sottrazione dei vuoti. La corrispondenza metrica con il rilievo è stata verificata attraverso il confronto diretto con la nuvola in ambiente di progetto. Sono state create, a tal fine, tre famiglie, suddivise per tipologie di colonna. Per rappresentare compiutamente l'elemento, supportare una diversificazione specifica e favorire l'alloggiamento dell'elemento costruttivo all'interno dell'ambiente tridimensionale complessivo, la colonna è stata scomposta in sottoelementi, base, fusto e capitello, vincolati tra loro attraverso un piano di riferimento. Sono stati poi, associati dei parametri dimensionali (larghezza e altezza) ai volumi dei sottoelementi.



Strategia di modellazione da profilo 2D. I modelli dell'abaco e dell'echino del capitello sono ottenuti con strategie di estrusione su binario e rivoluzione intorno all'asse della colonna.



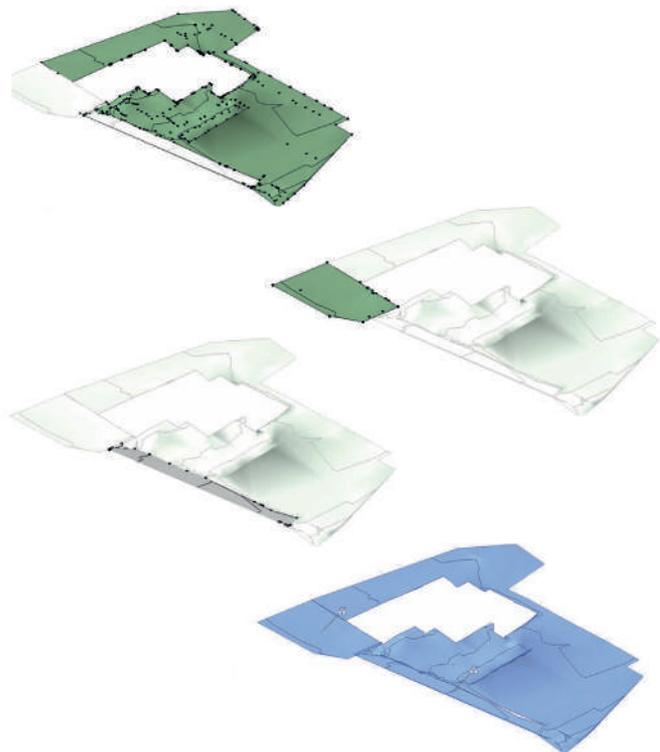
Ciascuna colonna è stata modellata singolarmente, associandole una propria famiglia di riferimento.



## TERRENO

Per la restituzione di una morfologia affidabile del terreno relativo alle porzioni esterne al complesso, è stata effettuata una segmentazione della nuvola di punti selezionando solo la porzione interessata. Da *AutoCAD* sono stati selezionati manualmente, attraverso il comando di *Osnap3D*, i punti necessari alla configurazione della superficie, realizzata con *AutoCAD Civil 3D*.

Il modello ottenuto è stato importato in *Revit*, come base per la generazione automatica di una superficie. Nel momento di calcolo il programma effettua alcune approssimazioni e, per garantire la massima aderenza al rilievo, sono quindi stati utilizzati diversi punti di controllo.

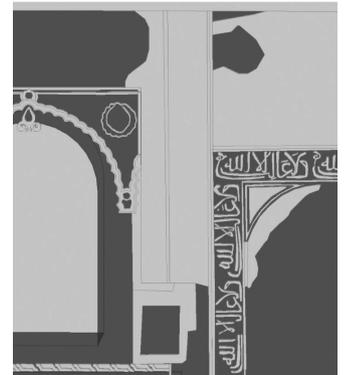
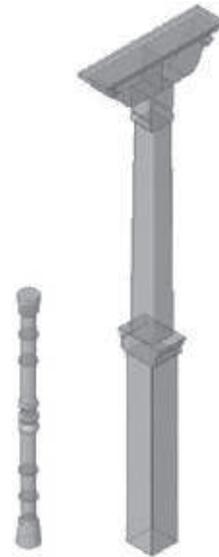
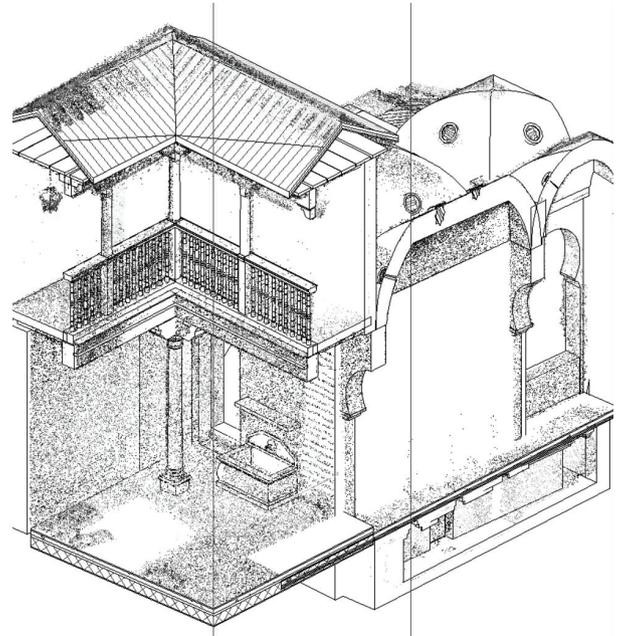
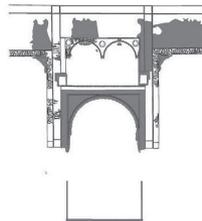
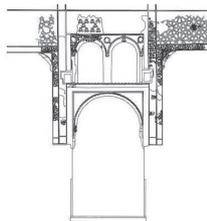
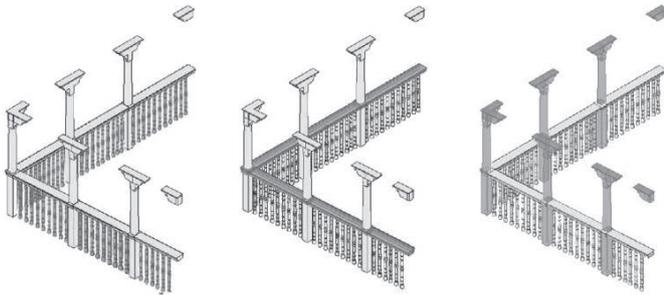


Fasi di costruzione del modello topografico del terreno. In basso, le fasi di selezione dei punti di riferimento per la modellazione e la costruzione della superficie 3D. In alto, l'inserimento e unione del modello architettonico e della superficie topografica del terreno.

## ELEMENTI DI ARREDO E DECORO

Le decorazioni in gesso sono state restituite tramite estrusione dei profili .dwg, e tramite un criterio di semplificazione delle forme.

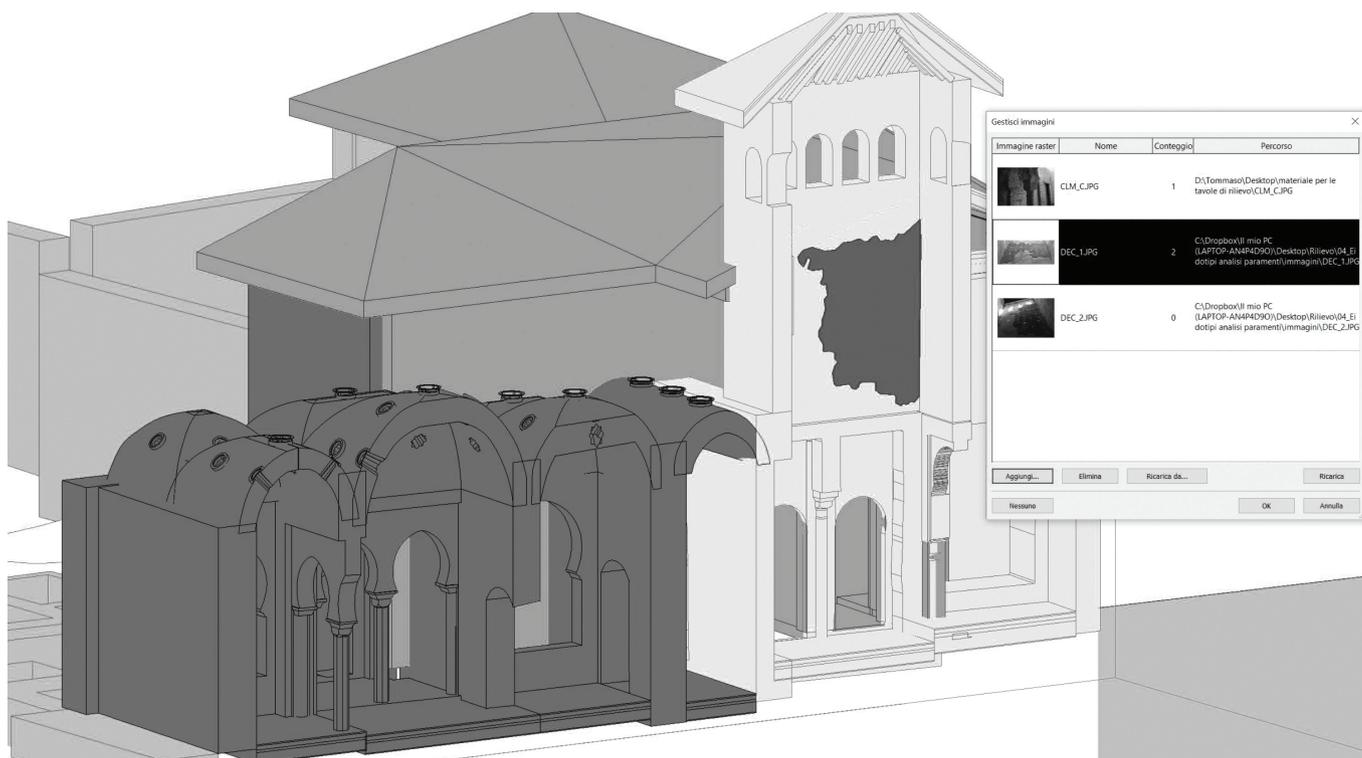
Alcuni elementi di pregio sono stati rappresentati come un semplice solido di superficie, che descrive l'area occupata dall'arredo, a cui sono state associati metadati per la narrazione specifica e la descrizione dell'opera. In generale tuttavia si è cercato di modellare ciò che poteva avere un ruolo determinante nella configurazione spaziale del complesso, come la balaustra in legno o la fontana presente nel patio d'ingresso, definendo famiglie specifiche di modello generico.



## POPOLAMENTO DEL MODELLO GENERALE

I modelli sono stati importati singolarmente nel modello generale secondo un criterio di ricomposizione dello spazio. Una volta inserite le numerose componenti è stato necessario lavorare sui setti verticali in comune tra le differenti porzioni, prendendo a riferimento quelli rappresentati con maggiore aderenza al dato del rilievo metrico.

Stessa cosa è avvenuta per le falde contigue, per gli orizzontamenti e per i collegamenti verticali. Ciascun modellatore ha verificato una specifica categoria di elementi, controllando l'effettiva corrispondenza in planimetria e in alzato con la nuvola di punti e apportando, dove necessario, adeguamenti per una maggiore coerenza tra modelli.



In questa pagina e nelle seguenti viste del modello informativo.

Browser di progetto: Bagno da la Maspeta\_Seminario Gravada 2020\_Centrale 12-01...

- ↳ Vista 3D
  - ↳ Piano strutturale
    - ↳ BM\_Livello 1\_PD DWG
    - ↳ BM\_Livello 1\_PD DWG - Dettaglio 1
    - ↳ BM\_Livello 2
    - ↳ BM\_Livello 2 - Dettaglio 1
    - ↳ BM\_Livello 3
    - ↳ BM\_Livello 4
    - ↳ BM\_Livello 5
    - ↳ BM\_Livello 6
    - ↳ BM\_Livello 7
    - ↳ BM\_Livello 8
    - ↳ BM\_Livello 9
    - ↳ BM\_Livello 10
    - ↳ BM\_Livello 10\_Copertura
    - ↳ BM\_Livello 10\_P1\_Curtain
    - ↳ BM\_Livello 10\_Giardino Pieno
    - ↳ BM\_Livello Pav. garage 1
  - ↳ Piano dei pavimenti
  - ↳ Ripartizione contrassegno
  - ↳ Vista 3D
- ↳ Proprietà
  - ↳ Età
  - ↳ Inad
  - ↳ Oref
  - ↳ Suf
- ↳ Sezioni (Sezione 1)
  - ↳ Sezione AA'
  - ↳ Sezione BB'
  - ↳ Sezione CC'
  - ↳ Sezione FF'
  - ↳ Sezione PP'
  - ↳ Sezione GG'
  - ↳ Sezione HH'
  - ↳ Sezione LL'
  - ↳ Sezione MM'
  - ↳ Sezione NN'
  - ↳ Sezione OO'

Proprietà

Misura di base  
kapt\_20

Misura (1)

Vincoli

Linea di ubicazione	Linea d'asse del muro
Vincolo di base	BM_Livello Pav stanza 1
Offset base	0,0001
La linea è centrata	0
Distanza solentazione base	0,0000
Vincolo gener superiore	Pav di livello BM_Livello 3
Altezza non collegata	4,1758
Offset superiore	0,0000
La linea superiore è associata	0,0000
Distanza solentazione superiore	0,0000
Definizione di livello	SC1
Relazione a marcia	SC1

Struttura

Strutturata	<input type="checkbox"/>
Edificio misto analitico	<input type="checkbox"/>
Utilizzo strutturale	Non portante

Dimensioni

Altezza	2,2000
Area	0,0000 m²
Suf	1,5000 m²

Dati identità

Immagine	
Commenti	
Contrassegno	
Workset	HASAN
Modificato da	Hasan

Fasi

Fase di creazione	Stato di Progetto
Fase di demolizione	Nessuno

Proprietà

CLM\_CAPITELLO\_B  
CLM\_CAPITELLO\_B\_2

Modelli generici (1)

Vincoli

Livello	BM_Livello Pav stanza 1
Host	Livello: BM_Livello Pav stanza 1
Offset	-0,0960

Sposta con l'oggetto più vicino

<input type="checkbox"/>
--------------------------

Dimensioni

Volume	0,017 m³
--------	----------

Dati identità

Immagine	
Commenti	
Contrassegno	
Workset	HASAN
Modificato da	Hasan

Fasi

Fase di creazione	Stato di Progetto
Fase di demolizione	Nessuno

Proprietà

CLM\_FUSTO\_B\_1

Modelli generici (1)

Vincoli

Livello	BM_Livello Pav stanza 1
Host	Livello: BM_Livello Pav stanza 1
Offset	-0,0007

Sposta con l'oggetto più vicino

<input type="checkbox"/>
--------------------------

Dimensioni

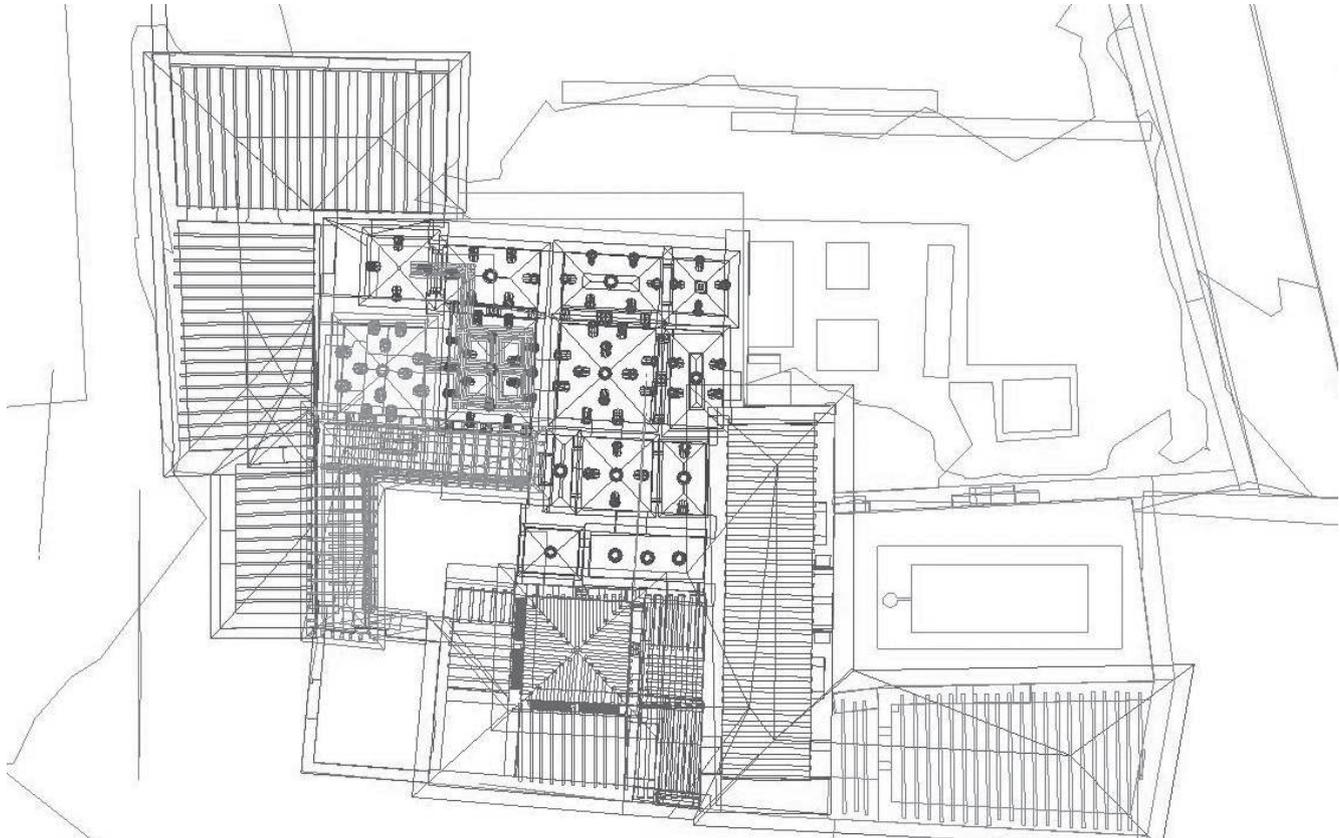
Volume	0,063 m³
--------	----------

Dati identità

Immagine	
Commenti	
Contrassegno	
Workset	Tommaso
Modificato da	Tommaso

Fasi

Fase di creazione	Stato di Progetto
Fase di demolizione	Nessuno



## NOTE

1 Cfr. De Marco R., Dell'Amico A. (2020). *Connettere il territorio tra patrimonio e informazione: banche dati e modelli per le Cultural Heritage Routes*. 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso della Unione Italiana per il Disegno Reggio Calabria- Messina 17-18-19 settembre 2020.

2 Cfr. Picchio F. (2015). *Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali*, Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015.

3 I *thesauri* sono vocabolari controllati e dinamici, dove le relazioni semantiche, quelle cioè relative al significato, tra i termini, siano esse gerarchiche, associative o di equivalenza, sono esplicitate. Possono essere utilizzati per l'indicizzazione, la classificazione, la catalogazione, la metadattazione e il recupero di informazioni da banche dati. I *thesauri* possono essere costruiti secondo diverse strutture di classificazione basate su categorie e faccette generali, su base tematica o disciplinare, o seguendo un approccio misto. (Cfr. <https://www.isp.cnr.it/index.php/it/scienza/prodotti-della-ricerca/thesauri>)

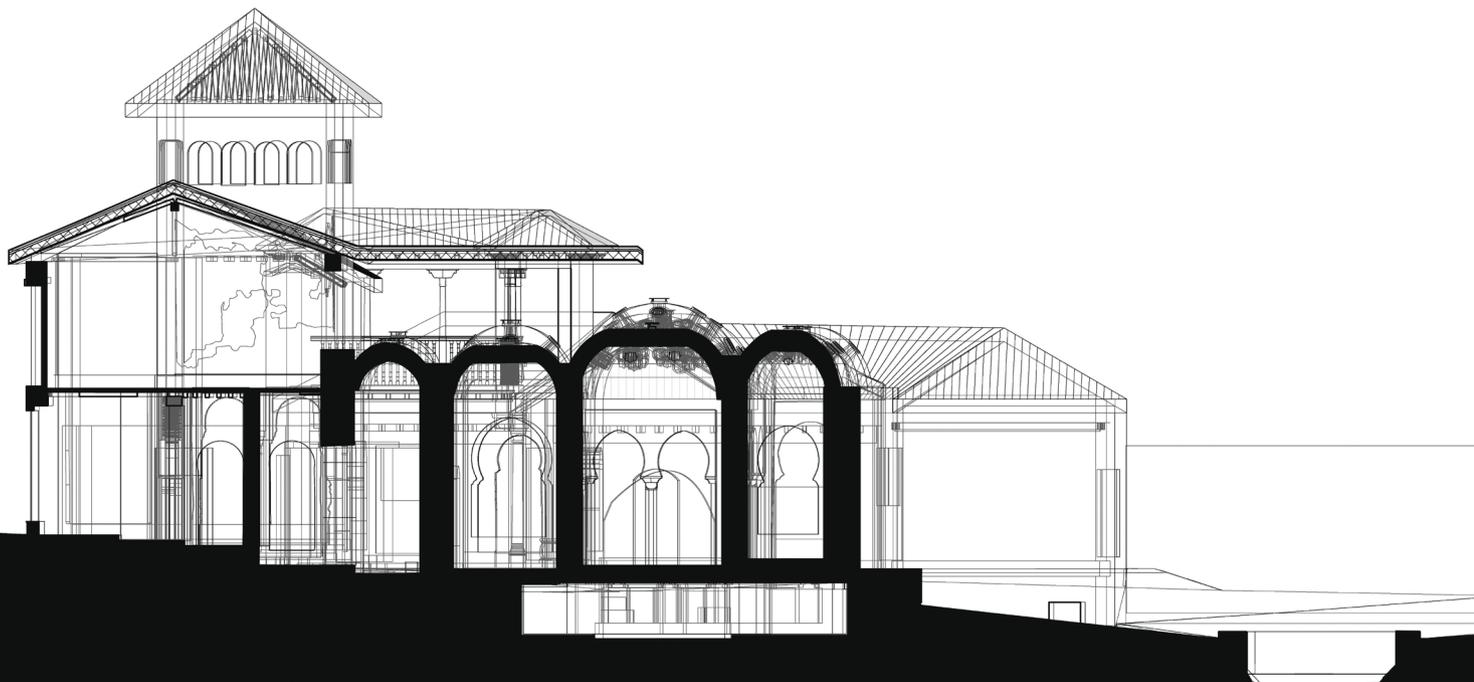
4 Cfr. Murphy M., McGovern E. & Sara Pavia (2013). *Historic Building Information Modelling—Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture*. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 76 (2013) 89–102.

5 G. Stiny all'interno di *Introduction to shape and shape grammars, in Environment and Planning*, 1980, volume 7, pp. 343-351, definisce ed indaga i formalismi della grammatica della forma e le definizioni e le idee su cui si basa. Stabilendo il meccanismo formale per la definizione algoritmica dei linguaggi di disegni spaziali bidimensionali e tridimensionali.

6 Cfr. Apollonio F. I. (2012). *Strutture semantiche di modelli digitali 3D di opere Palladiane*. In: Apollonio F. I. (a cura di), *Palladio Lab. Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali*. pp. 28-26.

7 Cfr. Eastman C., Fisher D., Lafue G., Lividini J., Stoker D. & Yessios C. (1974). *An outline of the building description System*. Research Report No.50, September, 1974, p.5.

8 Cfr. Eastman C., Fisher D., Lafue G., Lividini J., Stoker D. & Yessios C. (1974). *An outline of the building description System*. Research Report No.50, September, 1974, p. 13.



9 *Ibidem*.

10 Gli approcci *top-down* e *bottom-up* definiscono i flussi di informazione definendo un tipo di approccio decisionale. Il *top-down* è uno schema che parte da un tipo di visione generale che viene scomposta semanticamente in elementi di dettaglio, avviene quando la rappresentazione percettiva è guidata dalle esperienze passate dell'individuo, ad un'interpretazione dei segni complessi e ad una decodifica degli stessi. Al contrario il fenomeno cognitivo e mentale del *bottom-up*, da una visione di dettaglio viene ricostruita la complessità del sistema. Avviene quando, nel cercare di percepire un elemento nel suo insieme, esso assume significato e viene riconosciuto in funzione delle relazioni che lo hanno generato. Assume pertanto la dicitura *bottom-up* perché dai primi e basilari livelli percettivi l'informazione risale ai vertici degli schemi cognitivi, esaminando singolarmente gli oggetti per ricostruire una mappa mentale delle complessità del luogo che attribuiscono significati agli elementi. (Cfr. Ratti C., Claudel M. (2017). *La città del domani*. Torino: Passaggi Einaudi. p. 26. Per un'ampia trattativa sull'applicazione nella lettura percettiva del paesaggio cfr. Parrinello S. (2013). *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir Edizioni Firenze. pp. 49-50).

11 Cfr. Eastman C., Fisher D., Lafue G., Lividini J., Stoker D. & Yessios C. (1974). *An outline of the building description System*. Research Report No.50, September, 1974, p. 17.

12 *Ibidem*.

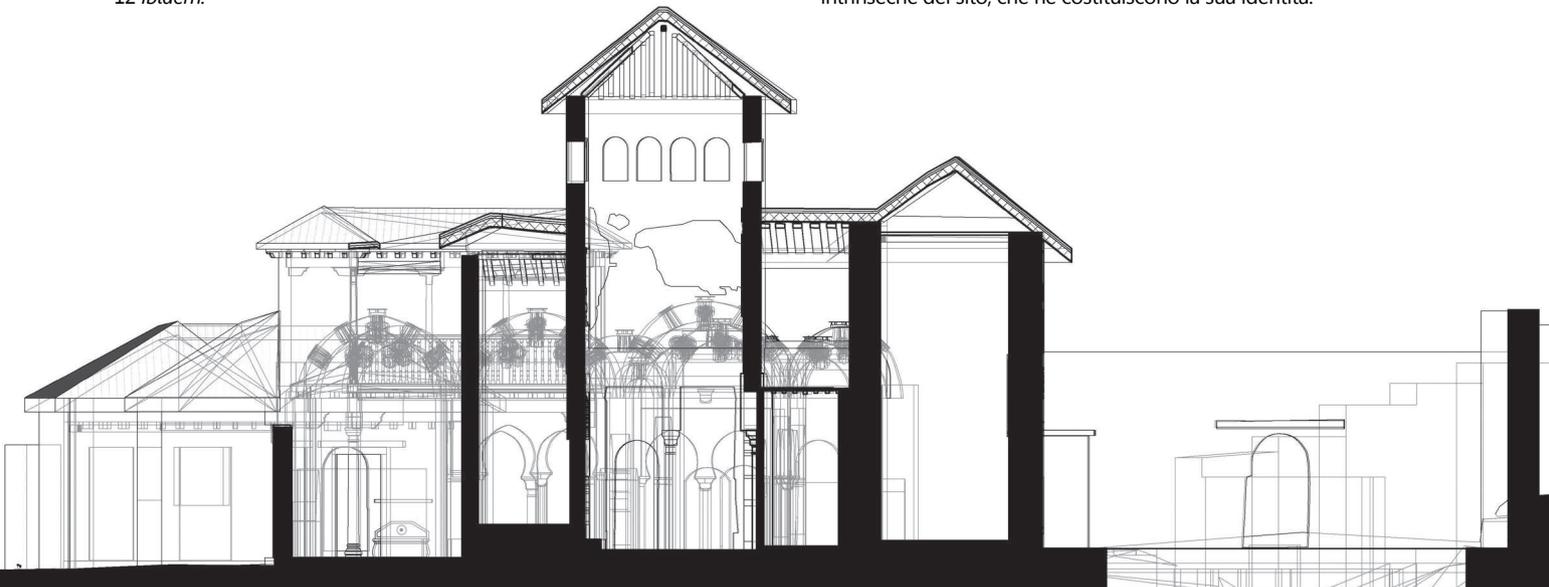
13 Cfr. Venneri V. (2005). *Sulla rivoluzione paradigmatica in Edgar Morin. Dalla semplificazione alla complessità*. In: *Idee*, North America, 59, jun. 2005. Disponibile al link: <<http://siba-ese.unisalento.it/index.php/idee/article/view/3433>>. 59/60 pp. 161-162.

14 Cfr. Fatta F. (2020). *BIM e H-BIM. La rappresentazione del modello tra sperimentazione e formazione*. In: *Building Information Modeling, Data & Semantics Dn*, 6/2020. Roma: Dei Tipografia del Genio Civile.

15 Si fa riferimento al concetto di *Dimensione*.

16 In informatica è definita entità, l'insieme di elementi dotati di proprietà comuni dal punto di vista dell'applicazione considerata; per esempio, in un sistema informativo per la scuola, l'insegnante rappresenta l'insieme degli insegnanti e l'e. studente rappresenta l'insieme degli studenti. Modello entità-relazione, modello concettuale diffuso nella progettazione di una base dati; la realtà di interesse è rappresentata mediante entità e relazioni tra esse. (Cfr. <https://www.treccani.it/enciclopedia/entita>)

17 Si fa riferimento al concetto di *stabilitas loci* esplicitato all'interno del *Genius Loci*, di Christian Norberg-Schulz, nella sua interpretazione volta alla riscoperta della memoria del luogo e dell'identificazione con esso. Il modello si deve configurare come elemento di racconto della memoria storica dell'edificio come veicolo di rappresentazione delle caratteristiche intrinseche del sito, che ne costituiscono la sua identità.



18 Si da riferimento alla rappresentazione fantapolitica di George Orwell, nel suo celebre romanzo 1984 «Il Grande Fratello ti osserva». Il partito immaginato da Orwell utilizza teleschermi, per diffondere gli slogan di partito ma anche per spiare azioni, emozioni e, soprattutto, pensieri dei cittadini. Orwell non poteva certo immaginare la nostra epoca della Rete, la capacità odierna di immagazzinare informazioni su tutti noi. Al governo il Ministero della Verità, nonché Ministero dell'informazione è impiegato a riscrivere, costantemente, la Storia. «Chi controlla il passato controlla il futuro: chi controlla il presente controlla il passato». Cfr. Orwell G. (1989). 1984. Milano: Oscar mondadori.

19 Cfr. Parrinello S. (2012). *Il disegno dell'imperfetto. Esigenze descrittive per l'analisi architettonica*. In: Conference: APEGA\_Asociación de profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Investigación Gráfica Expresión Arquitectónica, Valencia: La Imprenta CG.

20 Koutamanis A. (2020). *Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? Automation in Construction*, Volume 114, 2020.

21 *Ibidem*.

22 Cfr. Pocobelli D.P., Boehm J., Bryan P. et al. (2018). *BIM for heritage science: a review*. Herit Sci 6:30 Ratti C. (2017) *La città di domani: come le*

*reti stiano cambiando il futuro urbano*. Torino: Einaudi.

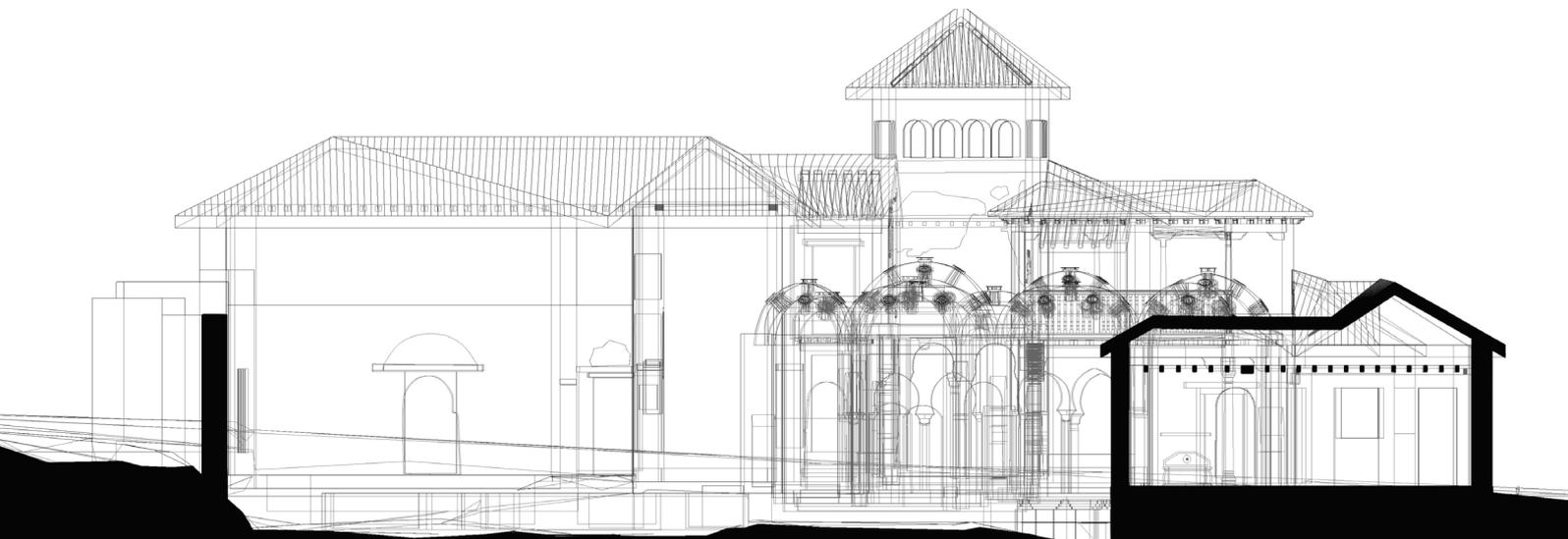
23 *Ibidem*.

24 Il progetto *Alhambra Research Resources Portal* nasce come iniziativa dell'Archivio e Biblioteca del Consiglio di fondazione dell'Alhambra e del Generalife per organizzare e facilitare l'accesso alla produzione scientifica dell'istituzione in formato digitale e una selezione di documenti digitalizzati dell'Archivio e Biblioteca del Consiglio di fondazione. (L'archivio è consultabile al sito: <https://www.alhambra-patronato.es/ria/pages/alhambra-browse>.)

25 Cfr. Piccininno M. (2013). *Il progetto Linked Heritage*. In: SCIRES-IT Vol 3, Issue 1, pp. 1-12.

26 Cfr. Saggio A. (2010). *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci, p. 430.

27 Cfr. EU2020 *Strategy Empowering Digital Change*, Luxembourg Publications Office of the European Union 2020. (Risorsa disponibile online al sito <https://pro.europeana.eu/page/strategy-2020-2025-summary#evolving-landscapes>.)



28 All'interno del *software Revit* si parla di modellazione in-place, quando si procede alla costruzione di un modello di tipo locale all'interno del file di progetto. In questa categoria di elementi ricadono quelle tipologie di oggetti che sono talmente specifici per il progetto, e quindi non riutilizzabili in successivi casi studio per i quali si reputa sconveniente la progettazione di una famiglia di modello specifica. Come per le famiglie di sistema, questi oggetti ricadono in componenti tipologiche di famiglia locale che vengono salvate all'interno del progetto. Contrariamente alle famiglie caricabili, i parametri di modifica sono limitati, ogni modifica influirà esclusivamente sulla specifica famiglia selezionata. Cfr. Pozzoli S., Bonazza M., Villa W. S. (2017) *Autodesk Revit per l'Architettura. Guida completa alla progettazione BIM*. Bergamo: Tecniche nuove.

29 Per *reverse modeling* si intende l'intero processo di trasformazione di un oggetto fisico fino ad una forma di rappresentazione digitale, l'azione è supportata da un progetto di rilievo digitale delle superfici e una successiva modellazione delle forme sulla base della nuvola di punti, attraverso la ricostruzione delle forme libere descrivibili da superfici complesse tramite i modelli di tipo poligonale mesh e le superfici polinomiali (NURBS, *B-Splines*). L'accezione *reverse* sottolinea, l'inversione di tendenza essendo il dato di partenza il prodotto finito e il prodotto finale il modello tridimensionale. (Cfr. Guidi G., Russo M., Beraldin J. A. (2010). *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. McGraw-Hill: Milano p. 329.)

30 Il modello è stato realizzato all'interno di un seminario tematico del Laboratorio di Rilievo, del corso di laurea in Ingegneria Civile e Architettura tenuto dal prof. Sandro Parrinello svolto a marzo 2020, con un team di otto studenti coordinato dall'autrice.

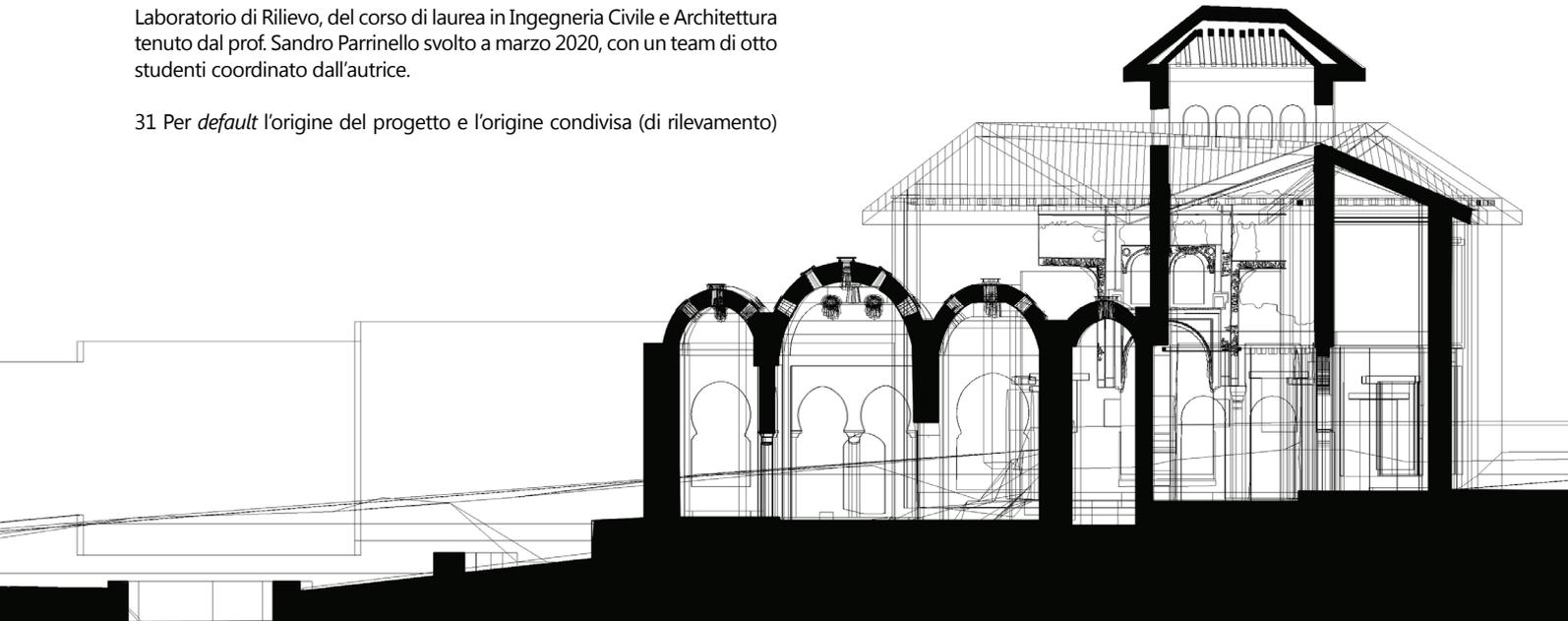
31 Per *default* l'origine del progetto e l'origine condivisa (di rilevamento)

si trovano nella stessa posizione. Quando si collega un file nuvola di punti, si ottiene lo stesso risultato indipendentemente dal fatto che venga selezionata l'opzione Automatico: da origine a origine oppure l'opzione Automatico: a coordinate condivise.

32 Cfr. Scandurra S. (2020). *La modellazione informativa del patrimonio architettonico. Sperimentazioni e processi cloud to hbim*, Roma: Aracne editore.

33 Questi metodi si basano sulla rappresentazione di geometrie 2D, individuate da una polilinea chiusa, che tramite strumenti di estrusione di superfici viene spostata lungo un asse, o un percorso individuato da una curva definita dall'utente per la creazione di un solido 3D. Nella definizione delle diverse tipologie di percorso, attribuibile alla figura, se rettilineo si avrà come risultato un solido definito per estrusione, se il percorso invece, è rappresentato da una curva viene denominato sweep. Alla modalità dell'estrusione su percorso si aggiungo diverse possibilità, come attribuire diverse tipologie di profili di sezione lungo lo snodo del percorso nello spazio. Le sezioni trasversali possono differire l'una dall'altra per dimensione e forma; queste vengono tra loro interpolate dai sistemi di modellazione.

Un volume realizzato tramite processi di rivoluzione, formalmente, è del tutto simile al volume estruso, cambia solamente la modalità di costruzione: tramite procedure di rivoluzione la superficie 2D viene ruotata attorno a un asse definito dall'utente.



LE POSSIBILITÀ NARRATIVE DEL  
MODELLO PARAMETRICO



4

## 4.1

# STRATEGIE PER LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO DELL'HAMMAM DE LA MEZQUITA

La digitalizzazione degli spazi architettonici dell'*Hammam* ha consentito di sviluppare un protocollo di modellazione parametrica *H-BIM*, replicabile su altri contesti, basato sulla sperimentazione di un flusso di lavoro condiviso condotto da remoto.

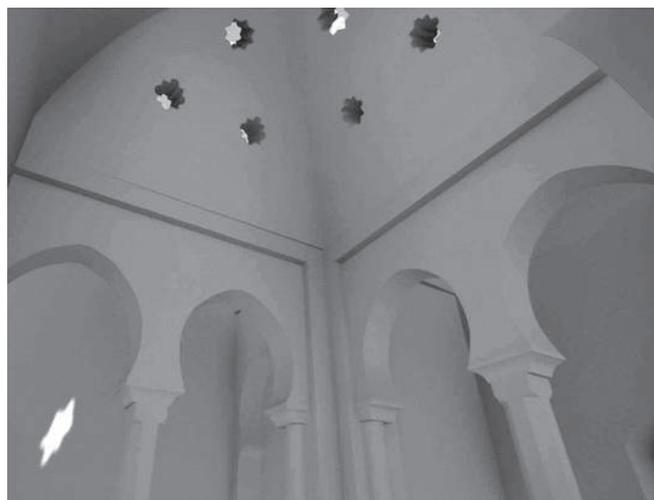
I differenti tipi di output ottenuti, dai disegni bidimensionali, agli abachi, al modello informativo, intendono produrre un duplicato digitale dello spazio reale, capace di esaltare specifici aspetti identitari e di favorire una lettura critica del contesto, tesa ad amplificare la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio storico architettonico.

L'indagine sul campo, conseguita attraverso differenti strumenti di acquisizione digitale, ha permesso di raccogliere una considerevole mole di dati, relativi ad aspetti metrici e materici, in grado di descrivere l'*Hamмам* e il suo intorno a diverse scale di dettaglio.

Le nuvole di punti, fotogrammetriche e da laser, sono state sottoposte a un processo di elaborazione critica, da parte di studenti, ricercatori e professori, finalizzata ad astrarre le informazioni più comunicative, le geometrie e i simbolismi che qualificano lo spazio dei bagni.

La progettazione delle metodologie di analisi e di rilevamento è stata orientata in funzione delle esigenze conoscitive sul complesso, producendo un corpus documentale digitale dal quale identificare segni e forme tradotte in disegni.

Le diverse rappresentazioni grafiche muovono verso la costruzione di un linguaggio multiscalare dove ciascun disegno si orienta, all'interno della banca dati, verso delle specifiche finalità. I Livelli di Dettaglio, alla base del percorso di dialogo dei sistemi BIM, divengono labili confini che nella rappresentazione del patrimonio storico architettonico entrano vengono più volte messi in discussione all'interno del modello informativo. L'architettura dell'*Hamмам* viene così riprodotta in una serie di disegni bidimensionali che, a seconda della scala, consentono la lettura dei dettagli



In questa pagina e nelle seguenti, viste del modello 3D renderizzato su *software Twin Motion*.



decorativi, dell'organizzazione degli ambienti interni e del rapporto dell'edificio con il sistema del verde e con la cittadella fortificata dell'Alhambra.

Lo spazio, catalogato e scomposto nei suoi elementi attraverso un processo di sintesi, viene riordinato nel digitale, producendo un *database* informativo da cui trarre specifiche conoscenze. Il modello tridimensionale, di tipo H-BIM, è strutturato su criteri di rappresentazione che riflettono gli aspetti qualitativi e le caratterizzazioni formali degli elementi architettonici e decorativi. Un risultato che incoraggia l'utilizzo della modellazione parametrica proprio per questa dinamicità di espressione scalare che si muove dal linguaggio del LOD.

La trasposizione digitale del patrimonio consente di approfondirne la conoscenza attraverso nuove modalità di visualizzazione e fruizione.

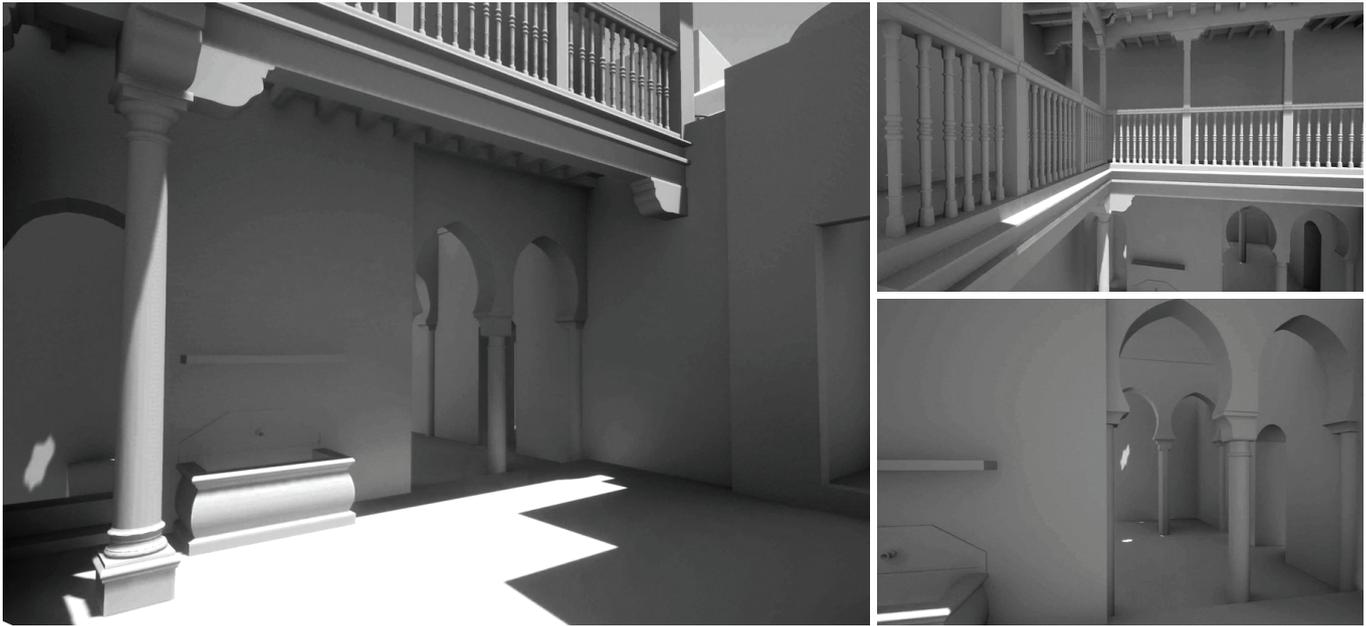
La navigazione del *database* integrato della nuvola di punti permette di indagare lo spazio costruito, orbitandolo, sezionandolo e selezionandone specifiche porzioni.

Il duplicato digitale rende fruibili anche gli ambienti in cui non è consentito l'accesso al pubblico o che, per loro collocazione, sono di difficile ispezione, quali il ballatoio del patio, le coperture e il sistema ipocausto.

La ricchezza di dettagli fornita dalla nuvola nel modello parametrico è ridotta, a favore di una sintesi finalizzata a comunicare gli aspetti qualitativi delle singole componenti architettoniche.

Il modello, per la sua natura, è implementabile con contenuti informativi che amplificano le modalità di interazione tra utente e spazio digitale. Interagendo con le porzioni del modello, con i singoli ambienti o elementi costruttivi, è possibile visionarne dati metrici e materici, la nomenclatura, eventuali annotazioni testuali, le categorie di appartenenza, o qualunque tipo di metadato vi si voglia associare.

I risultati conseguiti, ciascuno nelle sue specificità, permettono così di definire un percorso pratico che tende alla produzione di gemelli digitali per una preservazione della memoria che



va oltre la misura e l'immagine, ma configura dei contenitori digitali per la vita digitale del patrimonio.

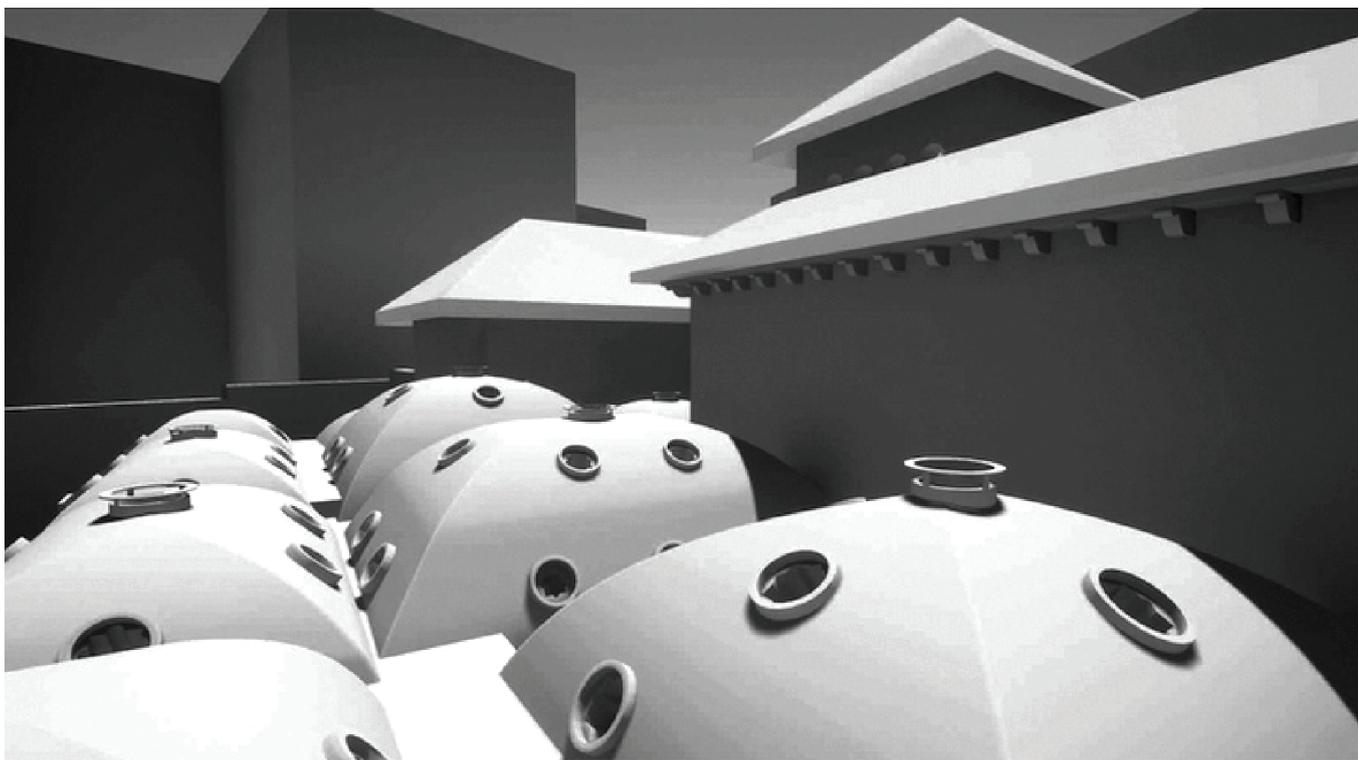
Il digitale permea gli spazi e i tempi della quotidianità, modificando le relazioni tra individui, che vengono ridotte nella loro fisicità in virtù di una esponenziale crescita della qualità e della quantità dell'interazione virtuale.

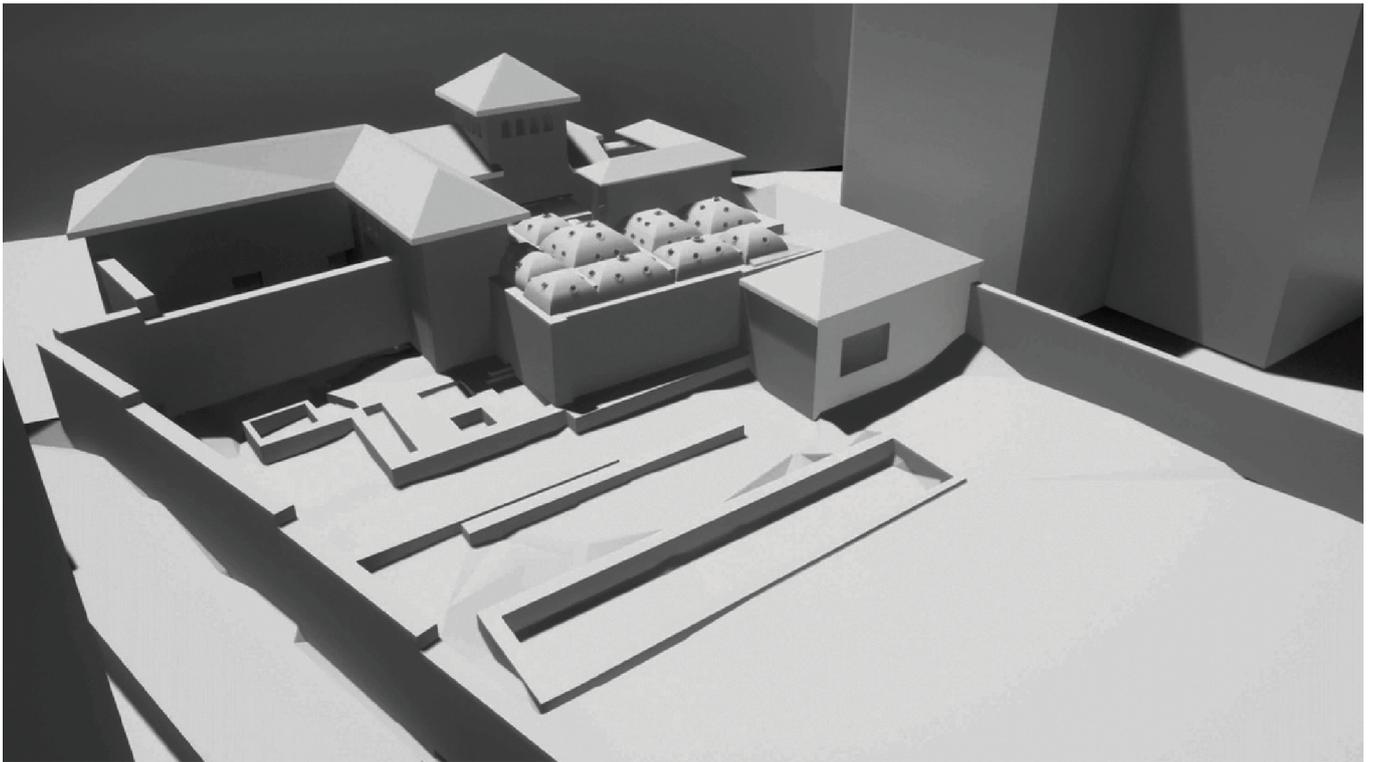
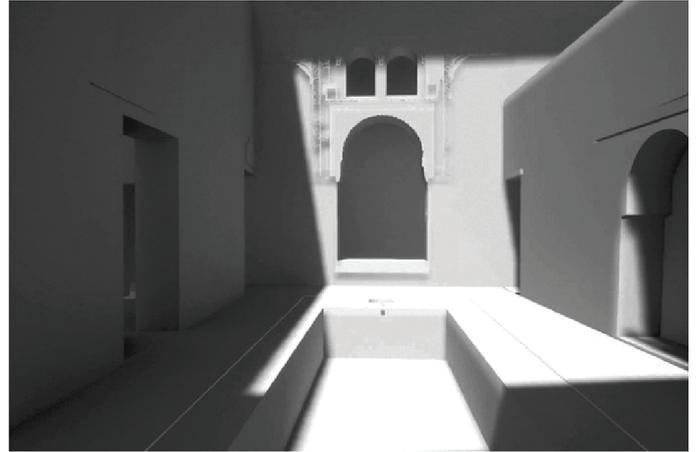
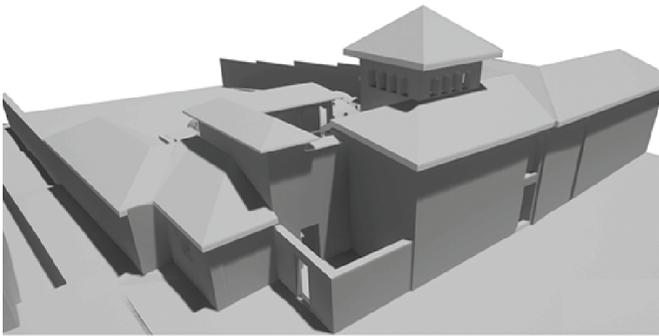
Per questo motivo, alla luce dell'importanza di occupare uno spazio nella storia del mondo digitalizzato, la progettazione di esperienze e sistemi di gestione e accessibilità del patrimonio in remoto, risulta non solo attrattiva, ma quanto mai necessaria. I prodotti di questa ricerca, in quanto digitali, sono prodotti in potenza, che è possibile aggiornare, sviluppare e implementare, fino a renderli nuovamente fisici. La fisicità del digitale è del resto ormai sempre più comprovata e questa ricerca, che intende essere solo un tassello in un percorso di conoscenza più ampio, ha messo in luce un legame intimo tra disegnatore e monumento proprio attraverso il digitale.

Nello sviluppo delle pratiche di comunicazione, indotte attraverso le tecnologie digitali, l'esperienza del mondo fisico analizzato viene rimodellata.

La presenza pervasiva di apparecchiature digitali e poi di prodotti digitali comporta una ridefinizione significativa dei codici di lettura e orientamento delle forme e dello spazio, fino ad una più complessa riconfigurazione cognitiva dei luoghi.

Attraverso la sintesi computerizzata e il *Design Thinking* che può essere indotto dall'utilizzo di modelli digitali come prototipi sperimentali, i bagni della mezquita divengono un luogo creativo, un luogo di sperimentazione, un luogo che trova una nuova vita in linea con le molteplici che ha avuto nel corso della sua storia. Così, nel multiverso digitale, queste vite convergono all'interno di un sistema informativo che nel suo potenziale qualifica una dimensione umana derivata da una comprensione empatica dei processi messi in atto dall'utente che fruisce e dall'utente che realizza l'esperienza digitale.





# POSTFAZIONE



STEFANO BERTOCCHI

*Dipartimento di Architettura DIDA, UNIFI*

Fare ricerca, specialmente quando questo significa uscire dal confine del proprio territorio culturale, equivale, per il ricercatore, ad un viaggio, non solo fisico ma soprattutto intellettuale. Un viaggio nel quale conoscere e far propri i linguaggi e i segni che definiscono l'insieme di architetture e del relativo contesto urbano o territoriale.

Questi dati, una volta assorbiti, consentono di ricostruire mentalmente una personale mappa cognitiva sulla quale basare riflessioni e osservazioni critiche. Il processo di costruzione di nuove forme e modelli culturali trova stimolo nella curiosità del ricercatore, nella volontà di indagare e conoscere le stratificazioni e i livelli che, a vario titolo, compongono un'architettura e ne definiscono il carattere.

Le pagine di questo volume guidano il lettore, lo accompagnano nel viaggio, mostrando come è cambiata nei secoli l'immagine dei Bagni della Mezquita e come è possibile oggi, attraverso il supporto della realtà digitale, strutturare apparati grafici comunicativi per la narrazione del Patrimonio.

Le discipline del disegno e del rilievo, poste in questo caso come base delle attività di studio e analisi di un edificio con evidenti connotazioni patrimoniali, divengono gli strumenti attraverso i quali poter costruire ed organizzare i dati digitali e sviluppare azioni di catalogazione, sintesi e comprensione dello spazio architettonico. La complessità, decorativa, distributiva e più in generale culturale, che qualifica *l'Hammam della Mezquita* nel complesso monumentale dell'Alhambra, è esplicitata e trova un proprio ordine negli elaborati bidimensionali e tridimensionali, che vengono presentati in questo volume come risultato della ricerca.

Anna Dell'Amico ci presenta l'architettura dei Bagni della Mezquita dopo aver condotto un percorso metodologico finalizzato alla costruzione di un interessantissimo apparato di specifiche conoscenze, frutto di un intenso e organizzato studio, che inquadra le complessità evidenti del monumento a differenti scale e ne propone una lettura critica, dando specifici significati a spazi e componenti. La capacità di saper guardare oltre allo spazio reale risulta

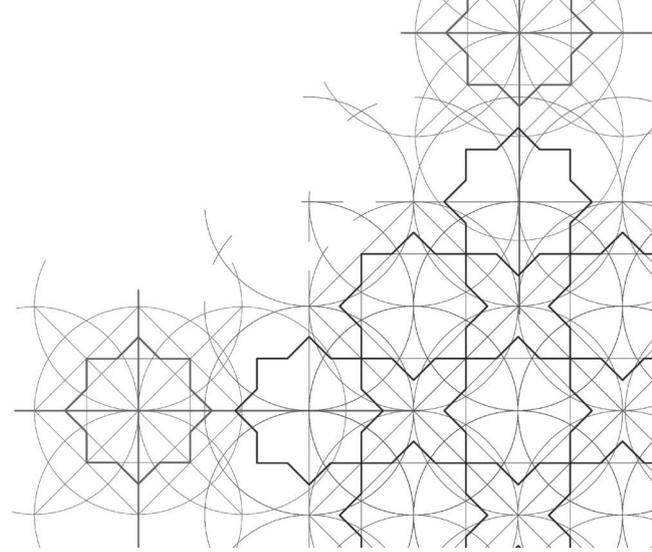
evidente nell'organizzazione di banche dati e modelli 3D, frutto di un percorso di conoscenza che riorganizza e connette in numerosi dati alla morfologia del Patrimonio nella forma di un duplicato digitale "intelligente" ed interrogabile. Alla descrizione delle principali fasi storiche che delineano gli attuali profili dell'*Hammam*, segue un atlante di disegni bidimensionali che esplicita, attraverso la rappresentazione scientifica del rilievo, le qualità tecniche, il dinamismo e il simbolismo dell'architettura. La ricchezza di dettaglio riportata in questi elaborati assume una nuova connotazione nel modello parametrico tridimensionale in virtù di un processo di discretizzazione e sintesi geometrica, dal quale la ricercatrice astrae le informazioni principali.

Assecondando la processualità tipica dello *Scan to H-BIM*, è messa in atto una metodologia di scomposizione e ricomposizione dello spazio digitale per singoli elementi, il cui risultato si configura come un modello 3D semplificato nelle geometrie e arricchito nei contenuti informativi. Le pagine del volume raccontano come, attraverso azioni di

classificazione tipologica, rappresentazione informativa tridimensionale e impiego di piattaforme collaborative, sia possibile sviluppare un'esperienza condivisa finalizzata alla gestione delle architetture storiche. Una metodologia di indagine che trova forza nel suo carattere di replicabilità. Questa condizione, se guidata dalla sensibilità analitica di architetti e disegnatori, apre la strada alla possibilità di estendere tale progettualità agli altri edifici del complesso monumentale.

Documentare attraverso la rappresentazione digitale questi luoghi, non solo consente di generare strumenti concreti per facilitarne la conservazione e il monitoraggio, ma significa anche catturarne l'immagine e preservarne la memoria e l'identità culturale. In questo senso il volume sollecita ad un impegno nella ricerca, nella conoscenza, ma soprattutto nella comunicazione dell'architettura, perché il patrimonio storico costruito, attraverso la definizione di nuovi linguaggi e modalità di fruizione, acquisti una ulteriore possibilità di sopravvivenza nel tempo.

# BIBLIOGRAFIA



Abate D., Ciavarella R., Furini G., Guarnieri G., Migliori S. & Pierattini S. (2011). *3D Modeling and Remote Rendering Technique of a High Definition Cultural Heritage Artefact*. In: *Procedia Computer Science* 3, pp. 848–852.

Abeti M. (2018). *Architettura della libertà. Avanguardie e rivoluzione bolscevica*. Avellino: Delta 3 edizioni, Avellino.

Agustín L., Quintilla M. (2019). *Virtual reconstruction in BIM technology and digital inventories of heritage*. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 25–31, 27th CIPA International Symposium “Documenting the past for a better future”, Avila, Spain, 1-5 September 2019.

Angulo Fornos R., Castellano Román M. & Pinto Puerto F. (2019). *Pilot experience of HBIM modelling on the Renaissance quadrant façade of the Cathedral of Seville to support its preventive conservation*. In: (edited by) Pilar Ortiz Calderón, et. al, *Science and Digital Technology for Cultural Heritage - Interdisciplinary Approach to Diagnosis, Vulnerability, Risk Assessment and Graphic Information Models* Proceedings of the 4th International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage (TechnoHeritage 2019), March 26-30, 2019, Sevilla, Spain.

Antonopoulou S., Bryan P. (2017). *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*. Swindon: Historic England.

Apollonio F. I. (2012). *Strutture semantiche di modelli digitali 3D di opere Palladiane*. In: *Palladio Lab. Architetture palladiane indagate con tecnologie digitali*. pp. 28-26.

Apollonio F. I., Gaiani M. & Sun Z. (2012). *BIM-based Modeling and Data Enrichment of Classical Architectural Buildings*. In: *SCIRES-IT - SCientific REsearch and Information Technology*, 2 (2), 41–62.

Apollonio F., Gaiani M. & Remondino F. (2010). *Una pipeline per l'acquisizione di dati in 3D*. In: *Benedetti B., Gaiani M, Remondino F. (a cura di), Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale.

Art\_23\_\_Livelli\_della\_progettazione\_per\_gli\_appalti,\_per\_le\_concessioni\_di\_lavori\_nonché\_per\_i\_servizi/8390

Attenni M. (2018). *La struttura dei processi HBIM tra rilievo e modello. Scomposizione e ri-costruzione del patrimonio architettonico*. Tesi di Dottorato in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura - Sezione B. Ciclo XXXI (2015-18). Coordinatore prof.ssa Donatella Fiorani, Responsabile prof.ssa Laura Carnevali, Tutor Prof. Carlo Bianchini, prof. Alfonso Ippolito.

BS EN ISO 19650 guidance Part 1: Concepts.

Bahtiyar Karatosun M., Nur Baz T. (2017). *Sustainability by Protecting of Traditional Heating Systems in Turkish Baths*, In *Architecture Research* 2017, 7(2) pp. 41-48, *The Architecture Journal*.

Ballabeni A., Apollonio F., Gaiani M. & Remondino F. (2015). *Advances in image pre-processing to improve automated 3D reconstruction*. In: *The international Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W4, In *Proceedings of 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures* 25-27 febbraio 2015, Avila, Spagna. pp. 315-323.

Balwin M. (2019). *The BIM-Manager: A practical guide for BIM project Management*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Previtali M. (2015). *Creation of parametric BIM objects from point clouds using nurbs*. In: The Photogrammetric Record 30(152): 339-362

Barba S., Barbato D., di Filippo A., Napoletano R., Ribera F., & Guida G. (2020). *BIM-Oriented Modelling and Management of Structured Information for Cultural Heritage*. 10.13140/RG.2.2.20077.41447.

Bee-Hua G. (2007). *E-Government for Construction: The Case of Singapore's CORNET Project*. In: Research and practical issues of enterprise information systems II, p. 327.

Bercigli M. (2019). *Sistemi di fruizione virtuale e serious game per la valorizzazione e la divulgazione del Patrimonio*. Dottorato di Ricerca in Architettura, curriculum di Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Ciclo XXXI. Coordinatore Prof. Giuseppe De Luca, Tutor: Stefano Bertocci.

Bertocci S., La Placa S. & Ricciarini M. (2019). *Architectural language, between narration and architectural representation*. In: Cicalò E. (a cura di), IMG 2019 Proceedings of the 2nd International and Interdisciplinary Conference on image and Imagination. Cham: Springer. pp. 726-738.

Bertocci S., Parrinello S. (2007). *Rilievo e Piano di Gestione per il Centro storico di Montepulciano*. In: Clini P, Lancioni N, Quattrini R, (a cura di), atti del convegno EARCOM 07 Sistemi Informativi per l'Architettura, Firenze: Alinea editore, pp. 108-113.

Bertocci S., Parrinello S. (2013). (a cura di), *Architettura eremitica. Sistemi progettuali e paesaggi culturali*. Atti del quarto Convegno internazionale di studi (La Verna, 20-22 settembre 2013). Firenze: Edifir.

Biagini C. (2020). *Oltre la modellazione informativa: "componibilità come composizione"*. In: Firenze Architettura (Quaderni, 2020). Firenze: didapress. pp. 96-101.

Bianchini C., Inglese C., Ippolito A., Maiorino D. & Senatore L.J. (2016). *Building Information Modeling (BIM): Great Misunderstanding or Potential Opportunities for the Design Disciplines?* In: Ippolito A., Cigola M. (a cura di), Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling. Hershey (PA): IGI Global. pp. 67-90.

Bianchini C., Potestà G. (2021). *BIM for Built Cultural Heritage: Semantic Segmentation, Architectural Stratification and LOD of the Baptistery of San Giovanni in Florence*. In: Bognesi C., Villa A. (a cura di), From Building Information Modelling to Mixed Reality, Cham: Springer. pp. 1-17.

Bloom J. M., Blair S. S. (2009) *The Grove Encyclopedia of Islamic Art and Architecture*. Oxford: Oxford University Press.

Bognesi C., Pavan A. (2017). *Rappresentare per costruire. Il modello BIM cardine di una rivoluzione*. In: Di Luggo A. et al. (a cura di), Territori e frontiere della rappresentazione nella evoluzione delle professioni. Atti di convegno UID 2017, Roma: Gangemi editore.

Bonavoglia A. (2003). *La corsa digitale di Achille*. Risorsa online: <https://www.apogeonline.com/articoli/la-corsa-digitale-di-achille-andrea-bonavoglia/>

Bonfiglioli S. (1990). *L'architettura del tempo. La città multimediale*. Napoli: Liguori Editore, 1990.

Bonsma P. et al. (2018). IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 364 012041.

Borrmann A., Berkhahn V. (2018). *Principles of Geometric Modeling*. In: Borrmann A., König M., Koch C., & Beetz J. (2018). (a cura di), Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice. Cham: Springer. pp. 27-41.

Borrmann A., König M., Koch C. & Beetz J. (2018). *Building Information Modeling: Why? What? How? 1.4 State of BIM Adoption*. In: André Borrmann, Markus König, Christian Koch, Jakob Beetz (2018), (a cura di), Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice, Cham: Springer.

Borrmann A., König M., Koch C. & Beetz J. (2018). (a cura di), *Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice*. Cham: Springer.

Botequilha Leitao A., Miller J., Ahern J., & McGarigal K. (2006). *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*. Washington, DC: Island Press, 2006.

Brandi C. (2000). *Teoria del Restauro*. Torino: Einaudi.

Bratton H. B. (2003). *La premessa di un'architettura ricombinante: parte prima*. In: Sacchi L., Unali M., (a cura di), Architettura e cultura digitale, Milano: Skira, pp.108-121.

- Brusaporci S. (2011). *Modelli digitali per la rappresentazione dell'architettura*. In Disegnarecon, Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale, pp.107-115.
- Cairo A. (2016). *The Truthful Art: Data, Charts and Maps for Communicatio*. San Francisco: New Riders.
- Calvano M. (2019). *Disegno digitale esplicito. Rappresentazioni responsive dell'architettura e della città*. Roma: Aracne editrice.
- Calvino I. (1972). *Le città invisibili*. Torino: Giulio Einaudi.
- Calvino I. (1997). *La memoria del mondo e le altre cosmicomiche*. Milano: Mondadori.
- Candura A. R, De Paoli O. (2017). *Modello, linguaggio, stereotipo*. In: Pagani R. Chiesa G., (a cura di), *Urban data. Tecnologie e metodi per la città algoritmi*. Milano: Franco Angeli edizioni digitali.
- Cardaci A., Versaci A. & Indelicato D. (2013). *La Villa Romana Del Casale di Piazza Armerina. Il ruolo del rilievo nell'evoluzione dei processi di conoscenza e comunicazione di un sito culturale di eccezione*. In: Conte A., Filippa M. (a cura di), *Patrimoni e Siti UNESCO: Memoria, Misura e Armonia*. Roma: Gangemi editore.
- Carta per la conservazione del patrimonio digitale*. Adottata dalla 32esima sessione della Conferenza Generale dell'UNESCO, 17 ottobre 2003.
- Centofanti M. (2010). *Della natura del modello architettonico*. In: Brusaporci S. (a cura di), *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*. Roma: Gangemi editore, pp. 47-52.
- Cera V. (2019). *La significazione digitale dell'elemento architettonico. Dal rilievo alla strutturazione semantica dell'architettura*. Roma: editori paparo.
- Cervellini F. (2016). *Il disegno come luogo del progetto*. Roma: Well's S.r.l.
- Chopine A. (2011). *3D Art Essential. The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation*. Oxon: Focal Press, Taylor & Francis Group.
- Christiane M. Herr, Fischer T. (2019). *BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model*. Journal of Computational Design and Engineering, Volume 6, Issue 2, 2019, pp. 173-178.
- Cianci M.G. (2008). *La rappresentazione del Paesaggio, Metodi, strumenti e procedure per l'analisi e la rappresentazione*. Firenze: Alinea
- Ciastellardi M. (2009). *Le architetture liquide. Dalle reti del pensiero al pensiero in rete*. Milano: LED. p. 202.
- Codice dell'amministrazione digitale - Riproduzione e conservazione dei documenti*.
- Colarossi P, Lange J. (1997). (a cura di), *Tutte le isole di Pietra*. Roma: Gangemi Editore.
- Cos-Gayón López F., Cordon Llácer J., Sfeir L., De la Rosa M., Endy Linares Jaquez Y., Rojas Quispe C. & Colomer Chulvi Ana. I. (2018). *Trabajo colaborativo BIM con Dropbox. Caso edificio ETSIE 1C UPV*. In: EUBIM 2018 - BIM International Conference / 7o Encuentro de Usuarios BIM València, 17,18 y 19 de mayo 2018. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València.
- Cos-Gayón López F., Cordon Llácer J. (2017). *Worksharing en la nube. una solución económica y abierta para la colaboración deslocalizada entre diferentes usuarios bim*. In: EUBIM 2017 Congreso Internacional BIM / 6o Encuentro de Usuarios BIM, BIM International Conference Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València, Valencia, 19 y 20 de mayo 2017.
- Crespi G. (1979). *Gli arabi in Europa*. Jacka book: Milano, 1979.
- Cullen G. (1976). *Il paesaggio Urbano*. Bologna: Coldeni. (edizione originale: The concise Townscape. New York: The Architectural Press.
- Danelli D. (2020). *La realtà alleggerita. Sull'immagine digitale*. Risorsa online <http://www.kainos.it/Pages/articolo%20rice06.html>
- D'Angelo P. (2020). (a cura di), *Estetica e paesaggio*. Milano: Il mulino.
- de Luca L., Lo Buglio D. (2014). *Geometry vs Semantics: Open Issues on 3D Reconstruction of Architectural Elements*. In: Marinou Ioannides; Ewald Quak. 3D Research Challenges in Cultural Heritage, 8355, Springer Berlin Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science.

De Marco R., Dell'Amico A. (2020). *Connettere il territorio tra patrimonio e informazione: banche dati e modelli per le Cultural Heritage Routes*. In: 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congresso della Unione Italiana per il Disegno Reggio Calabria- Messina 17-18-19 settembre 2020.

Del Signore M., Riether G. (2018). *Urban Machines. Public Space in Digital Culture*. Trento: LIST Lab.

Dell'Amico A. (2020). *The application of fast survey technologies for urban surveying: the documentation of the historic center of Santa Cruz de Mompox*. In: Barba S., Parrinello S., Limongiello M., & Dell'Amico A. (a cura di), D-SITE Drones - Systems of Information on cultural Heritage. For a spatial and social investigation. Pavia: Pavia University Press, pp. 132-141.

Dell'Amico A. (2019). *Fast survey: methods of smart representation for the monitoring and management of the churches hit by the earthquake in the province of Teramo*. In: Belardi P. (a cura di), UID 2019 Riflessioni Reflections l'arte del disegno/ il disegno dell'arte. Roma: Gangemi editore, pp. 1533-1542.

Dell'Amico A., Del Carmen Vilchez Lara M. (2019). *Il rilievo digitale per conoscere il passato: il complesso monumentale dei bagni della moschea reale di Granada*. In: Guida A., Conte A. (a cura di), ReUso Matera Patrimonio in Divenire conoscere valorizzare abitare. Roma: Gangemi Editore, pp. 535-546.

De Marco R. (2017). *La construcción del archivo 3d*. In: *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. In: Parrinello S., Gomez-Blanco A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press. pp. 80-83.

De Miranda A. (2004). *Dalle terme all'hammam*. In: Mecca S. (a cura di) 1st International Research Seminar on Architectural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions. Pisa: Edizioni ETS, pp. 343-354.

De Miranda, A. (2010). *L'hammam nell'Islam occidentale fra l'VIII e il XIV secolo*. Italia: L'Erma di Bretschneider.

Diodato R. (2005). *Estetica del virtuale*. Milano: Bruno mondadori.

Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive

2004/18/EC Tex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>

Docci M. (2004). *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*. Roma: Gangemi editore.

Donato V., Biagini C., Bertini G. & Marsugli F. (2017). *Challenges and opportunities for the implementation of HBIM with regards to historical infrastructures: a case study of the ponte Giorgini in castiglione della pescaia (Grosseto – Italy)*. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-5/W1, 2017 GEOMATICS & RESTORATION – Conservation of Cultural Heritage in the Digital Era, 22–24 May 2017, Florence, Italy, pp 253-260.

Dore C., Murphy M. (2017). *Current state of the art historic building information modelling*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W5, pp. 185–192.

Eastman C. (1974). *An outline of the building description system, Research Report*. Institute of Physical Planning, 1974, 50, Carnegie-Mellon University, Pittsburg.

Eastman C., Fisher D., Lafue G., Lividini J., Stoker D. & Yessios C. (1974). *An outline of the building description System*. Research Report No.50, September, 1974.

Eastman C., Teicholz P., Sacks R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2nd Edition. Wiley, NJ.

Eco U. (2008). *La struttura assente. La ricerca semiotica e il metodo strutturale*. Bologna: Art Servizi Editoriali.

Empler T., Caldarone A. & Maria Laura Rossi (2021). *"BIM Survey". Critical Reflections on the Built Heritage's Survey*. In: Bolognesi C., Villa A. (a cura di), From Building Information Modelling to Mixed Reality. Cham: Springer.

Europeana Data Model – Mapping Guidelines v2.4 <http://pro.europeana.eu/edm-documentation>

Falcinelli R. (2020). *Critica portatile al visual design. Da Gutenberg ai social network*. Verona:Einaudi.

- Fatta F. (2020). *BIM e HBIM. La rappresentazione del modello tra sperimentazione e formazione*. In: Building Information Modeling, Data & Semantics Dn 6/2020. Roma: Dei Tipografia del Genio Civile.
- Foucault M. (2006). *Utopie. Eterotopie*. Italia: Cronopio.
- Foucault M. (2010) *Eterotopia*. Milano: Mimesis Edizioni
- Foster H., Krauss R., Bois Y. & H.D. Buchloh B. (2004). *Art since 1900. Modernism, Antimodernism, Postmodernism*. London: Thames & Hudson. Trad ita. (a cura di), Grazioli E., in collaborazione con Eva Fabbris e Lucia Tozzi. Arte dal 1900. Modernismo Antimodernismo, Postmodernismo. Singapore: Zanichelli.
- Fournier C. (2018). *Les bains d'al-Andalus: VIIIe-XVe siècle*. Francia: Presses universitaires de Rennes.
- Frye R. N. (1962). *The Heritage of Persia*. Londra: Weidenfeld and Nicolson.
- Galateri di Genola, M., Curatola, G. (2019). *Acqua, Islam e arte : goccia a goccia dal cielo cade la vita*. Italia: Silvana Editoriale.
- Gaiani M. (2006). *Un viaggio attraverso gli strumenti e i metodi di produzione del progetto di disegno industriale nell'epoca della progettazione digitale totale*. In: Gaiani M., (a cura di), "La rappresentazione riconfigurata", Milano: Poli. design.
- Gaiani M. (2008). *Architectorum delineamenta instrumenta ovvero le interfacce di lavoro dell'architetto*. In: Unali M., (a cura di), *Abitare virtuale significa rappresentare*, Roma: Kappa, p.77.
- Garagnai S. (2012). *"Scatole cinesi" Modelli digitali d'architettura tra CAAD e BIM*. Bologna: Simone Garagnani.
- Garagnani S., Manfredini A.M. (2011). *Digital fruition of archeological finds. The experience at the Archeological Museum of Bologna*. In: *DisegnareCon Vol.4(8)*, 01 Dicembre 2011, pp. 80-89.
- Gasparini C. (2005). *CAD Tutor 3D. Corso interattivo di AutoCAD 3d*. Milano: Gasparini Editore.
- Georgopoulos A. (2017). *Data Acquisition fot geometric Documentation of Cultural Heritage*. In: Ioannides M, Magnenat-Thalmann N. (a cura di), *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage*, Cham Switzerland :Papaginnakis G. Springer, pp. 29-73.
- Giana P.E., Paleari F., Schievano M. & Seghezzi E. (2019). *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*. (a cura di Giuseppe Martino di Giuda). Bologna: Società editrice Esculapio s.r.l.
- Giedion S. (2016). *Spazio, tempo, architettura*. Milano: Hoepli Editore.
- Giovannini E. C. (2022). *Knowledge Representation in Architecture. Data Modelling Between Digital Humanities and H-BIM*. Roma: Aracne (Genzano di Roma).
- Grey J. (1990), *Die Alhambra zu Granada*, Worms: Wernersche.
- Gómez-Moreno Calera J.M. (1992). *El Arquitecto granadino Ambrosio De Vico*. Granada: Universidad de Granada.
- Gómez-Moreno M. (1892). *Guia de Granada*. Granada: Imprenta de indalencio ventura.
- Goodrich M.T, (1990). *An Improved Ray Shooting Method for Constructive Solid Geometry Models via Tree Contraction*. In: *Applying Parallel Processing Techniques to Classification Problems in Constructive Solid Geometry Proc. 1st ACM-SIAM Symp. on Discrete Algorithms*, 1990, 118/128.
- Guidi G., Russo M. & Beraldin J.A. (2010). *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. Milano: McGraw-Hill.
- Harwood J. (2003). *The White Room: Eliot Noyes and the Logic of the Information Age Interior*. In: *Grey Room 2003 NO. 12*, 5-31.
- Hernández Benito, P. (1995). *Alcabalas y Diezmos. Economía y estructura del poblamiento en la vega de Granada a través de las fuentes fiscales castellanas (1501-1506)*. In: *Arqueología Y Territorio Medieval*, 3, 65–90.
- Hichri N., Stefani C., De Luca L. & Veron P. (2013). *Review of the "as-buit BIM" approaches*. In: *3D-ARCH International Conference, Italie, 2013 - Proceedings of the 3D-ARCH International Conference - 2013*.
- Hichri N., Stefani C., De Luca L., Veron P. & Hamon G. (2013). *From Point Cloud To Bim: a Survey of Existing Approaches*. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W2, 343–348.
- Howe N., Strauss W. (1991). *Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069*. New York: William Morrow & Company.
- Iadanza E., Maietti F., Ziri A.E., Di Giulio R., Medici M., Ferrari F.,

Bonsma P. & Turillazzi B. (2019). *Semantic web technologies meet bim for accessing and understanding cultural heritage*. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 2019, 8th Intl. Workshop 3D-ARCH "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 6–8 February 2019, Bergamo, Italy.

Inzerillo L., Lo Turco M., Parrinello S., Santagati C. & Valenti G. (2016). *BIM and architectural heritage: towards an operational methodology for the knowledge and the management of Cultural Heritage*. In: Disegnarecon 9 (16), 16-1-16.9.

Ippolito A. (2007). *Dalla nuvola di punti alla superficie. Analisi e problematiche*. In: Chiavoni E., Paolini P. (a cura di), *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la costruzione e fruizione di modelli virtuali 3D dell'architettura e della città*. Ricerca Cofin 2004, coordinatore nazionale Mario Dozzi. Roma: Gangemi Editore. pp. 32-43.

Jakob M. (2009). *Il paesaggio*. Bologna: il Mulino.

Jordan I., Tzortzopoulos P., García-Valldecabres J. & Pellicer E., (2018). *Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM)*. Sustainability. 10. 908. 10.3390/su10040908.

Kandinsky W. (1968). *Punto linea superficie*. Milano: Adelphi Edizioni.

Kirilova Kirova T., Mezzino D. (2014). *L'utilizzo del rilievo tridimensionale in architettura: dal modello 3D al progetto di restauro*. In: Vernizzi C., Giandebiaggi P. (a cura di), *Italian survey & international experience*. Roma: Gangemi Editore. pp. 351-358

Klee, Paul (1925). *Pädagogisches Skizzenbuch*. Monaco di Baviera: Langen.

Koutamanis A. (2020). *Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions?* In: *Automation in Construction*, Volume 114, 2020.

Kuzminsky S. C., Gardiner M. S. (2012). *Three-Dimensional Laser Scanning: Potential Uses for Museum Conservation and Scientific Research*. In: *Journal of Archaeological Science* 39, pp. 2744–2751.

Li D., Wang X., Bai C., & Wu C. (2019). *Discussion on the problem of regularized reconstruction in HBIM*. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 657–662, 7th CIPA International

Symposium "Documenting the past for a better future", Avila, Spain, 1-5 September 2019.

Lo Turco M. (2015). *Il Bim e la rappresentazione infografica nel processo edilizio*. Roma: Aracne.

Lo Turco M., Calvano M., Giovannini C. & Tomalini A. (2021). *AIM! Algorithmic Information Modeling: New Strategies for a Fully Integrated Approach in the Field of Cultural Heritage*. In: Bolognesi C., Villa A. (a cura di), *From Building Information Modelling to Mixed Reality*. Cham: Springer.

Lo Turco M., Mattone M. & Rinaudo F. (2017). *Dal rilievo metrico all'HBIM per l'analisi dello stato di conservazione della fabbrica*. In: *Ananke Speciale GeoRes 2017*, G. Tucci, E. I. Parisi (a cura di), Firenze: Altralinea edizioni.

Luscombe D., Thomas H. & Hobhouse N. (2019). *Architecture through Drawing*. London: Lund Humphries, pp.196-219.

Lynch K. (1960). *The Image of the City*, Massachusetts Institute of Technology and the President and Fellows of Harvard College. 1960 (edizione italiana Lynch K., L'immagine della città, (trad.: Guarda G. C.) Marsilio Editori, Venezia, 2006).

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

Lewis J. F. (1835). *Skeatches and drawings of the Alhambra made during a Residence in Granada, in the years 1833-1834*. Londra.

*Los baños en al-Andalus*. (2019). Spagna: Fundación Pública Andaluza El legado Andalusi.

López J., Barrera-Vera J. (2020). *Evaluación de los Sistemas de Mapeo Móvil (MMS) en la documentación gráfica del tholo de El Romeral (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)*. *Arqueología de la Arquitectura*. 095. 10.3989/arq.arqt.2020.004.

Maggi M. (2007). *Musei alla frontiera. Continuità, divergenza, evoluzione nei territori della cultura*. Milano: Jaca Book.

Maietti F., Ferrari F. & Medici M. (2018). *An inclusive approach to Digital Heritage for knowledge and conservation of European assets: the INCEPTION project*. In: *Le vie dei mercanti XVI International forum world heritage and knowledge*, Napoli 14, Capri 15-16 giugno 2018 pp.446-455.

- Maldonado, P.B. (1975). *Estudios sobre la Alhambra*. Spagna: Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General del Patrimonio Artístico y Cultural, Patronato de la Alhambra y Generalife: distribuido por el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Maldonado T. (2015). *Reale e virtuale*. Bergamo: Feltrinelli editore.
- Marçais W., Marçais G. (1903). *Les monuments arabes de Tlemcen*. Parigi: Albert Fontemoing.
- Marçais G. (1909). *Album de pierre, plâtre et bois sculptés*. Algeri: Adolph Jourdan.
- Marey É. J. (1878). *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*. Paris: Masson.
- Martellucci S. (2007). *L'idea paesaggio. Caratteri interattivi del progetto architettonico e urbano*. Firenze: Alinea.
- Merlo A. (2020). *Non disegnata ma modellata. Il rilievo della chiesa dell'Autostrada di Giovanni Michelucci*. Firenze: didapress.
- Merlo A., Troiano D. & Zucconi M. (2007). *Sistemi e mezzi informatici per il rilievo, la catalogazione e la gestione del patrimonio edilizio*. In: Clini P., Lancioni N., Quattrini R. (a cura di), *Sistemi informativi per l'architettura*. Atti di Convegno earcom. Firenze: Alinea Editrice.
- Merlo A., Venderell-Vidal E., Fantini F. & Sánchez-Belenguer C. (2012). *The Mayan mascarón from Chilonché (Petén, Guatemala): New technologies for cultural heritage dissemination*. In: Proceedings of the 17th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2012 (CHNT 17, 2012) Vienna 2013.
- Miceli A., Morandotti M. & Parrinello S. (2020). *3D Survey and semantic analysis for the documentation of built heritage. The case study of Palazzo Centrale of Pavia University*. In «VITRUVIO», vol. 5, pp. 65-80.
- Mindeguia F.M. (2010). *Limiti e potenzialità del disegno*. In *Disegnare, idee, immagini* n40/2010, Roma: Università degli studi di Roma La Sapienza.
- Migeon G., Saladin H. (1907). *Manuel d'art musulman, L'Architecture II*. Parigi: Librairie Alphonse Picard.
- Migliari R. (2008). (a cura di), *Prospettiva dinamica interattiva*. Roma: Kappa, pp. 6-17.
- Migliari R. (2009). *Metodi/tecniche della rappresentazione digitale*. In: Unali M., (a cura di), "New linea- menta", Roma: Kappa.
- Mindeguia F.M. (2010). *Limiti e potenzialità del disegno*. In: *Disegnare, idee, immagini* n 40/2010, Roma: Università degli studi di Roma La Sapienza.
- Mingucci R., Garagnani S. & Cinti Luciani S. (2012). *CAD versus BIM: evoluzione di acronimi o rivoluzione nel mondo della progettazione?* In: «Disegnare idee immagini », n° 44/2012, Roma: Gangemi editore.
- Mirarchi C., Lucky M.N., Ciuffreda S., Signorini M., Lupica Spagnolo S., Bolognesi C., Daniotti B. & Pavan A. (2020). *An approach for standardization of semantic models for building renovation processes*. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B4-2020, 2020 XXIV ISPRS Congress (2020 edition).
- Morandotti M., Parrinello S., Picchio F., De Marco R., Becherini P., Dell'Amico A., Doria E., Galasso F., & Malusardi C. (2019). *L'Università degli studi di Pavia, i cortili e gli ambienti monumentali. Un progetto di documentazione digitale e sviluppo di sistemi di gestione per la manutenzione programmata*. In: Guida A., Conte A. (a cura di), *ReUso Matera Patrimonio in Divenire conoscere valorizzare abitare*. Roma: Gangemi Editore. pp. 863-874.
- Munari M. (1992). *Da cosa nasce cosa*. Roma: Laterza.
- Murphy M. (2012). *Historic Building Information Modelling (HBIM) For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830*. Maurice Murphy Mphil, MBEng, Department of Civil, Structural & Environmental Engineering School of Engineering Trinity College Dublin. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, April 2012.
- Murphy M., McGovern, E. & Pavia, S. (2009). *Historic building information modelling (HBIM)*. *Structural Survey*, 27 (4), pp. 311–327.
- Orwell G. (1989). *1984*. Milano: Oscar mondadori.
- Osello A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.

Osello A., Ugliotti F.M. (2017). (a cura di), *BIM: verso il catasto del futuro. Conoscere, digitalizzare, condividere. Il caso studio della Città di Torino*. Roma: Gangemi Editore.

Palomar J. I, Tzortzopoulos P, García-Valldecabres J. & Pellicer E. (2018). *Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM)*. Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 10(4), pp. 1-19.

Pancani G., Bigongiari M. (2019). *Lespressività del rilievo digitale - possibilità di rappresentazione grafica*. In: Caccia Gherardini S., Pretelli M. (a cura di), *RA Memories on John Ruskin unto this last xxvii*. pp. 198-203.

Parisi P., Lo Turco M., & E. C. Giovannini (2019). *The value of knowledge through HBIM models: historic documentation with a semantic approach*. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 2019 8th Intl. Workshop 3D-ARCH "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 6–8 February 2019, Bergamo, Italy, pp. 581-588.

Parrinello S. (2017). *El levantamiento del Generalife. Campaña de 2017*. In: Parrinello S., Gómez-Blanco Pontes A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press, pp. 73-79.

Parrinello S. (2012). *Il disegno dell'imperfetto. Esigenze descrittive per l'analisi architettonica*. In Conference: APEGA\_Asociación de profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Investigación Gráfica Expresión Arquitectónica, La Imprenta CG.: Valencia.

Parrinello S. (2013). *Disegnare il paesaggio. Esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Firenze: Edifir Edizioni Firenze.

Parrinello S. (2019). *Digital and Real: Parallel processes of documentation and project*. In: Parrinello S. (a cura di), *Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage*. Pavia: Pavia University Press.

Parrinello S. (2019). *Preserving memory through image. Landscaper and digital databases for documentation*. In: (a cura di), Parrinello S., *Digital & Documentation. Databases and Models for the enhancement of Heritage*. Pavia: Pavia University Press.

Parrinello S., Cioli F. (2018). *Un progetto di recupero per il complesso monumentale di Usole nella regione della Kama Superiore*. In: *Restauro Archeologico*, vol. 1/2018, Firenze University Press: Firenze, pp. 92-111.

Parrinello S., De Marco R. & Galasso F. (2020). *Un protocollo di modellazione urbana mediante abachi e modulo tecnologici. Dal rilievo digitale al sistema informativo 3D per il centro storico di Betlemme*. In: *DN*, vol. 6, pp. 52-69.

Parrinello S., Dell'Amico A. (2018). *L'artigianato tradizionale dei nativi americani procedure di rilievo e documentazione per la creazione di sistemi informativi 3D*. In: Empler T. (a cura di), *3D Modeling & BIM Nuove Frontiere*. Roma: DEI, pp. 394-408.

Parrinello S., Dell'Amico A. (2019). *Experience of Documentation for the Accessibility of Widespread Cultural Heritage*. *Heritage*, 2, pp. 1032-1044.

Parrinello S., Dell'Amico A. (2021). *From Survey to Parametric Models: HBIM Systems for Enrichment of Cultural Heritage Management*. In: Bognesi C., Villa D. (a cura di), *From Building Information Modelling to Mixed Reality*. Cham: Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, pp. 89-107.

Parrinello S., Gómez-Blanco Pontes A. & Picchio F. (2017). *El Palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión*. Pavia: Pavia University Press.

Parrinello S., Gómez-Blanco Pontes A., Picchio F. & Rodríguez M., Concepción, Rivas López E. (2019). *An Integrated system for documentation, analysis and management of the architectural heritage: the general and the parts of Generalife palace*. In: *EGA. REVISTA DE EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA*, vol. 35, p. 140-151, ISSN: 1133-6137, doi: 10.4995/ega.2019.9527.

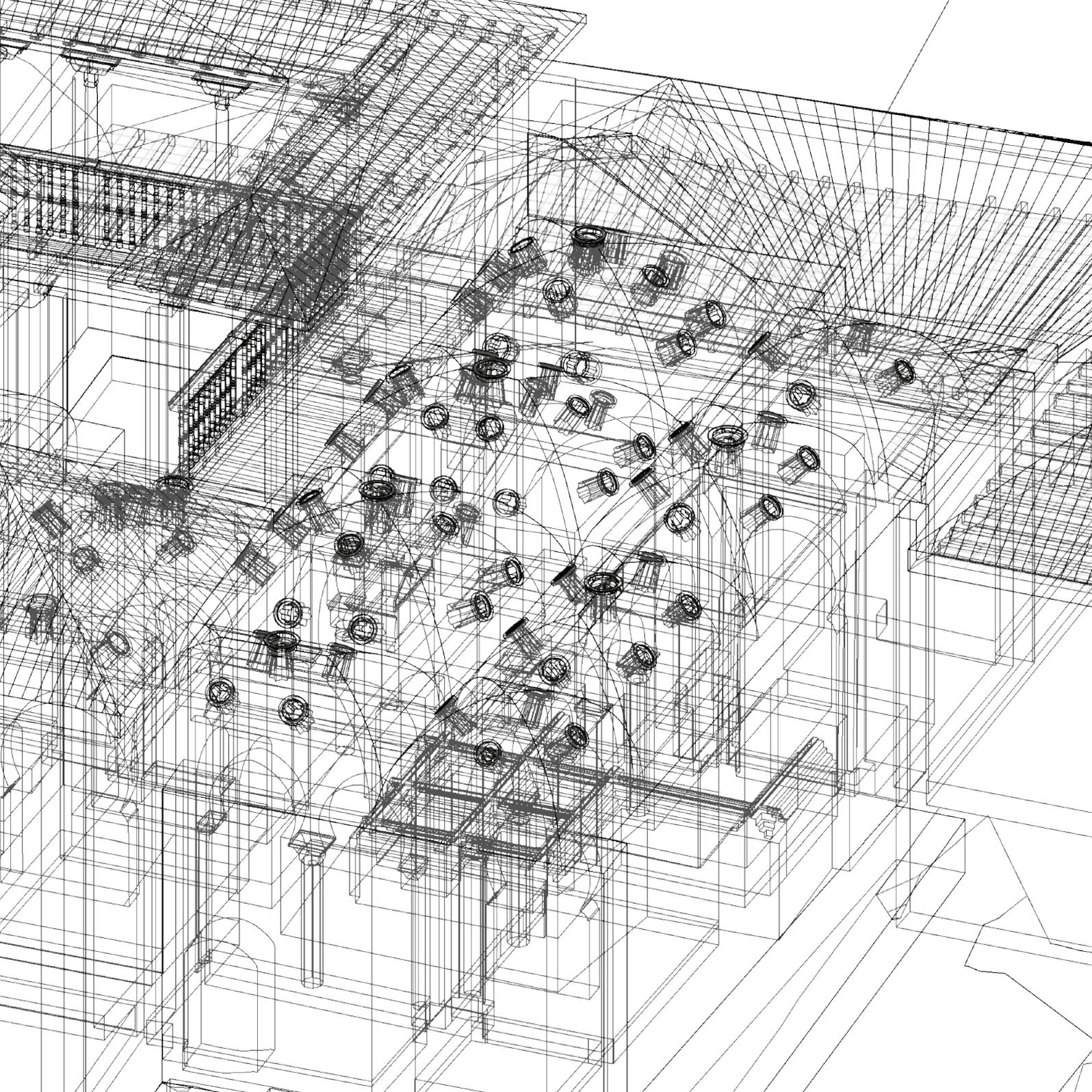
Parrinello S., Picchio F. (2017). *Databases and complexity. Remote use of the data in the virtual space of reliable 3D models*. In: *Architecture and engineering*, vol. 2: pp. 27-36.

Parrinello S., Picchio F. (2019). *Le fortezze di Portobello e del Rio Chagres a Panama. Un progetto di documentazione per la tutela del patrimonio e lo sviluppo di siti UNESCO*. Firenze: Edifir Edizioni Firenze, pp. 280-281.

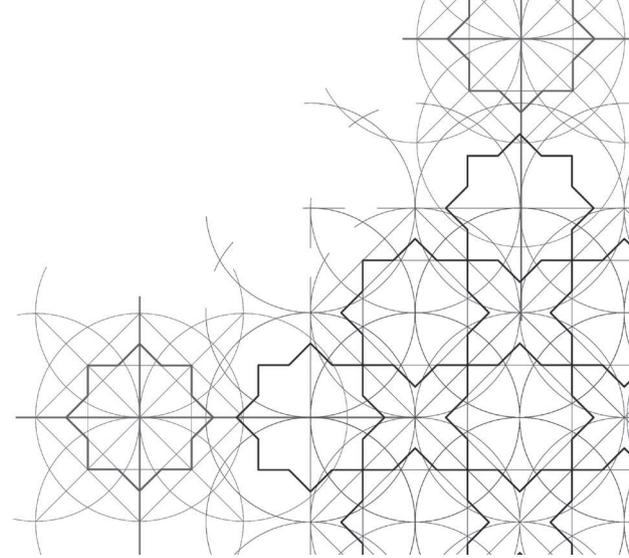
- Parrinello S., Picchio F., De Marco R. & Dell'Amico A. (2019). *Documenting the Cultural Heritage Routes. The creation of informative models of historical Russian churches on Upper Kama Region*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 2019, pp. 887–894.
- Parrinello S., Picchio F. & Dell'Amico A. (2019). *When the Future Is the Past. Digital Databases for the Virtualization of Museum Collections*. In: Luigini A. (a cura di), Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage. Cham: Springer, pp. 212-222.
- Parrinello S., Picchio F., Becherini P. & De Marco R. (2017). *Evoluzione metodologica e protocolli rappresentativi per i complessi delle Certose*. In: *Territori e Frontiere della rappresentazione*. In: Di Luggo A., Giordano P., Florio R., Papa L.M., Rossi A., Zerlenga O., Barba S., Campi M., Cirafici A. (a cura di), UID 2017 - Territori e frontiere della Rappresentazione / Territories and frontiers of Representation. XIV Congresso UID – Napoli, 14/16 settembre 2017. Roma: Gangemi Editore.
- Pavan A. (2017). Norma UNI 11337 per le costruzioni. In Lit, laterizi d'Italia 04/17, pp. 24-29.
- Pavan A., Cavallo D., Mirarchi C., & Rizzarda C.C. (2020). *La PAS 1192-2, il Livello 2 ed i LOD non esistono più: diamoci pace*. p. 9. 02-07-2020. Risorsa online: <https://www.ingenio-web.it/27243-la-pas-1192-2-il-livello-2-ed-i-lod-non-esistono-piu-diamoci-pace>.
- Pavan A., Mirarchi C. & Giani M. (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano: Tecniche nuove.
- Pavan A., Mirarchi C., Cavallo D. & de Gregorio M. (2020). *Standard BIM, il mondo dopo la ISO 19650*. Risorsa online <https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>.
- Pavan A., Mirarchi C. & Giani M. (2017). *BIM: Metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano: Tecniche nuove.
- Pavón Maldonado B. (1990). *Tratado de arquitectura hispanomusulmana*, vol 1, Agua, Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Madrid, 1990.
- Pavón Maldonado B. (1975). *Estudios sobre la Alhambra*. vol. 1, Patronato de la Alhambra y Generalife, Granada, 1975.
- Pezzano S. (2004). *L'immagine digitale. Una vera-falsa "nuovaimagine"*. In: Leitmotiv – 4 / 2004. <http://www.ledonline.it/leitmotiv/>
- Picchio F. (2015). *Scomporre e riconfigurare il paesaggio urbano. Ambienti virtuali e modelli di analisi per la costituzione di sistemi gestionali*. Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Architettura DIDA, Dottorato di Ricerca in Architettura, indirizzo in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente Settore disciplinare ICAR 17, Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVIII - Novembre 2015.
- Picchio F. (2020). *Acquisition protocols for UAV photogrammetric data. Comparison in methodological SfM procedures from architectural till urban scale*. In: Barba S., Parrinello S., Limongiello M., & Dell'Amico A. (a cura di), D-SITE Drones - Systems of Information on cultural hEritage. For a spatial and social investigation. Pavia: Pavia University Press pp. 70-79.
- Piccininno M. (2013). *Il progetto Linked Heritage*. In: SCIRES-IT Vol 3, Issue 1, pp.1-12.
- Picon A. (2010). *Digital Culture in Architecture. An introduction for the design professions*. Basel: Birkhauser GmbH.
- Pocobelli D.P., Boehm J., Bryan P. et al. (2018). *BIM for heritage science: a review*. Herit Sci 6:30.
- Pozzoli S., Bonazza M., & Villa W.S. (2017). *Autodesk Revit per l'Architettura. Guida completa alla progettazione BIM*. Bergamo: Tecniche nuove.
- Preidel C., Borrmann A. (2018). *BIM-Based Code Compliance Checking*. In: Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. (2018). (a cura di), Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice. Cham: Springer. pp. 367-381.
- Premessa nazionale alla versione italiana della ISO 19650. Norma europea EN ISO 19650-1 (edizione dicembre 2018).
- Previtali M., Brumana R., Stanga C. & Banfi F. (2020). *An Ontology-Based Representation of Vaulted System for HBIM*. In: Appl. Sci. 2020, 10, 1377.
- Principe S. (2017). *Cartesio e il fondamento empirico della conoscenza*. Campobasso: Diogene Edizioni.

- Purini F. (2003). *Digital Divide*. In: Sacchi L., Unali M., (a cura di), *Architettura e cultura digitale*, Milano: Skira, pp. 90-91.
- Purini F. (2010). *Un quadrato ideale*. In: *Disegnare, idee, immagini* vol. n 40/2010 pp. 12-25.
- Queau P. (1993). *Le virtuel: Vertus et vertige*. Ceyzérieu: Champ Vallon Editions.
- Ramos Jiménez, I. (2015). *Ángel Barrios y Granada: la estela de una época*. Spagna: Patronato de la Alhambra y Generalife.
- Ratti C. (2014). *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*. Torino: Giulio Einaudi editore.
- Ratti C. (2017). *La città di domani: come le reti stiano cambiando il futuro urbano*. Torino: Einaudi.
- Ratti R., Claudel M. (2017). *La città del domani*. Torino: Passaggi Einaudi.
- Regen S., Wiedemann J. (2019). *History of information graphics*. Milano: Tashen.
- Romero Gallardo A. (2014). *Prieto-Moreno: arquitecto conservador de la Alhambra (1936-1978) : razón y sentimiento*. Spagna: EUG.
- Rossi D. (2010). *Rappresentare le informazioni: interpretare visualizzare, pubblicare i dati geografici*. In: Brusaporci S. (a cura di), *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*. Roma: Gangemi editore, pp.252-259.
- Russo M., Manferdini A.M. (2015). *Integrated multi-scalar approach for 3D cultural heritage acquisitions*. In: *Handbook of Research in Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling and Representation*, S. Brusaporci. Pennsylvania: Ed., IGI Global, Hershey.
- Russo M., Remondino F. & Guidi G. (2011). *Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico*. *Archeologia e Calcolatori*. 22, 2011, 169-198.
- Sabharwal A. (2015). *Digital Curation in the Digital Humanities. Preserving and Promoting Archival and Special Collections*. Kidlington: Chandos Publishing.
- Saggio A. (2010). *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*. Roma: Carocci.
- Santagati C., Lo Turco M. (2017). *From structure from motion to historical building information modeling: populating a semantic-aware library of architectural elements*. In: J. Electronic Imaging Vol. 26. mith, J., & Jones, S. (1994). New York, NY: Publisher.
- Scandurra S. (2020). *La modellazione informativa del patrimonio architettonico. Sperimentazioni e processi cloud to hbm*, Aracne editore.
- Schmitt G. (1996). *Information Architecture. Basi e futuro del CAAD*. Torino: Testo & Immagine.
- Scianna A., Gristina S. (2016). *Tecnologie innovative per la conservazione e la fruizione del patrimonio culturale: una applicazione sperimentale GIS 3D sul Castello di Maredolce a Palermo*. In: Prescia R., Trapani F. (a cura di), *Rigenerazione urbana, innovazione sociale e cultura del progetto*. Milano: FrancoAngeli edizioni.
- Shultz C.N. (1979). *Genius Loci*. Milano: Mondadori Electa, Milano. (edizione italiana Shultz C.N. (1979). *Genius Loci Paesaggio Ambiente Architettura* (trad.: Norberg-Schulz A.M.), Milano: Electa).
- Simmel G. (1985). *Philosophie der Landschaft*. In: *Die Guldenkammer*, trad. it, *Filosofia del paesaggio*, in Id., *Il volto e il ritratto. Saggi sull'arte*, Bologna: il mulino.
- Sodini S. (2018). *I chiostri della Certosa del Galluzzo. Un'esperienza di rilievo digitale per la conoscenza, la catalogazione e la valorizzazione del complesso*. (Tesi di laurea Magistrale in Architettura). Università degli Studi di Firenze, Italia (relatore: Prof. Stefano Bertocci, correlatrice: Prof.ssa Francesca Picchio).
- Stierlin H., Stierlin A. (2011). *Alhambra*. Francia: Imprimerie Nationale Editions.
- Stiny G. (1980). *Introduction to shape and shape grammars*. In: *Environment and Planning B*, 1980, volume 7, pp. 343-351.
- Themistocleous K., Ioannides M., Agapiou A. & Hadjimitsis D. (2015). *The methodology of documenting cultural heritage sites using photogrammetry, UAV, and 3D printing techniques: the case study of Asinou Church in Cyprus*. In: Proc. SPIE 9535, Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015), 953510.

- Tomassini L. (2015). *Vite connesse. La sfida del futuro nell'era digitale*. Milano: Franco Angeli.
- Torres Balbás L. (1945). *La Mezquita Real de la Alhambra y el baño frontero*. Al-Andalus, vol. X, n° XVI, pp. 196-214.
- Torres Herrera C. M. (2016). *Palabras pintadas, escenas descritas. Granada vista por los artistas extranjeros*. Granada: Imprenta del Arco, S.L.
- Tosco C. (2019). *I beni culturali. Storia, tutela e valorizzazione*. Urbino: il Mulino.
- UNI 1137-4:2017. Norma Italiana, Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti.
- Unali M. (2003). Spazio indicibile. In: Sacchi L., Unali M. (a cura di), *Architettura e cultura digitale*. Milano: Skira.
- Unali M. (2014). *Atlante dell'abitare virtuale: Il Disegno della Città Virtuale, fra Ricerca e Didattica*. Roma: Gangemi Editore.
- Vaccari P. (1957). *Storia dell'Università degli studi di Pavia*. Pavia: università pavia editrice.
- Venneri V. (2005). *Sulla rivoluzione paradigmatica in Edgar Morin. Dalla semplificazione alla complessità*. Idee, North America, 59, jun. 2005. Risorsa online: <<http://siba-ese.unisalento.it/index.php/idee/article/view/3433>>.
- Venturi R., Scott Brown D. & Izenour S. (1972). *Learning from Las Vegas, the forgotten Symbolism of Architectural Form, The Massachusetts Institute of Technology*. (edizione italiana Venturi R., Scott Brown D. & Izenour S. (2010) *Imparare da Las Vegas. Il simbolismo dimenticato della forma architettonica*, (trad.: Sabini M.), Macerata: Quodlibet.
- Verdiani G., Donato V., Pianigiani L. & Marsugli F. (2018). *Patrimonio costruito e BIM: il palazzo di Francesco de' Medici nella Fortezza Vecchia di Livorno fa un secondo passo nell'epoca digitale*. In: Marotta A., Spallone R. (a cura di), *Defensive Architecture of the Mediterranean, Vol IX Proceedings of the International Conference on Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast Fortmed 2018* Torino, 18th, 19th, 20th October 2018, pp. 1117-1124.
- Vilchez Vilchez, C. (2001). *Baños árabes*. Spagna: Diputación de Granada.
- Volk R., Stengel J. & Schultmann, F. (2014). *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*. Automation in Construction, 38, pp. 109–127.
- Von Eding B. (1913). *Rostov Velikii*. Uglich.
- Wertheim M. (1999). *The Pearly Gates of Cyberspace. A History of Space from Dante to the Internet*. London: Virago.
- Willis K.S., Aurigi A. (2018). *Digital and Smart Cities*. New York: Routledge.
- Zevi B. (1948). *Saper Vedere l'architettura*. Torino: Einaudi.



# SITOGRAFIA



<http://3dicons-project.eu/>

<https://www.alhambra-patronato.es/>

<https://artvee.com>

<https://www.afasiaarchzine.com>

<http://www.cidoc-crm.org>

[https://www.codiceappalti.it/dlgs\\_50\\_2016](https://www.codiceappalti.it/dlgs_50_2016)

<https://cordis.europa.eu/project/id/250445>

<https://cordis.europa.eu/project/id/270404>

<https://cordis.europa.eu/project/id/297194>

<https://divisare.com>

[http://frontpoint.it/it/maeriali/white\\_paper.asp](http://frontpoint.it/it/maeriali/white_paper.asp)

<http://garzantilinguistica.it>

<http://hdl.handle.net/10514/707>

<https://www.inception-project.eu/en/partners-stakeholders>

<https://www.inceptionspinoff.com>

<https://www.ingenio-web.it/26765-standard-bim-il-mondo-dopo-la-iso-19650>

<https://www.ingenio-web.it/27243>

<http://www.innovance.it/it/index.html>

<https://islamicart.museumwnf.org>

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>

<https://www.iso.org/standard/68080.html>

<https://www.iso.org/standard/74206.html>

<https://www.iso.org/standard/75109.html>

<https://www.iso.org/standard/78246.html>

<https://www.isp.cnr.it/index.php/it/scienza/prodotti-della-ricerca/thesauri>

<http://www.laiserin.com/features/bim/index.php>

<http://www.nationalbimstandard.org>

<https://www.nationalbimlibrary.com/en/what-is-nbs-national-bim-library/>

<https://www.nationalbimlibrary.com/en/nbs-bim-object-standard/standardising-bim-objects>

<https://pro.europeana.eu/page/search>

<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>

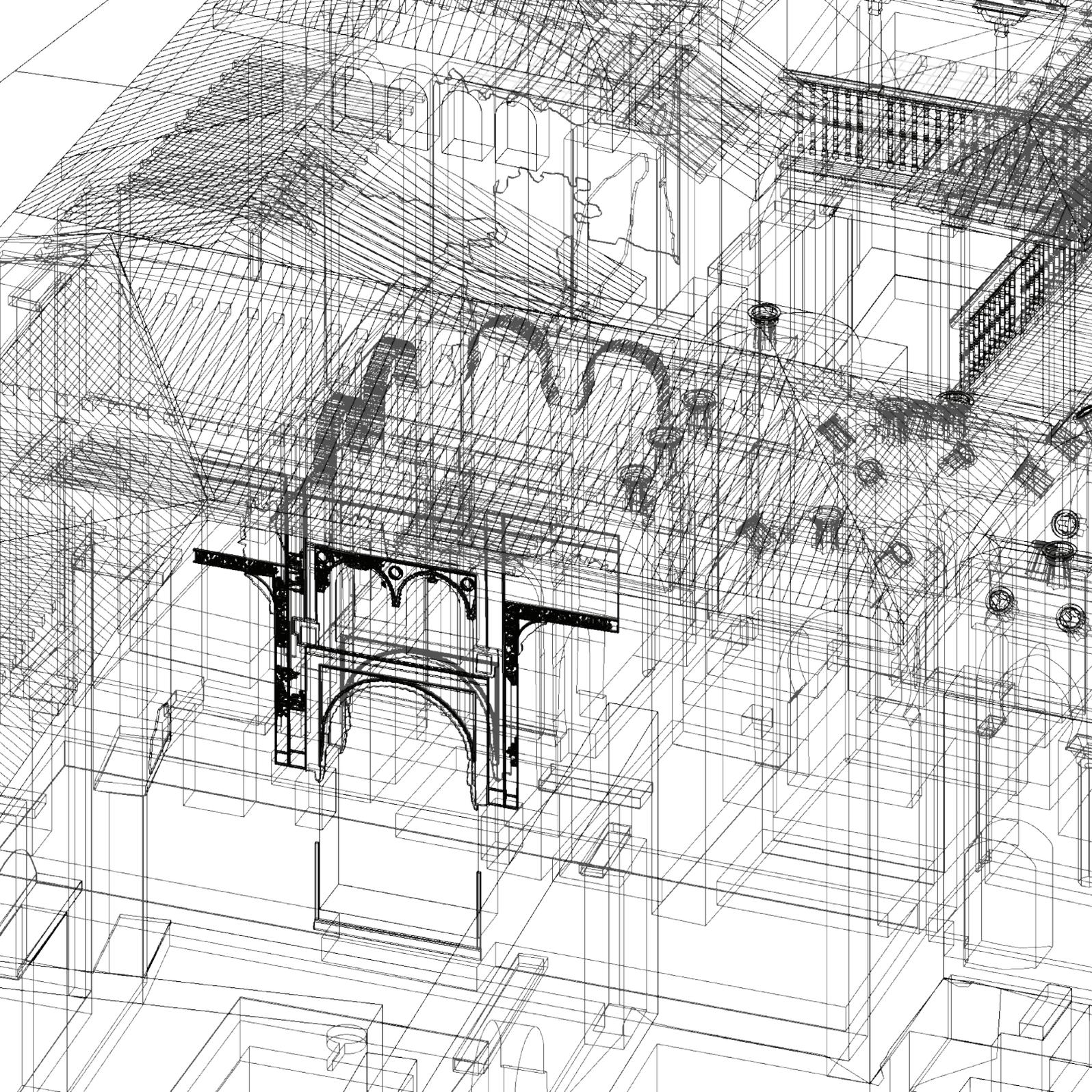
<https://www.theaiatrust.com/whitepapers/bim/aia-digital-practice-documents-2013.php#nav>

<https://www.treccani.it/enciclopedia/entita>

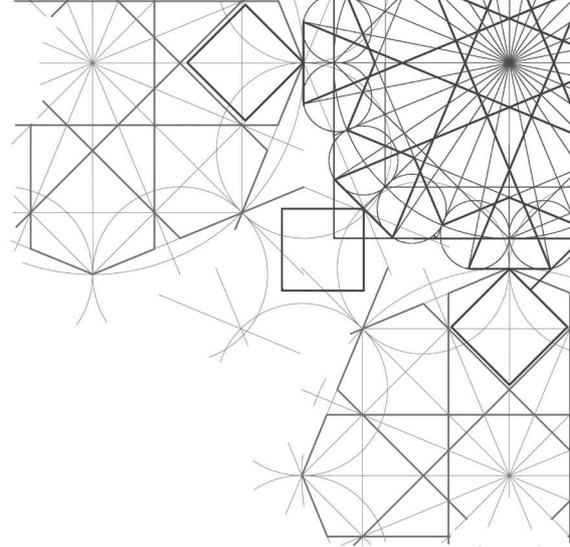
<https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

[https://www.w3.org/RDF/in.rbth.com/articles/2011/08/11/usolye\\_stroganov\\_outpost\\_in\\_the\\_urals\\_12850.html](https://www.w3.org/RDF/in.rbth.com/articles/2011/08/11/usolye_stroganov_outpost_in_the_urals_12850.html)

[https://www.youtube.com/watch?v=VN0BWQQCV\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=VN0BWQQCV_c)



# CREDITI



## CREDITI DEL PROGETTO DI DOCUMENTAZIONE

### RESPONSABILI SCIENTIFICI DEL PROGETTO

Prof. Sandro Parrinello                      Università degli Studi di Pavia  
Prof. Antonio Gómez-Blanco Pontes      Università di Granada

### COORDINATORE TECNICO DEL PROGETTO

Dott. Anna Dell'Amico                      Università degli Studi di Pavia

### RICERCA STORICA D'ARCHIVIO

*Responsabile:* Dott. María del Carmen Vilchez Lara  
*Collaboratori:* Dott. Anna Dell'Amico

### RILIEVO TERRESTRIAL LASER SCANNER

*Responsabile:* Dott. Anna Dell'Amico

### RILIEVO LASER SCANNER MOBILE

*Responsabile:* Prof. Sandro Parrinello  
*Collaboratori:* Dott. Ing. Arch. Raffaella De Marco

### RILIEVO CON STAZIONE TOTALE

*Responsabile:* PhD. Juan Francisco Reinoso Gordo

### REGISTRAZIONE NUVOLA DI PUNTI

*Responsabile:* Dott. Anna Dell'Amico

### RILIEVO FOTOGRAMMETRICO CLOSE RANGE

*Responsabile:* Dott. Ing. Arch. Raffaella De Marco

### RILIEVO FOTOGRAMMETRICO UAV

*Responsabile:* Prof. Francesca Picchio

### RESTITUZIONE GRAFICA 2D ED ELABORAZIONE MODELLO H-BIM

*Responsabile:* Dott. Anna Dell'Amico

Le attività di disegno e di modellazione H-BIM sono state coordinate dalla Dott. Anna Dell'Amico all'interno del seminario tematico "Alhambra - Bagni de la Mezquita. Metodi e strumenti di modellazione H-BIM per il Cultural Heritage" responsabile e docente del corso prof. Sandro Parrinello, all'interno del corso di Laurea magistrale a ciclo unico di Ingegneria Edile e Architettura del Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, dell'Università degli Studi di Pavia (a.a. 2019/2020).

Il seminario ha visto la partecipazione degli studenti: Hasan Ali, Andrea Gandini, Nicolò Girani, Tommaso Goldini, Martina Magatti, Jovana Asto Marin, Saad Awad Ibraim Etara.

