



0

1

1

2

3

5

8

15

21

34

35

88

144

200

327

610

987

587

## De trazos, huellas e improntas

(eds. Carlos L. Marcos, Pablo J. Juan Gutiérrez,  
Jorge Domingo Gresa y Justo Oliva Meyer)





XVII CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA

Alicante, del 30 de mayo al 1 de junio de 2018

Área de Expresión Gráfica Arquitectónica

Departamento de Expresión Gráfica, Composición y Proyectos

Universidad de Alicante

Edición a cargo de Carlos L. Marcos, Pablo J. Juan Gutiérrez, Jorge Domingo Gresa y Justo Oliva Meyer

**DE TRAZOS, HUELLAS E IMPRONTAS**  
**Arquitectura, ideación, representación y difusión**



No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, ni su préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso del ejemplar; sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright. Tampoco está permitido su archivo digital en repositorios institucionales por terceras personas salvo autorización expresa de los editores.

**CONGRESO Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (17º. Alicante. 2018)**

De trazos, huellas e improntas : arquitectura, ideación, representación y difusión / XVII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Alicante, del 30 de mayo al 1 de junio de 2018 ; edición a cargo de Carlos L. Marcos, Pablo J. Juan Gutiérrez, Jorge Domingo Gresa y Justo Oliva Meyer. – Alicante : Universidad de Alicante, D.L. 2018

2 v. (1432 p.) : il., gráf., mapas, planos ; 24 cm

Precede al título: Área de Expresión Gráfica Arquitectónica, Departamento de Expresión Gráfica, Composición y Proyectos, Universidad de Alicante.- Índice  
Textos en español e italiano

D.L. A 218-2018 .- ISBN: 978-84-16724-93-2

1. Arquitectura -- Congresos. 2. Dibujo arquitectónico -- Congresos. I. Marcos, Carlos L. II. Juan Gutiérrez, Pablo J. III. Domingo Gresa, Jorge. IV. Oliva Meyer, Justo. V. Universidad de Alicante. Departamento de Expresión Gráfica, Composición y Proyectos  
744:72.012(062.552)

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores

© de esta edición: Departamento de Expresión Gráfica, Composición y Proyectos. Universidad de Alicante

Tomo I: ISBN 978-84-16724-94-9 De trazos, huellas e improntas. Arquitectura, ideación, representación y difusión  
Depósito legal: A 218-2018

Obra completa: ISBN 978-84-16724-93-2 De trazos, huellas e improntas. Arquitectura, ideación, representación y difusión

Impresión: ByPrint Percom S.L.  
Picassent (Valencia), 2018

Las imágenes que utilizan los autores para ilustrar los textos lo hacen bajo su responsabilidad eximiendo a los editores y al Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante de cualquier responsabilidad en la que pudieran incurrir por la publicación de este libro, ya sea por el uso indebido de las imágenes, el uso no autorizado de imágenes en las que aparezcan personas o una citación de las fuentes inadecuada.

Todos los textos aquí presentados corresponden a investigaciones originales de sus autores a propósito del tema propuesto en XVII Congreso Internacional EGA. Todos ellos han sido escrutados por el software antiplagio Turnitin entre los meses de marzo y abril de 2018 con objeto de garantizar la originalidad de los mismos, hasta donde la tecnología actual lo permite, y garantizar así el estándar de calidad del congreso a este respecto.

Diseño de la cubierta y contracubierta: Paula Pastor Pastor y Belén Lorca Hernández

Imagen de la Portada (página anterior): Logotipo del congreso EGA 2018. Autor: Pablo J. Juan (Homenaje a Escher 'Drawing hands' y Shane Willis 'Hand Fixing Hand').

## COMITÉ CIENTÍFICO

Angela García Cordero, Univ. Politécnica de Valencia  
Antonio Millán Gómez, Univ. Politécnica de Cataluña  
Bob Martens, Technische Universität Wien  
Dana Matejovska, Czech Technical University in Prague  
Eduardo Carazo Lefort, Universidad de Valladolid  
Emma Mandeli, Università di Firenze  
Enrique Solana Suárez, Universidad de Las Palmas  
Ernest Redondo Domínguez, Univ. Politécnica Cataluña  
Ernesto Echeverría Valiente, Univ. Alcalá de Henares  
Henri Achten, Czech Technical University in Prague  
Javier F. Raposo Grau, Univ. Politécnica de Madrid  
Jorge Llopis Verdú, Universidad Politécnica de Valencia  
José Antonio Franco Taboada, Univ. de La Coruña  
José Calvo López, Universidad Politécnica de Cartagena  
José María Gentil Baldrich, Universidad de Sevilla  
Jose Pinto Duarte, Penn State University  
Juan Miguel Otxotorena, Universidad de Navarra  
Liss C. Werner, Technische Universität Berlin  
Margarita de Luxán García de Diego, Un. Pol. de Madrid  
Mario Ducci, Università La Sapienza di Roma  
Pablo Lorenzo-Eiroa, Cooper Union, New York  
Pilar Chías Navarro, Universidad de Alcalá de Henares  
Rivka Oxman, Israel Institute of Technology  
Stefano Bertocci, Università di Firenze  
Tadeja Zupancic, University of Ljubljana  
Vito Cardone, Università di Salerno  
Carlos L. Marcos, Universidad de Alicante (Chair)

## COMITÉS PARES DE REVISORES

Noelia Galván Desvaux, Universidad de Valladolid  
Marta Alonso Rodríguez, Universidad de Valladolid  
María Josefa Agudo, Universidad de Sevilla  
Ana Torres Barchino, Univ. Politécnica de Valencia  
Angelique Trachana, Universidad Politécnica de Madrid  
Inés Pernas Alonso, Universidad de La Coruña  
Maria Luisa Martínez Zimmermann, Univ. de Las Palmas  
Concepción López González, Univ. Politéc. de Valencia  
Sonia Izquierdo Esteban, Universidad San Pablo CEU  
Angélica Fernández Morales, Universidad de Zaragoza  
Mara Capone, Università Federico II di Napoli  
Emanuela Lanzara, Università Federico II di Napoli  
Carmen Escoda Pastor, Univ. Politécnica de Cataluña  
Amparo Bernal López-San Vicente, Univ. de Burgos  
Dèbora Domingo Calabuig, Univ. Politécnica Valencia  
Derya Gulec Ozer, Altinbas University (Istanbul)  
Lia Maria Papa, Università Federico II di Napoli  
Elia Gutiérrez Mozo, Universidad de Alicante  
Aitor Goitia Cruz, Universidad San Pablo CEU  
Luis Agustín Hernández, Universidad de Zaragoza  
Enrique Rabasa Díaz, Universidad Politécnica de Madrid  
Ismael García Ríos, Universidad Politécnica de Madrid  
Alberto Grijalba Bengoetxea, Universidad de Valladolid  
Antonio Amado Lorenzo, Universidad de La Coruña  
Graziano Mario Valenti, Universidad Sapienza de Roma  
Carlos Montes Serrano, Universidad de Valladolid  
Antonio Álvaro Tordesillas, Universidad de Valladolid  
Ángel José Fernández, Universidad de La Coruña  
Burak Park, KU Leuven  
Gabriel Wurzer, Technische Universität Wien  
Antonio L. Ampliato Briones, Universidad de Sevilla  
Salvatore Barba, Università di Salerno,  
Marco Lucchini, Politecnico di Milano  
Giuseppe Amoruso, Politecnico di Milano  
Francisco Peixoto Alves, Universidade Lusíada  
Gaspar Jaén i Urban, Universidad de Alicante  
Justo Oliva Meyer, Universidad de Alicante  
Ramón Maestre López-Salazar, Universidad de Alicante  
Francisco García Jara, Universidad de Alicante  
José Carrasco Hortal, Universidad de Alicante  
Jorge Domingo Gresa, Universidad de Alicante  
Ricardo Irlés Parreño, Universidad de Alicante  
Carlos S. Martínez Ivars, Universidad de Alicante  
Pablo J. Juan Gutiérrez, Universidad de Alicante  
Ángel Allepuz Pedreño, Universidad de Alicante  
Mercedes Carbonell Segarra, Universidad de Alicante  
Andrés Martínez Medina, Universidad de Alicante  
José Parra Martínez, Universidad de Alicante  
José Luis Oliver Ramírez, Universidad de Alicante

# INDICE

## Tomo I

### PROLOGO

<b>Impronta gráfica y representación arquitectónica</b>	
Carlos L. Marcos .....	23

### INTRODUCCIÓN

<b>Entrecerrando mis ojos. Sobre el dibujo en Arquitectura</b>	
Alberto Campo Baeza .....	31

### LINEA TEMÁTICA I. Dibujo, ideación y proyecto

1. <b>HUNCH 1972: Un Segundo experimento en reconocimiento de bocetos o Conozco el concepto de tu concepto de interpolación</b> (ponencia invitada) .....	35
Liss C. Werner	
2. <b>Estrategias de comunicación arquitectónica basadas en herramientas gráficas. El caso del concurso del Centro Internacional de Convenciones de la Ciudad de Madrid</b> .....	43
Vicente Iborra Pallarés; Iván Capdevila Castellanos; José Luís Oliver Ramírez	
3. <b>Sui metodi e sugli strumenti di rappresentazione utilizzati nei concorsi pubblici per le nuove chiese di Messina (1931-1933)</b> .....	51
Adriana Arena	
4. <b>Codificando poéticas. Aplicación del Diseño Generativo a la obra gráfica del Arte Concreto</b> .....	59
Manuel A. Ródenas-López; Pedro M. Jiménez-Vicario; Andrea Giordano	
5. <b>Déjà vos en la percepción de la arquitectura</b> .....	67
Antonio Amado Lorenzo	
6. <b>Dibujo y obra. La invención constructiva de Juan Antonio García Solera</b> .....	73
Justo Oliva Meyer; Juan Calduch Cervera	
7. <b>El proceso gráfico de Basil Spence en la primera 'Plateglass University': la Universidad de Sussex</b> .....	83
Laura Lizondo-Sevilla; Débora Domingo-Calabuig	
8. <b>La simetría como estrategia di ottimizzazione della rappresentazione architettonica nel XVI secolo</b> .....	91
Fabio Colonnese; Marco Carpicci	
9. <b>Planos a color de la Plaza Real de Toros de El Puerto de Santa Maria (Cádiz).1880</b> .....	101
José Carlos Galán Jiménez	
10. <b>Note sul ruolo rappresentativo/conformativo del disegno di architettura contemporáneo</b> .....	109
Maurizio Unali	
11. <b>Proyecciones perspectivas y axonometrías de Charlotte Perriand: La representación gráfica de un estilo de vida moderno</b> .....	117
Mª Pura Moreno Moreno; Mª José Climent Mondéjar	



<b>12. La representación arquitectónica como herramienta crítica. Aproximaciones al espacio como acontecimiento.....</b>	<b>127</b>
Felipe Corvalán Tapia	
<b>13. La declinazione grafica del Liberty nei disegni di architettura di Gino Coppedé.....</b>	<b>135</b>
Laura Carnevali; Marco Fasolo; Fabio Lanfranchi	
<b>14. Patrones digitales en Evo-Devo: colorimetría como genotipo geométrico.....</b>	<b>145</b>
Diego Navarro-Mateu; Ana Cocho-Bermejo	
<b>15. Aproximaciones al arquitecto a través de sus dibujos: Javier Carvajal y el Zoo de Madrid.....</b>	<b>155</b>
Fátima Sarasola Rubío	
<b>16. Sobre los dibujos de Aldo van Eyck y Hassan Fathy: dos formas de hacer arquitectura.....</b>	<b>163</b>
Paula Lacomba Montes; Alejandro Campos Uribe	
<b>17. Disegno/Progetto. L'incontro fra Aldo Morbelli e Carlo Mollino per l'Auditorium RAI in Torino (1950).....</b>	<b>171</b>
Roberta Spallone	
<b>18. Entre la ideación arquitectónica y la destreza del dibujar.....</b>	<b>181</b>
Angelique Trachana; Antonio Martínez Aguado	
<b>19. La relación estilo gráfico-forma arquitectónica. El museo Guggenheim de Bilbao de Frank Gehry.....</b>	<b>191</b>
María Luisa Martínez Zimmermann; Francisco J. Mederos Martín; María Lucía Ojeda Bruno	
<b>20. Imprint grafici e rappresentazione parametrica. Comparazioni tra analogico e digitale: applicazioni sulle teorie di Luigi Moretti.....</b>	<b>197</b>
Caterina Palestini; Alessandro Basso	
<b>21. Miradas y pensamientos que se entremezclan con lo gráfico. Sobre la obra de Enric Miralles.....</b>	<b>207</b>
Isabel Zaragoza; Jesús Esquinas Dessy	
<b>22. Il pensiero visivo e l'architettura: una possibile sperimentazione.....</b>	<b>217</b>
Anna Marotta; Martino Pavignano	
<b>23. Horacio Baliero, dibujante.....</b>	<b>225</b>
María Soledad Bustamante	
<b>24. Algoritmos para la construcción de superficies regladas.....</b>	<b>231</b>
María Isabel Gómez Sánchez; Ana González Uriel; Ismael García Ríos	
<b>25. Il rinnovo progettuale degli anni Cinquanta attraverso il disegno.....</b>	<b>241</b>
Pasquale Tunzi	
<b>26. Cómo entrenar a tu inspiración (para idear arquitecturas).....</b>	<b>247</b>
Concepción Rodríguez Moreno	
<b>27. Diseño de la información: comunicar-proyectar-registrar.....</b>	<b>255</b>
Belén Butragueño Díaz-Guerra; Mariasun Salgado de la Rosa; Javier Fco. Raposo Grau	
<b>28. Un Nuevo Fotomontaje Para Un Nuevo Paradigma Arquitectónico.....</b>	<b>263</b>
Iván Capdevila Castellanos; Vicente Iborra Pallarés	
<b>29. La tectografía secuencial como recurso gráfico para la interpretación constructiva de la obra arquitectónica.....</b>	<b>271</b>
Pedro Barrero Ortega; Luis Riesco Leal; Antonio Torralbo Cristín	

30.	<b>Visiones revolucionarias. Vigencia de las propuestas gráficas de la vanguardia constructivista</b> .....	281
	Gonzalo Sotelo Calvillo	
31.	<b>La modellazione associativa per la rappresentazione dei processi di standardizzazione nell'edilizia storica</b> .....	289
	María Laura Rossi	
32.	<b>Diversas miradas a la ciudad desde el proyecto. Concurso de ideas para la Filmoteca de Cataluña</b> .....	299
	Maite Aguado Roca	
33.	<b>40 años después. 20 dibujos de arquitectos</b> .....	307
	Alberto Grijalba Bengoetxea; Julio Grijalba Bengoetxea	
34.	<b>Pensamiento gráfico aumentado. Sistemas generativos y computational making</b> .....	315
	Mauro Chiarella; Underléa Miotto Bruscato; Gonçalo Castro Henriques; Carla Beatriz Tortul	
35.	<b>El dibujo en el “lugar”, matriz generadora del proyecto de Ronchamp</b> .....	323
	José Antonio Merino Sáenz	
36.	<b>De la línea al byte: dibujo de complementación y dibujo híbrido</b> .....	331
	Mónica Gómez Zepeda	
37.	<b>El boceto atemporal</b> .....	341
	Clara Maestre Galindo	
38.	<b>Influencias en el análisis y en la proposición a través de las herramientas empleadas en la narrativa gráfica de la arquitectura. SketchUp, Rhinoceros y 3dsMax</b> .....	349
	Antonio Estepa Rubio; Ángel B. Comeras Serrano; Santiago Elía García; Jesús Estepa Rubio	
39.	<b>Breve elogio della complementarità: reperti dalla storia della rappresentazione per il progetto e il rilievo di architettura</b> .....	359
	Giuseppa Novello; Maurizio Marco Bocconcinio	
40.	<b>La ideación gráfica a través del dibujo hecho a mano</b> .....	365
	Jessica López Sánchez; Jorge Agustín García García	
41.	<b>Desarrollo metodológico para el trazado de Axonometrías oblicuas con Rhinoceros. Aplicaciones prácticas para la intervención sobre el patrimonio</b> .....	373
	Jesús Estepa Rubio; Antonio Estepa Rubio	

## LINEA TEMÁTICA II. Arquitectura, dibujo y representación

1.	<b>Expandiendo dimensiones espaciales de la perspectiva al Big Data (ponencia invitada)</b> .....	385
	Pablo Lorenzo-Eiroa	
2.	<b>Il Teatro Olimpico di Andrea Palladio come modello. Studi sulla genesi della forma e rappresentazione digitale</b> .....	399
	Giuseppe Amoruso; Alberto Sdegno; Andrea Manti	
3.	<b>El control de la geometría de la bóveda de crucería de ladrillo en el Aragón del siglo XIV: análisis gráfico de casos de estudio</b> .....	407
	Miguel Sancho Mir; Beatriz Martín Domínguez; Juan Carlos Salas Ballestín	



4.	<b>Relazioni tra rappresentazione e architettura in Inghilterra tra Sette e Ottocento: la teoria degli archi obliqui</b> .....	415
	Stefano Chiarenza	
5.	<b>Las perspectivas de Schinkel para el Altes Museum de Berlín</b> .....	425
	Víctor Hugo Velásquez Hernández	
6.	<b>Edificios y decoraciones arquitectónicas de tipo mixtilíneo en Villa Adriana: documentación, análisis y restitución virtual de fragmentos dispersos</b> .....	435
	Benedetta Adembri; Francisco Juan Vidal; Luca Cipriani; Filippo Fantini; Gianna Bertacchi	
7.	<b>"La mano, hermana del ojo". Proyecto, maqueta y dibujo en el Taller de Le Corbusier</b> .....	445
	Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde	
8.	<b>Libretas de faltriquera de Manuel Baquero Briz</b> .....	455
	Santiago Elía García; Jesús Estepa Rubio; Antonio Estepa Rubio; Ángel B. Comerar Serrano	
9.	<b>Il Mausoleo di Galla Placidia e le Digital Humanities per lo studio e la comunicazione di beni culturali architettonici</b> .....	465
	Manuela Incerti; Gaia Lavoratti; Sara D'Amico; Stefano Giannetti	
10.	<b>Interfaces de visualización en los concursos de arquitectura</b> .....	475
	Mercedes Carbonell Segarra; Asunción Díaz García	
11.	<b>AHBIM come sistema di rappresentazione complesso dei beni architettonici</b> .....	485
	Stefano Brusaporci; Pamela Maiezza; Alessandra Tata	
12.	<b>La gran maqueta de Pompeya. Precedente de los actuales sistemas de información</b> .....	495
	Adriana Rossi; Pedro M. Cabezas Bernal	
13.	<b>Sull'architettura del Medio Oriente: modelli digitali e scenari virtuali per la rappresentazione</b> .....	501
	Francesca Picchio; Monica Beregigi; Raffaella De Marco	
14.	<b>Los enjarjes de la bóveda estrellada de la sala capitular del monasterio de Santa María (Simat de Valldigna, Valencia, España). Análisis geométrico</b> .....	511
	Esther Capilla Tamborero	
15.	<b>El dibujo como herramienta de investigación en la eficiencia energética. Horizonte 2020</b> .....	521
	Ernesto Echeverría Valiente; Flavio Celis D'Amico; Fernando da Casa Martin	
16.	<b>L'Edicola dell'Averinga. Nuovi contributi alla conoscenza, alla valorizzazione e alla fruizione</b> .....	531
	Francesco Di Paola; Giovanni Fatta; Calogero Vinci	
17.	<b>Il rilievo come strumento di investigazione del processo di trasformazione: spazio urbano e luoghi della memoria</b> .....	541
	Marcello Balzani; Federica Maietti	
18.	<b>La realidad virtual en la difusión del patrimonio arquitectónico. El caso de Fontilles</b> .....	551
	Eduardo Bavjera Llópez; Jorge Llopis Verdú; Jorge Martínez Piqueras; José Luis Denia Ríos	
19.	<b>Softarquitecturas fallidas</b> .....	559
	Aitor Goitia Cruz	
20.	<b>Diseño gráfico y políticas editoriales: La construcción visual de California Arts &amp; Architecture (193X-194X)</b> .....	567
	José Parra-Martínez; John Crosse	

11	<b>La ra-presentazione dell'architettura del val di Noto: strumenti digitali per la conoscenza e la divulgazione</b> .....	577
	Rita Valenti; Emanuela Paternò	
12	<b>Ripercorrere la storia attraverso il disegno. L'architettura ricostruita del Palazzo dei Tribunali di Via Giulia a Roma</b> .....	587
	Emanuela Chiavoni; Francesca Porfiri; Gaia Lisa Tacchi	
13	<b>La representación gráfica de la casa en Sevilla en los siglos XVI y XVII</b> .....	595
	Maria Núñez-González	
14	<b>¿Sueñan los Parametricistas con ovejas Futuristas?</b> .....	605
	Juan Maria Sarrió Garcia	
15	<b>Los dibujos de García Mercadal a través de las vanguardias</b> .....	613
	Noelia Cervero Sánchez; Aurelio Vallespin Muniesa; Ignacio Cabodevilla-Artieda	
16	<b>Disegno come narrazione: arte sequenziale e rappresentazione dell'architettura</b> .....	623
	Vincenzo Bagnolo; Laura Lusso	
17	<b>Inventario gráfico digital del patrimonio arquitectónico</b> .....	633
	Luis Agustín Hernández; Angélica Fernández Morales; Marta Quintilla Castán	
18	<b>Dibujos para un proyecto en el Siglo de las Luces: el Palacio Real Nuevo de Madrid</b> .....	641
	Angel Martínez Díaz	
19	<b>Il disegno dei Cultori di Architettura per la borgata marina di Ostia nel centenario della sua fondazione (1916-2016)</b> .....	651
	Antonella Salucci	
20	<b>Il percorso e la stasi: la rappresentazione tra linea e superficie</b> .....	661
	Laura Carlevaris	
21	<b>Lugar, cultura y tiempo a través de la visión gráfica del arquitecto Luis Berges Roldan</b> .....	671
	Jesús Estepa Rubio; Antonio Estepa Rubio; Ángel B. Comeras Serrano; Santiago Elía Garcia	
22	<b>Arquitecturas de Ideas</b> .....	681
	Amparo Bernal López-Sanvicente	
23	<b>El simbolismo de la figuratividad</b> .....	689
	Pablo Jeremías Juan Gutiérrez; Ricardo Irlas Parreño	
24	<b>Il rilievo di San Carlo alle Quattro Fontane: pensiero, forma e geometria</b> .....	697
	Giuseppe Antuono	
25	<b>BIM y Patrimonio: estrategias de trabajo</b> .....	705
	Jorge Gabriel Molinero Sánchez; Antonio Gómez-Blanco Pontes; Esteban José Rivas López	
26	<b>L'interpretazione della realtà attraverso la metafora del disegno. Il Vomero nelle riviste illustrate tra '800 e '900</b> .....	713
	Maria Martone	

## Tomo II

### LÍNEA TEMÁTICA II. Arquitectura, dibujo y representación (continuación)

37. <b>Imágenes de arquitectura en la era digital. El render como creador de atmósferas</b> .....	743
Marta Alonso Rodríguez; Noelia Galván Desvaux; Antonio Álvaro Tordesillas	
38. <b>Strategie digitali per la fruizione diffusa del patrimonio culturale. Il caso delle architetture rupestri in Costiera Amalfitana</b> .....	749
Pierpaolo D'Agostino; Barbara Messina	
39. <b>Il disegno delle Feste fattesi in Napoli per la nascita della Ser. Reale Infanta Delle due Sicilie tra ermeneutica e eidomatica</b> .....	759
Vincenzo Cirillo	
40. <b>Tecnologías de la Información en el ejercicio profesional del arquitecto: BIM/GIS. Una experiencia docente</b> .....	769
Antonio Gómez-Blanco Pontes; Jorge Molinero Sánchez; Esteban Rivas López	
41. <b>S. Elmo a Napoli. Un castello da riscoprire</b> .....	775
Cesare Cundari	
42. <b>Enric Miralles, narración dibujada</b> .....	781
Salvador Gilabert Sanz; Hugo Barros Costa	
43. <b>El dibujo: una herramienta para proyectar el mundo. Asís Cabrero y los Cuatro Libros de arquitectura</b> .....	789
José de Coca Leicher	
44. <b>El registro "as built" de la arquitectura histórica medieval mediante modelos H-BIM</b> .....	799
Concepción López González; Jorge Luis García Valdecabres	
45. <b>Híbridos dibujados: estrategias gráficas en proyectos de intervención en preexistencias construidas</b> .....	807
Álvaro Moral García, Enrique Jerez Abajo, Eduardo Carazo Lefort	
46. <b>Reconstrucción de la fachada occidental de la Catedral de Santiago de Compostela a partir del dibujo de Vega y Verdugo</b> .....	815
Mónica del Río Muñoz	
47. <b>Guardiani di pietra nel paesaggio della Regione Campania</b> .....	825
Lia Maria Papa	
48. <b>La exhibición híbrida: la proyección de las técnicas del collage y fotomontaje sobre la arquitectura del primer tercio del siglo XX</b> .....	833
Fernando Linares García	
49. <b>La mano y el video. Algunas herramientas de intermediación entre el paisaje y el proyecto Arquitectónico</b> .....	843
Ángel B. Comerás Serrano; Santiago Elía García; Jesús Estepa Rubio; Antonio Estepa Rubio	
50. <b>La difusión de la teoría de la arquitectura a través del dibujo: Piranesi y el cambio de la autoridad del lenguaje a la cultura de la imagen</b> .....	853
Carlos L. Marcos; Andrés Martínez-Medina	



51.	<b>La simulación de las trazas góticas de la catedral de Tortosa</b> .....	863
	Josep Lluís i Ginovart; Mónica López Piquer	
52.	<b>Restitución gráfica de paisaje lineal aplicado a la calle del Carmen en Cartagena</b> .....	873
	Josefa Ros Torres; Gemma Vázquez Arenas; Josefina García León	
53.	<b>Una nueva metodología gráfica para el estudio de los edificios que albergaron las comunidades religiosas de Zamora</b> .....	881
	Daniel López Bragado; Víctor-Antonio Lafuente Sánchez	
54.	<b>10 años de dibujo, 10 años representando: El circo romano de la ciudad de Tarragona</b> .....	889
	Pau Solà-Morales; Josep M. Puché Fontanilles; Josep M. Macías Solé; Josep M. Toldrà Domingo; Iván Fernández Pino	
55.	<b>Scientificità della Rappresentazione. Modelli culturali – Modelli geometrici – Modelli virtuali 3D</b> .....	897
	Emma Mandelli; Alessandro Merlo	
56.	<b>El claustro de la catedral de Lugo, una obra del maestro barroco Fernando de Casas y Novoa</b> .....	905
	Luis Hermida González	
57.	<b>La investigación a través de planos y fotografías de la arquitectura y la evolución de lesiones pétreas de la Puerta de Marchena del Real Alcázar de Sevilla en 2013</b> .....	913
	Antonio J. Albardonedo Freire; María Dolores Robador González; Carmen De Tena Ramírez	

### LÍNEA TEMÁTICA III. Maquetas, fabricación digital y materialidad

1.	<b>La tridimensionalidad arquitectónica en modelos y maquetas. Su papel en el proceso de ideación y configuración del proyecto a lo largo de la historia</b> (ponencia invitada).....	925
	José Antonio Franco Taboada	
2.	<b>Pabellones experimentales con superficies helicoidales desarrollables y superficies de igual pendiente. Geometría avanzada para un pensamiento gráfico aumentado</b> .....	927
	Andrés Martín-Pastor	
3.	<b>Maquetas en las exposiciones de arquitectura de los años treinta: el modelo de Marcel Breuer para la <i>Garden City of the Future</i> (1936)</b> .....	937
	Carlos Montes Serrano; Eduardo Carazo Lefort	
4.	<b>Las herramientas del arquitecto: las maquetas en los estudios de arquitectura japoneses</b> .....	943
	Marta Úbeda Blanco; Daniel Villalobos Alonso; Sara Pérez Barreiro	
5.	<b>Ideación digital en arquitectura</b> .....	951
	Alberto T. Estévez	
6.	<b>Geometría geo-solar: diseño e impresión 3D de una carta solar 3D global</b> .....	959
	Ramón Maestre López-Salazar	
7.	<b>Dibujos para construir ciudades y ciudades para construir dibujos. Del papel al videojuego</b> .....	969
	María José Muñoz de Pablo; Ángel Martínez Díaz	
8.	<b>Manuales gráficos de instrucciones. Arquitectura ensamblada</b> .....	979
	Sonia Izquierdo Esteban	



9.	<b>Planarizzazione di superfici non sviluppabili: Parametric Kerfing per la fabbricazione digitale ottimizzata di forme complesse</b> .....	985
	Emanuela Lanzara; Mara Capone	
10.	<b>Experimentación en la ciudad. Imágenes de utopías en el siglo XX</b> .....	995
	María Teresa Raventós Viñas	
11.	<b>Rilievo, disegno e reinterpretazione del Design del Novecento: il progetto <i>Chair_ludus</i></b> .....	1005
	Marcello Balzani; Luca Rossato; Francesco Viroli	
12.	<b>Modelos digitales, entre lo ideado y lo realizado. La Basílica de Santa María y la <i>Festa d' Elx</i></b> .....	1011
	Santiago Vilella Bas	

#### LÍNEA TEMÁTICA IV. Mapeados y cartografías urbanas o territoriales

1.	<b>Vistas de Sevilla extramuros del XVI al XVIII</b> .....	1021
	Tomás Díaz Zamudio; Antonio Gámiz Gordo	
2.	<b>Rappresentare la città della memoria: frammenti della Palermo “arabo-normanna”</b> .....	1031
	Vincenza Garofalo	
3.	<b>1857. Planimetría para proyectar el Ensanche de Madrid</b> .....	1041
	Luis de Sobrón Martínez	
4.	<b>Disegno dal vero come strumento per lo studio delle connessioni visuali. Il sistema difensivo costiero in Sardegna</b> .....	1051
	Vincenzo Bagnolo; Andrea Pirinu	
5.	<b>La cartografía histórica como recurso en la investigación patrimonial: el caso de la Sevilla Conventual</b> .....	1061
	M. Mercedes Molina-Liñán	
6.	<b>La representación de los núcleos urbanos en el paisaje</b> .....	1069
	Juan Manuel Báez Mezquita	
7.	<b>After Hours. Derivas propedéuticas para la integración de variables complejas en la enseñanza del proyecto de arquitectura</b> .....	1079
	Álvaro Moreno Marquina	
8.	<b>Canales proyectados y soñados en el Bajo Guadalquivir. Jerez puerto de mar</b> .....	1087
	José Peral-López; José-Manuel Aladro-Prieto	
9.	<b>Dall’analogico al digitale. La rappresentazione cartografica dei dati complessi</b> .....	1095
	Alessia Maiolatesi	
10.	<b>Cartografie e Modelli Grafici per la Rappresentazione dello Spazio Mediterraneo, tra le Frontiere e i Flussi di Migrazione</b> .....	1103
	Manuela Bassetta	

## LÍNEA TEMÁTICA V. Proyectividad, medida y representación

1. **Sombras figurativas. La geometría al rescate de la motivación**..... 1115  
Antonio Álvaro-Tordesillas; Marta Alonso-Rodríguez; Noelia Galván Desvaux
2. **Nuevas herramientas gráficas para el análisis espacial y el diseño de hospitales**..... 1123  
Pilar Chías; Tomás Abad; Gonzalo García-Rosales
3. **Traiettorie dello sguardo nello spazio architettonico contemporaneo: due esempi di prospettiva anamorfica**..... 1133  
Giovanni Caffio
4. **Reflexiones sobre la idea de tipo arquitectónico en la obra sacra vandelviriana. Las sacristías de la Catedral de Jaén y de la Sacra Capilla de El Salvador en Úbeda como casos de estudio particulares**... 1139  
Antonio Estepa Rubio; Jesús Estepa Rubio
5. **La aritmética de las medidas de Sant Fructuós**..... 1149  
Francisco Javier González Pérez; Antonio Millán-Gómez

## LÍNEA TEMÁTICA VI. Percepción, fenomenología y arquitectura

1. **Técnicas de Realidad Virtual aplicadas a la Representación Arquitectónica. El Almadín de Valencia**..... 1159  
Martín Cipoletta; Pedro M. Cabezos Bernal; Daniel Martín Fuentes
2. **El dibujo arquitectónico en la obra de Steven Holl: experiencia sensitiva, fenómeno, fragmento y dispositivo**..... 1165  
Ángel Allepuz Pedreño
3. **Il movimento disegnat: studi grafici sulle scenografie d'avanguardia**..... 1175  
Starlight Vattano
4. **La Vida Secreta de los Árboles: espacios escénicos sincronizados y naturalezas reactivas (Game of Life 1970 versión Alicante 2017)**..... 1183  
Jose Carrasco Hortal; Francese Morales Menárguez; Salvador Serrano Salazar; Mark-David Hosale; Friso Gouweter
5. **Cartografías del caminar: una narrativa distinta para el casco histórico de Bocairent**..... 1193  
Carmina Revert
6. **LandArch, una app para evaluar el impacto visual de arquitecturas en el paisaje empleando fotografía panorámica inmersiva**..... 1201  
Juan Serra Lluch; Susana Iñarra Abad; Pedro Cabezos Bernal; Javier Cortina Maruenda
7. **Nuevas consideraciones en torno a la señalética y el color para incrementar el bienestar en los espacios hospitalarios**..... 1211  
Gonzalo García-Rosales; Pilar Chías Navarro; Manuel de Miguel Sánchez; Enrique Castaño Perea
8. **Ideación-abstracción gráfica. Un procedimiento fenoménico de creación arquitectónica. Experiencias**..... 1219  
José María Manzano Jurado

9.	<b>Pensamiento e inteligencia en la proyección arquitectónica. Una revisión desde los «ajes» del oficio: lenguaje, grafoaje y manuaje.....</b>	1229
	Mauricio Arnoldo Cárcamo Pino	
10.	<b>“Paso Doble” diedro de barro: lienzo de una tragedia para el conocimiento empírico a través del cuerpo y los sentidos.....</b>	1239
	Taciana Laredo Torres; Ricardo Santonja Jimenez	
11.	<b>Disegno e periferia come bene comune.....</b>	1247
	Ornella Zerlenga; Fabiana Forte; Luciano Lauda	
12.	<b>Hacia una nueva actitud perceptiva de la representación arquitectónica a la luz de la Gestalt.....</b>	1257
	Victor Antonio Lafuente Sánchez; Daniel López Bragado	
13.	<b>La experiencia de un Recorrido Inducido. Dinámica perceptual de la luz y de la geometría de la envolvente arquitectónica.....</b>	1265
	José Ángel Ruiz-Cáceres; Diego Tovar Monge; Yuriy Vatrata	
14.	<b>Rappresentazione e fotografia sferica per l'accessibilità.....</b>	1275
	Cristina Cándido	
15.	<b>Percepción y diseño de espacios arquitectónicos destinados a la convivencia con personas mayores.....</b>	1285
	Ana Torres Barchino; Jorge Llopis Verdú; Juan Serra Lluch; Anna Delcampo Carda	
16.	<b>Fenomenología de la percepción minimalista aplicada a la experiencia arquitectónica de Can Lis.....</b>	1293
	Juan Carlos Salas Ballestín	
17.	<b>De lo gráfico en casos de arquitectura performativa.....</b>	1303
	Alberto Bravo de Laguna Socorro	
18.	<b>Percepción en el proceso de Diseño por medio del Dibujo.....</b>	1313
	Priscilla Nerení Díaz Gutiérrez	
19.	<b>La mirada del arquitecto y la aparición de la máquina fotográfica/cine.....</b>	1319
	Francisco Granero Martín	
20.	<b>Nuevos entornos. El pensamiento gráfico del arquitecto.....</b>	1327
	Lucía Ojeda Bruno; M.ª Luisa Martínez Zimmermann; Francisco Mederos Martín	
21.	<b>El Dibujo Analógico de la Generación Digital. Análisis de los dibujos descriptivos realizados por estudiantes de nuevo ingreso en la carrera de arquitectura.....</b>	1333
	Elsa Gutiérrez Labory; Enrique Solana Suárez	
22.	<b>La emoción proyectual y su referencia gráfica como desencadenante creativo.....</b>	1339
	Daniel Rodríguez Medina	
23.	<b>Morfografías: una nueva categoría gráfica.....</b>	1347
	Juan Carlos Ortiz Tabarez	
24.	<b>La mano que ve. Alteración de la percepción a través de la activación de los sentidos.....</b>	1351
	Luis Navarro Jover	

## LINEA TEMÁTICA VII. Investigación e innovación en docencia arquitectónica

1.	<b>Evolución de las herramientas, recursos y entornos docentes en presencia del BIM</b> .....	1359
	Iñigo León Cascante; José Javier Pérez Martínez	
2.	<b>El pliegue como recurso de ideación</b> .....	1367
	Carmen Escoda Pastor	
3.	<b>Hacia las nuevas formas de aprendizaje de las materias gráficas en la universidad del siglo XXI. Comparación de dos experiencias MOOC</b> .....	1375
	Ester Pujadas-Gispert; Ernest Redondo Domínguez; M. Rosa Estela-Carbonell	
4.	<b>Diseño procedural. Las superficies regladas en la arquitectura no construida de Félix Candela</b> .....	1383
	Federico Luis del Blanco García; Ismael García Ríos	
5.	<b>Procedimientos pautados. Desarrollos gráficos de aproximación proyectual</b> .....	1391
	Javier Fco. Raposo Grau; Mariasun Salgado de la Rosa; Belén Butragueño Díaz-Guerra	
6.	<b>Maquinas constructivistas para el aprendizaje de procesos creativos</b> .....	1401
	Fernando Llancho Alvarado	
7.	<b>Directrices para la implementación práctica de herramientas y técnicas de levantamiento arquitectónico digital en el ámbito docente de los estudios de Grado y Postgrado vinculados al área de Expresión Gráfica Arquitectónica</b> .....	1409
	José Javier Pérez Martínez; Iñigo León Cascante	
8.	<b>L'attualità della pedagogia delle arti di inizio Novecento in Est Europa. <i>Gestaltung e Formenlehre</i> come risorse per la didattica delle creatività figurative</b> .....	1415
	Alessandro Luigini, Starlight Vattano	
9.	<b>La Alhambra: enclave para una metodología de experimentación gráfica</b> .....	1423
	Antonio García Bueno; Karina Medina Granados	



# Il Mausoleo di Galla Placidia e le Digital Humanities per lo studio e la comunicazione di beni culturali architettonici.

Manuela Incerti; Gaia Lavoratti; Sara D'Amico; Stefano Giannetti

Department of Architecture, University of Ferrara

Abstract

Il Mausoleo di Galla Placidia (prima del 450) è uno dei monumenti di Ravenna tutelati dall'UNESCO più del mondo, soprattutto in ragione della straordinaria decorazione musiva che ricopre le sue pareti interne. La celebre volta stellata, capace di commuovere ed emozionare profondamente l'osservatore, è stata analizzata e descritta nella sua assenza di rappresentazione di cielo reale, mistico e metafisico in relazione alla tradizione iconografica arcaica. L'edificio è stato oggetto di ricerche archeoastronomiche (Romano, 1995) assunte come punto di partenza per alcuni aspetti della presente ricerca: oltre all'orientamento, il lavoro prende in considerazione anche altri elementi dell'architettura e in particolare modo, le piccole finestre a feritoia, per indagare gli eventuali significati archeoastronomici. Sono stati elaborati dei modelli di primo livello funzionali alla visualizzazione della morfologia originaria e degli eventi astronomici, e in seguito utili alla comunicazione multimediale dei contenuti scientifici prodotti. Sono state affrontate infine le questioni delle deformazioni geometriche e prolettive della cupola calata e della forma geometrica dello spazio, anche in relazione all'unità di misura utilizzata. Nel corso dell'esposizione saranno proposte riflessioni metodologiche e procedurali, descrittive dell'approccio seguito dalle fasi di rilievo a quelle di studio e di comunicazione.

Parole chiave: Galla Placidia; rilievo; archeoastronomia; modello 3D; comunicazione multimediale.

## 1. Introduzione

Il piccolo e prezioso monumento ravennate è attribuito all'imperatrice romana Galla Placidia (390 circa - Roma 450), figlia di Teodosio I, della cui vita ci interessa qui ricordare la fede cristiana passata alla storia anche grazie alla costruzione di alcuni importanti edifici sacri da lei voluti e sostenuti. La chiesa di san Giovanni Evangelista in Ravenna (426 ca.) fu fondata quale suo ex-voto per uno scampato naufragio, mentre l'edificazione di Santa Croce (417-425 ca.), i cui resti attestano l'esistenza di più fasi costruttive (David, 2013), celebra la devozione dell'Augusta per la reliquia della Vera Croce. Il mausoleo a lei intitolato era, molto probabilmente, uno dei due sacelli posti alle estremità Nord e Sud del narcece di questa basilica. Tra le altre sue opere occorre almeno citare anche la Cappella di sant'Aquilino della basilica di san Lorenzo in Milano, in cui sono state evidenziate alcune implicazioni archeoastronomiche e importanti iconografie astrali (sul portale romano, partendo da sinistra, sono: Sole, Giove, Marte, Vittoria o Nemese, Venere, Luna).

Il Mausoleo si presenta oggi come un piccolo edificio isolato a croce latina, i cui bracci sono coperti da volte a botte, mentre all'incrocio di questi è una cupola. Nel presente studio sono stati oggetto di riflessione alcuni aspetti che caratterizzano l'edificio a partire dai dati di rilievo appositamente elaborati.

## 2. Il rilievo architettonico

Il rilievo architettonico è stato realizzato con uno scanner Faro Focus 330: sono state eseguite 23 stazioni, che coprono interamente l'interno e l'esterno del monumento (ad esclusione dell'ultimo livello della copertura), registrate con l'aiuto di target sferici. Le textures delle superfici sono state invece ricostruite mediante fotogrammetria digitale grazie a due diverse campagne fotografiche: la prima relativa agli esterni, la seconda agli interni. Gli scatti sono stati eseguiti con una fotocamera reflex digitale su un treppiede; sono state elaborate 459 fotografie e utilizzati 119 target (Fig. 1).

Le dimensioni ridotte dell'edificio al suo interno, gli ingombri esterni adiacenti alle facciate (vegetazione e muro della strada sul lato Sud), insieme alle superfici marmoree lucide, hanno creato diverse difficoltà durante la processazione dei dati.

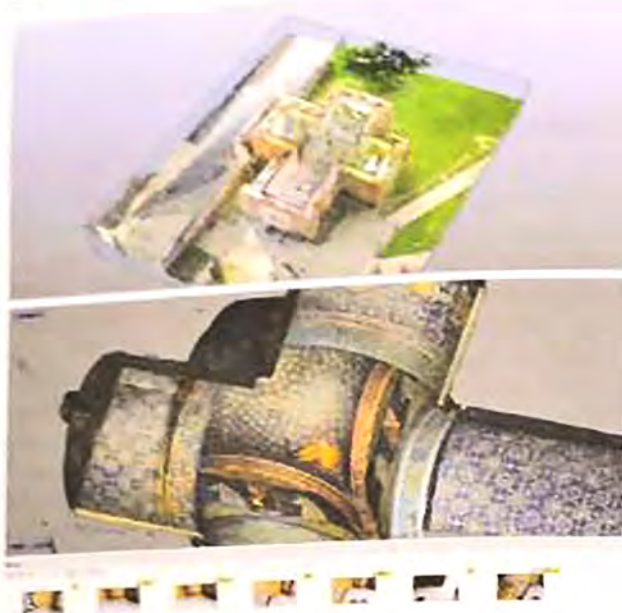


Figura 1. Sopra: screenshot della nuvola di punti, scanner Faro Focus 330, software Scene 6.2, rilievo (6/03/2017) e elaborazione dati M. Incerti. Sotto: la texture estratta utilizzando un software di fotogrammetria digitale (esterni: 247 foto, 29 targets; interni: 212 foto, 90 targets; rilievo ed elaborazione dati M. Incerti).

### 3. La restituzione del rilievo

La registrazione delle 23 scansioni ha prodotto una *pointcloud* densa di 300.000.000 punti, in grado di descrivere con una buona accuratezza l'interno e gli esterni del mausoleo. Le limitate zone d'ombra sono dovute alla presenza di arredi fissi o mobili non asportabili e ad oggetti, seppur ridotti, nell'architettura che non hanno consentito una completa copertura. Al fine di ottenere gli elaborati canonici del rilievo e procedere ad una più approfondita analisi dei rapporti metrici e geometrici del manufatto, dalla nuvola sono state estratte *slices* verticali e orizzontali dello spessore di 10 mm. La buona densità della *pointcloud* ha garantito il necessario dettaglio della *slice* anche ad uno spessore così ridotto ed ha pertanto consentito la ribattitura accurata in ambiente CAD delle sezioni orizzontali e verticali.

Con riferimento agli stessi piani di taglio, è stata effettuata l'estrazione delle *slices*, dalla nuvola sono stati presi i corrispondenti *screenshot* ad alta definizione, che sono stati importati nel medesimo ambiente CAD per la loro proiezione. Allo stesso modo dal fotogrammetrico associato alla nuvola sono stati estratti i fotopiani corrispondenti che, sovrapposti ai dati CAD, hanno consentito in postproduzione di conferire agli elaborati bidimensionali importanti informazioni di carattere cromatico e materico.

Tale procedura, negli anni consolidata, ha consentito la restituzione di tre piante (secanti i tre differenti livelli delle aperture), quattro prospetti e quattro sezioni (due trasversali e due longitudinali), su cui è stato possibile impostare una serie di letture ed approfondimenti. Gli elaborati bidimensionali sono inoltre serviti per il controllo morfologico e dimensionale in fase di modellazione 3D.

### 4. I quesiti sulla forma

Le irregolarità della forma di questa architettura, evidenti in particolar modo nella pianta, non possono essere imputabili ad una mancanza di cura nella sua realizzazione, ma devono essere ricondotte ad una precisa volontà compositiva nel tracciamento degli spazi palesemente non ortogonali tra di loro.

#### 4.1. Le direzioni principali

Com'è stato ricordato, l'edificio è stato oggetto di ricerche archeoastronomiche condotte da Romano Giuliano (1995) che ne ha misurato l'orientamento e il valore dell'Azimut principale, pari a  $180,2^\circ$ , evidenzia un andamento Nord-Sud decisamente singolare rispetto ad altri edifici sacri di età bizantina ravennate. Il transetto non è ortogonale alla navata ed ha un orientamento di  $94,3^\circ$  (Fig. 2). La motivazione della rotazione tra i due andamenti non può essere casuale. L'azimut del transetto è allineato con il tracciamento del sole del 26-27 marzo e del 13-14 settembre al momento della sua costruzione (prima del 450). La prima data è molto vicina al 25 marzo, celebrazione dell'Annunciazione di Maria, una festività già documentata nel Martirologio Gerominiano, risalente al IV/V secolo. Il 14 settembre cade invece la festa della Croce, ricorrenza alla quale è dedicata la chiesa principale del complesso. La differenza angolare tra la direzione del transetto del mausoleo e quella della navata della chiesa della Croce (misurata sul rilievo laserscanner) è di circa  $2^\circ$ .



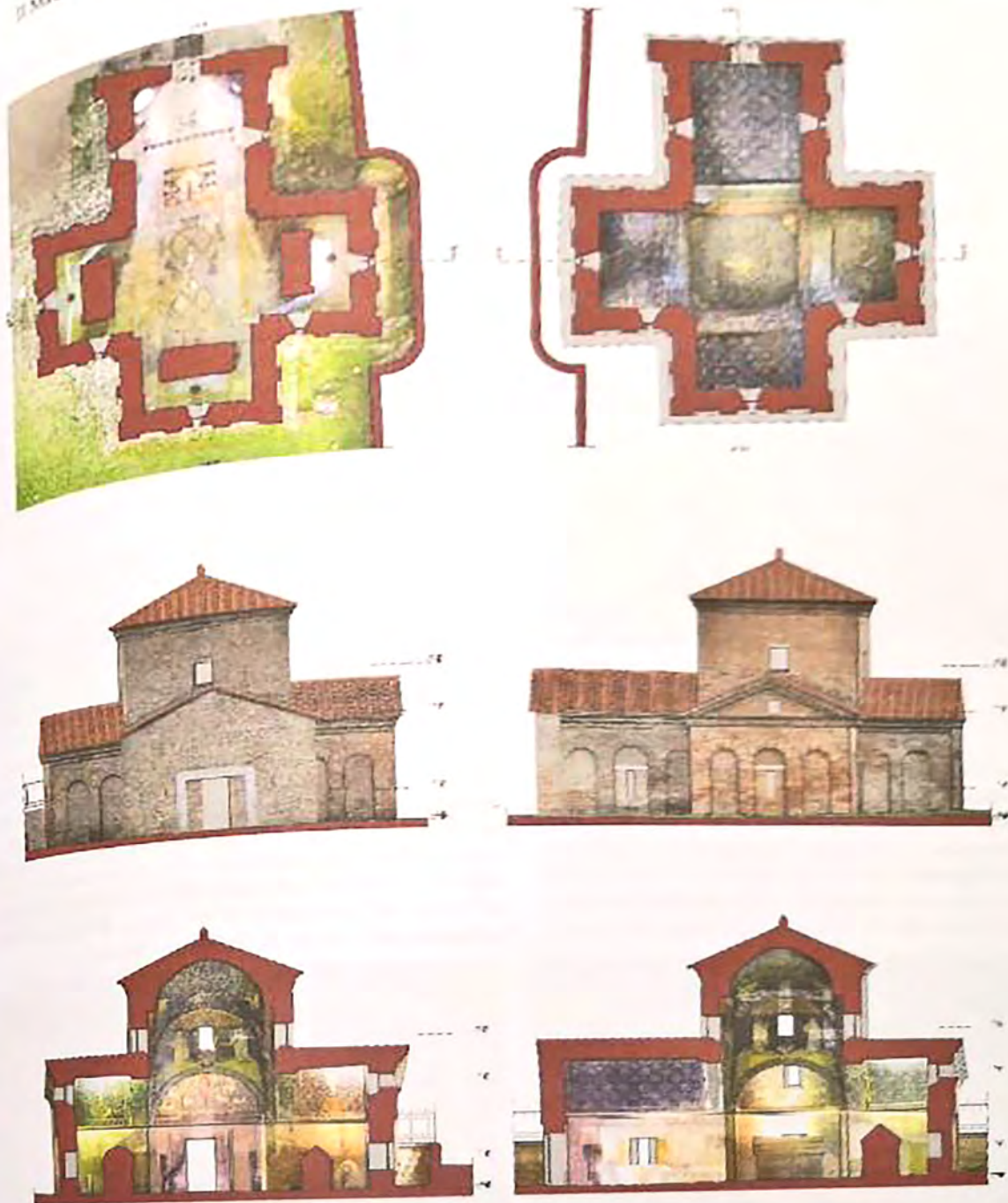


Figura 2. Pianta alla quota di +1.20 m; pianta delle volte (texture dalla fotogrammetria digitale M. Incerti); restituzione materica dei prospetti Nord e Ovest (texture dalla fotogrammetria digitale M. Incerti); restituzione materica delle sezioni AA' e BB' (texture dalla nuvola di punti M. Incerti) (restituzione complessiva G. Lavoratti).

#### 4.2. I livelli del pavimento

Grazie ai restauri (Iannucci, 1995, p. 71; Ricci, 1914, p. 6) è stato possibile individuare il livello originale della pavimentazione posta ad una quota di -1,4 m. rispetto a quella attuale. A causa degli importanti fenomeni di subsidenza (che hanno causato il sollevamento della falda) non è stato più possibile ripristinare le altezze iniziali e, per questa ragione, le proporzioni dello spazio attuale sono profondamente mutate rispetto alle antiche intenzionalità progettuali (Figs. 3 e 4).



Figura 3. Render dell'interno, stato attuale (S. Giannetti).

#### 4.3. Le finestre e la luce

Un'attenzione particolare è stata riservata alle strette finestre dell'edificio riaperte con i restauri effettuati nel secolo scorso (Iannucci Anna Maria, 1995, p. 69), al fine di valutare la presenza di intenzionali significati arcaicoastronomici. A questo proposito è necessario ricordare che, nello studio di questi elementi, occorre elaborare i dati di rilievo con il massimo rigore,



Figura 4. Render dell'interno con la ricostruzione del livello dell'antico pavimento (-1.40 m.). A mezzogiorno del Solstizio d'Inverno i raggi di luce illuminano la porta (render di S. Giannetti).

seguendo procedure e tecniche consolidate.

Il Mausoleo di Galla Placidia presenta oggi aperture organizzate su 3 ordini così ripartiti:

- 7 finestre nel livello più basso (2 Est, 3 Sud, 2 Ovest);
- 3 finestre sulle lunette (1 Est, 1 Sud, 1 Ovest);
- 4 finestre sul tamburo (1 Est, 1 Sud, 1 Ovest, 1 Nord).

Le bucaure sono oggi chiuse da splendide lastre in alabastro donate dal Re Vittorio Emanuele III nel 1914. Per la natura del materiale che le compone (che è parzialmente trasparente) le condizioni luminose certamente molto affascinanti, sono completamente mutate e con esse la lettura delle cromie: i raggi sono oggi fortemente filtrati e non è più possibile osservare il loro andamento sulle superfici con il passare del tempo.

A partire dagli elaborati grafici bidimensionali limitatamente alle finestre esposte a Sud, è stato possibile notare che:

- al mezzogiorno del Solstizio Invernale un fascio di luce illumina la porta dell'antico sacello alla quota di -1,4 m. (finestre della lunetta e della volta, Fig. 4);
- al mezzogiorno degli Equinozi il sole inizia ad entrare;
- al mezzogiorno del Solstizio Estivo i raggi solari riescono a penetrare all'interno dell'edificio in ragione della morfologia delle aperture.

Per verificare tale ipotesi è stato realizzato un modello digitale grazie al quale è stato possibile visualizzare l'originaria morfologia dell'edificio e i fenomeni astronomici sopra descritti. Lo stesso modello è diventato la base di partenza per comunicare, con strumenti contemporanei, i contenuti dello studio prodotto. Questo aspetto del lavoro, ancora in fase di sviluppo, permetterà in futuro di verificare la presenza di ulteriori effetti luminosi all'interno dello spazio sacro.





### k. Le ragioni geometriche e metriche

Il disegno delle misure della pianta dell'edificio sono correlati con il piede romano (0,2956 m., Dozzi e Morsiani, 2009, pp. 20-21) (Fig. 5). Il tracciamento delle due parti, non ortogonali tra di loro, non può essere dovuto ad un banale errore di costruzione: la pianta è infatti composta dalla combinazione di parallelogrammi decisamente molto più complessi da gestire in fase esecutiva rispetto a dei semplici rettangoli, soprattutto per la copertura (si pensi ad esempio alla realizzazione delle volte e della cupola). Che l'inclinazione tra i due bracci sia stata scelta è evidente allorché si sovrappone la griglia 43x50 di cui è evidente allorché si sovrappone il profilo esterno dell'edificio ad una griglia 43x50 di cui il lato è pari a 1 piede: i vertici della croce cadono, con approssimazione molto buona, sugli incroci della griglia (A, G, H, I, L) e, in alcuni casi, sulla loro griglia di  $\frac{1}{2}$  piede (B, C, D, E, F, M, vertici sovrapposti da un cerchio); l'approssimazione tra la figura teorica e quella rilevata è di 3,5 cm in media. I triangoli rettangoli utilizzati per impostare l'inclinazione delle pareti CB, DE, HI e ML hanno un rapporto tra i cateti costante, pari a  $\frac{1}{11}$ , mentre per il triangolo dell'abside il valore è di  $\frac{1}{19,15}$ . Questi dati geometrici e metrologici, insieme al dato arcaeoastrologico, possono supportare l'ipotesi che la rotazione dell'asse Est-Ovest rispetto a quello Nord-Sud sia una precisa condizione ricercata dagli antichi costruttori romani.

### k. Il cielo stellato: note iconografiche

Come è stato detto in precedenza, la celebre volta stellata, capace di coinvolgere ed emozionare

profondamente l'osservatore, è stata analizzata e descritta nella sua valenza di rappresentazione del cielo reale, ma anche di cielo mistico e simbolico, in relazione alla tradizione iconografica coeva (Ranaldi, 2011, pp. 20-42; Rizzardi, 2005, pp. 277-288; Swift e Alwis, 2010, pp. 193-217). È stato inoltre notato che le dimensioni delle 567 stelle dorate ad otto punte si riducono dall'imposta verso la chiave, espediente figurativo destinato ad amplificare percettivamente l'effetto prospettico naturale.

La struttura geometrica del cielo stellato è formata da 5 circonferenze concentriche da cui partono delle curve sferiche. All'interno del primo cerchio sono 7 stelle distribuite intorno alla croce (3 in basso a destra, 3 in basso a sinistra, 1 in alto a sinistra). La grande croce latina centrale è singolarmente ruotata di  $90^\circ$  rispetto all'asse del mausoleo: tale croce (simbolo di Cristo) ha infatti il braccio maggiore orientato nella direzione Est-Ovest in modo tale da costringere l'osservatore a volgere le spalle ad Ovest e lo sguardo verso Est per averne una visione correttamente orientata. La sua disposizione supporta e potenzia fortemente il suo significato evidente già nelle rappresentazioni di "Cristo-sole" della Cappella di Sant'Aquilino della basilica di san Lorenzo (Milano) e del Mausoleo dei Giulii (Roma). Sui quattro pennacchi sono, infine, le rappresentazioni dei quattro Evangelisti.

Ciascuna stella inoltre spicca su un intenso fondo blu composto da tessere disposte secondo cerchi circoscritti che, pur se non visibili ad occhio nudo, sono comunque in grado di evocare il movimento espansivo della luce.

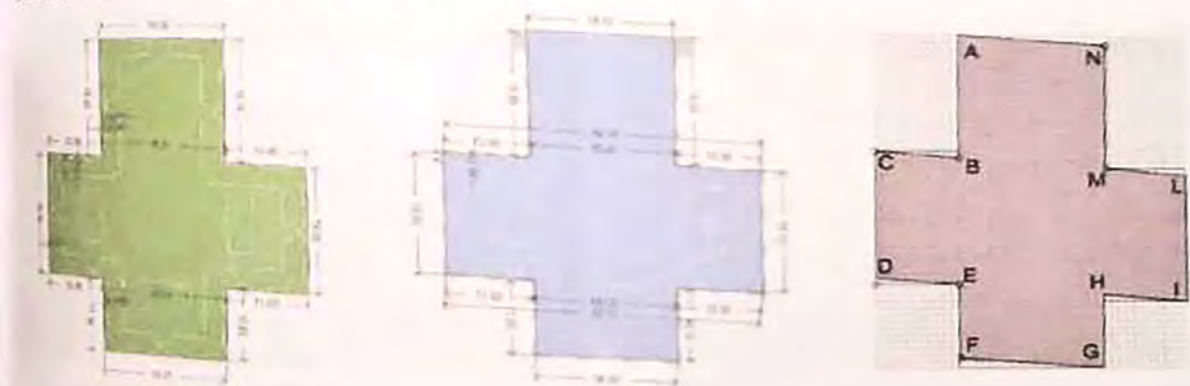


Figura 5. Partendo ad esempio dal filo più esterno, quello degli archetti su lesene, le dimensioni dei tre bracci minori sono 19x11 piedi; data la profondità delle lesene pari a  $\frac{1}{2}$  piede, il secondo filo verso l'interno restituisce invece un ingombro di 18x11 piedi (lo scarto dalla misura rigorosa è al massimo di circa  $\frac{1}{10}$  di piede, cioè 3 cm) (M. Incerti).



Tra i riferimenti iconografici suggeriti dagli storici è possibile ricordare le volte mosaicate di alcuni spazi sacri. Nel battistero di San Giovanni in Fonte (Napoli, V secolo, prima di Galla Placidia) la croce-monogramma (accoppiata con la lettera "rho") è al centro di un cielo stellato i cui astri, di vari colori, hanno 8 raggi a forma di petalo e terminano con un piccolo punto brillante. Nella Chiesa di Santa Maria di Casaranello (Lecce, V-VI secolo) il cielo presenta tre fasce di blu-azzurro digradante verso la croce circondata da una rigorosa composizione geometrica di stelle. Qui gli astri, di colore alternato, hanno 6 raggi a forma di petalo che terminano, ancora, con un piccolo punto brillante. Nel battistero di Albenga (Savona, 450 ca.) le stelle hanno 8 raggi e sono disposte secondo un andamento lineare che segue la linea d'imposta della volta a botte: al centro è un cristogramma ("chi" e "rho") ripetuto tre volte, circondato da 12 colombe. Nella chiesa di Sant'Apollinare in Classe (Ravenna, 549, dunque posteriore), nel catino absidale decorato con un cielo stellato è la famosa croce gemmata con il volto di Cristo: le stelle con 6 raggi sono qui di colore alternato.

Infine, tra le numerose immagini simboliche presenti nel mausoleo, occorre citare i due cristogrammi all'interno di una ghirlanda posti nelle volte a botte del transetto (lati est ed ovest). In merito a ciò è interessante notare che la medesima iconografia si ritrova in diverse monete di Galla Placidia (cristogramma all'interno di una ghirlanda d'alloro, segno di vittoria). Altra simbologia ricorrente nella monetazione a lei riferibile è, in ultimo, la croce latina sormontata da una stella (Gerke, 1966, pp. 163-204).

## 7. La geometria della cupola

La cupola del Mausoleo di Galla Placidia presenta una geometria complessa di difficile interpretazione. L'assenza di membrature architettoniche, e la caratteristica smussatura degli spigoli rende ardua l'individuazione delle generatrici e delle superfici che la caratterizzano.

Dall'analisi del rilievo laser-scanner, attraverso la costruzione di un modello mesh ottenuto triangolando la nuvola di punti, è possibile apprezzare meglio la geometria e condurre analisi di maggior dettaglio, quali si evidenzia che:

1. la cupola è caratterizzata da una calotta leggermente rialzata;
2. l'imposta, come accennato di difficile individuazione, sembrerebbe essere posta alla quota delle chiavi dei quattro archi che inquadrano il tamburo;
3. le sezioni parallele della cupola, perpendicolari all'asse, presentano un andamento incerto. Quelle realizzate alla quota dell'imposta, appaiono come quadrilateri (parallelogrammi) con i vertici arrotondati, quelle in prossimità del colmo sono perfettamente circolari.

Così come descritta, la cupola sembrerebbe essere stata costruita mediando tra il parallelogramma del tamburo e la circonferenza della cupola, creando un'interfaccia superficie continua, differente dalla classica struttura poggiate su quattro pennacchi. Eppure, è evidente che ad una prima osservazione, che le stelle disposte su questo elemento architettonico, in assenza di altri riferimenti, viste dal basso appaiano come disposte su un elemento perfettamente emisferico.



Figura 6. La proiezione ortogonale estratta dal modello mesh testurizzato acquisito tramite processo di foto-modellazione. Le stelle non appartengono a piani paralleli, ma presentano un andamento "festonato". Queste curve sono generate dall'intersezione tra i coni e la superficie della cupola (S. Giannetti).





Figura 7. Il diametro della semisfera teorica è uguale a 12,5 piedi romani. Il centro di proiezione (l'antipolo della proiezione stereografica) è collocato a 6,25 piedi dal piano di proiezione. Nella sfera teorica le spirali dovrebbero coincidere con curve assai regolari, ma data l'irregolarità della cupola reale, queste non hanno una geometria definita nello spazio (S. Giannetti).

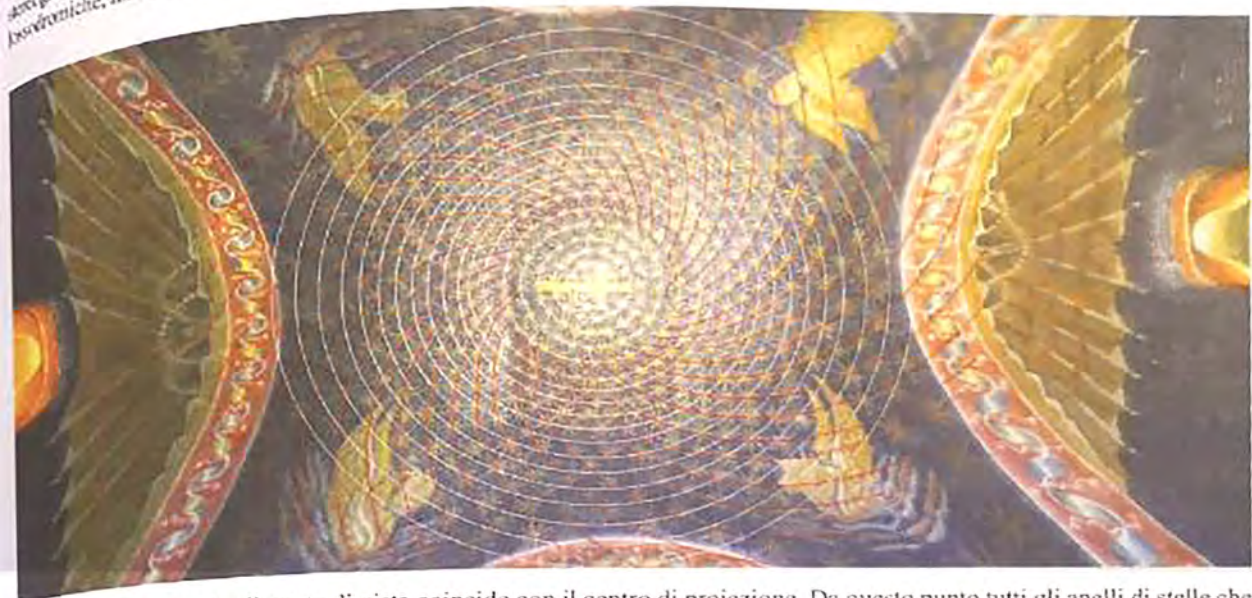


Figura 8. In questa immagine il punto di vista coincide con il centro di proiezione. Da questo punto tutti gli anelli di stelle che nello spazio sono irregolari appaiono perfettamente circolari (S. Giannetti).

Date queste premesse, è evidente che l'unica tecnica per disporre le stelle, sulla superficie descritta in precedenza, affinché queste appaiano all'osservatore regolarmente distribuite su di una semisfera, sia una proiezione.

Una prova di questo assunto risiede nella distribuzione delle stelle nello spazio. Dal modello mesh texturizzato risultante dal processo di fotogrammetria digitale, sono state estratte le proiezioni ortogonali. Analizzando una qualsiasi sezione lungo un piano passante per l'asse della cupola, è evidente come le stelle non giacciono su piani paralleli, ma siano distribuite secondo corsi, che si possono definire "festonati" (Fig. 6). Queste curve

sono ottenute dall'intersezione tra i coni (che hanno i vertici coincidenti nel centro di proiezione e le direttrici nelle circonferenze giacenti sul piano di imposta) e la superficie complessa della cupola (Fig. 7). L'intersezione è la stessa che è stata utilizzata per descrivere le "corde blande" della cupola di Brunelleschi a Firenze. Nella proiezione ortogonale dal basso, se in prossimità del colmo della calotta la distribuzione delle stelle è perfettamente circolare, avvicinandosi all'imposta queste risultano distribuite secondo i lati di un parallelogramma (in modo apparentemente casuale). A questo punto, esclusa la proiezione ortogonale, l'unica altra proiezione che permetta di disporre le stelle sulla superficie è una proiezione centrale (Fig. 8).



L'individuazione del centro di proiezione non è banale. Per prima cosa si è reso necessario ipotizzare la quota di questo punto: dalle osservazioni condotte in precedenza riguardo "il giro" di stelle prossimo all'imposta e da ulteriori analisi condotte sul modello texturizzato, è chiaro che la quota del centro deve essere maggiore dell'attuale punto di osservazione (e quindi di quello storico), infatti più il centro di proiezione si allontana dalla sfera più questo ultimo giro di stelle tende a divenire quadrato.

Alcuni studi, in particolare quello condotto da Maria Teresa Bartoli (Bartoli, 1994, pp. 51-62) sulla cupola del Pantheon, si sono occupati del disegno dei lacunari delle cupole romane, notando che questi venivano realizzati attraverso una proiezione stereografica polare. Per verificare se anche la cupola stellata ravennate sia stata realizzata mediante questa proiezione centrale, è necessario ipotizzare il diametro della semisfera teorica: in questo caso pari a quello della cupola reale alla sua imposta, 12,5 piedi romani; di conseguenza, il centro di proiezione è collocabile a circa 6,25 piedi da "l'equatore" della sfera ovvero dal piano di imposta precedentemente descritto. Collocando il punto di vista nel centro, si osserva che tutti "i giri" di stelle, nella realtà irregolari, divengono perfettamente circolari. Non solo, nella proiezione stereografica polare le curve lossodromiche della sfera appaiono sul piano come spirali logaritmiche con un buon grado di attendibilità fino al quinto cerchio di stelle a partire dalla croce.

Infatti all'interno di questo sembra che le stelle siano disposte su circonferenze concentriche, non sono allineate lungo spirali.

La ragione della proiezione, a parere dello scrittore, è evidente dal risultato finale descritto in precedenza: stelle così disposte incrementano l'effetto decorativo della cupola.

### 8. I modelli digitali per la ricerca, la verifica e la disseminazione

Quest'ultima parte del contributo fa parte delle sperimentazioni condotte dal gruppo di ricerca (Lunelli, 2016a; Incerti, Lavorati e Lunelli, 2016b) sulla modalità della comunicazione multimediale, in particolare e non, basata su modelli virtuali come strumenti di *edutainment* per la fruizione di beni culturali, in artefatti.

La ricostruzione tridimensionale del Mausoleo di Gallia Placidia è stata impostata con l'obiettivo di verificare e comunicare, attraverso operazioni simulate, i dati precedentemente raccolti dal rilievo archeologico. Individuando il software Rhinoceros quale possibile applicativo, il contributo alla ricerca si è primariamente applicato nella creazione di un modello sufficientemente rappresentativo della struttura architettonica, senza che si perdessero quelle informazioni - formali e dimensionali - più strettamente connesse alle valutazioni oggetto della ricerca stessa. In altri termini

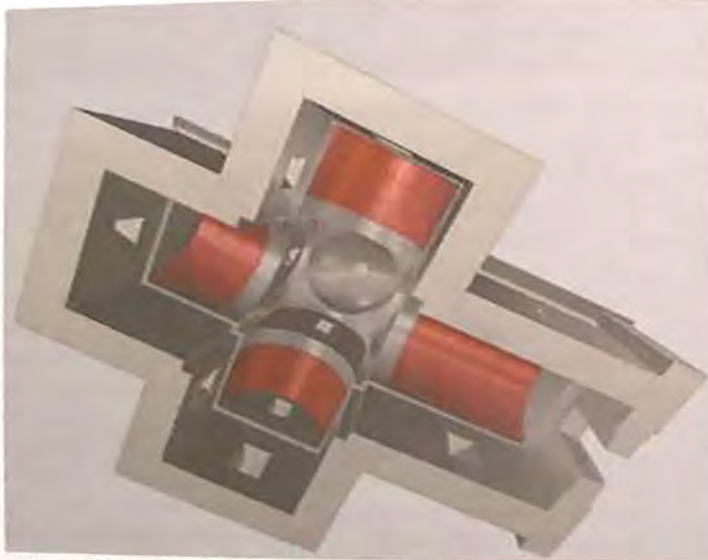


Figura 9. Modello digitale del Mausoleo di Gallia Placidia: vista dal basso (sinistra) e di dettaglio (destra) delle superfici di copertura (S. D'Amico).



è il tentativo di rimodellare caratteri geometrici e mensuri in una forma discretizzata, offrendo peraltro uno strumento d'indagine certamente più agile (Fig. 9).

Questo intendimento ha indubbiamente determinato il senso, ovvero la capacità descrittiva del modello digitale, che resta assolutamente efficace anche nello studio dei tratti più peculiari della forma architettonica del mausoleo. Senza affrontare qui una schematica dettagliata, valga però l'occasione per sottolineare, ancora una volta, quanto la modellazione tridimensionale assistita rivesta un ruolo non semplicemente strumentale ma, nondimeno, irrinunciabile. Solo a titolo d'esempio, si rammenti quella caratteristica emblematica del monumento di Galla Placidia, leggibile nel suo schema distributivo e corrispondente all'evidente slittamento che, lungo l'asse longitudinale, manifestano le due rispettive parti, orientale ed occidentale, del fabbricato. Questa mancanza del disegno planimetrico genera conseguenze adattamenti nella definizione geometrica e conseguenti adattamenti nella definizione geometrica delle superfici interne di copertura: se dunque le volte a botte dei quattro bracci della croce latina hanno praticamente riproposto, durante la restituzione volumetrica, il loro condizionamento formale, la cupola centrale costituisce oggetto di particolare interesse. Il suo rilievo, infatti, non solo ha dichiarato una base d'imposta pressoché rombica ma anche un profilo verticale dalle curvature piuttosto variabili, per il caso del modellatore ha implementato, in fase di studio, le possibilità di controllo di questa variabilità. Appare evidente pertanto come, per la volumetria cupolare, possano ipotizzarsi forme geometriche generative che ne attestino la singolarità, tramite un sistematico e continuo raffronto tra le rappresentazioni bidimensionali di certi dati metrici (vane ed opportune sezioni) e la loro ricostruzione tridimensionale: questo è uno degli obiettivi della simulazione virtuale proposta. Altro dettaglio architettonico, la cui modellazione digitale ha indotto un ulteriore momento di ponderazione, coincide con la conformazione degli innesti tra i due differenti livelli di murature, quelle inferiori dei bracci e quelle superiori del corpo centrale contenente la cupola: derivata ancora dalla condizione planimetrica su descritta, la rotazione relativa, ancorché minima, tra questi due livelli parietali ingenera soluzioni di ricorrido, tra i piani di copertura soprastanti, non elementari. La rispettiva definizione, simulativa, tenta allora di chiarire i rapporti di planarità che presumibilmente si instaurano tra i tetti a falde dei quattro bracci della croce.

L'esperienza qui descritta, pur succintamente, ha rappresentato un banco di prova e riscontro, su largo spettro, di tutta una serie di opportunità notoriamente rese accessibili dalla modellazione digitale. Se la possibilità di affrontare le sequenze analitiche di un'indagine, riuscendo a gestire le complessità in una visione globale, appare traguardo già raggiunto grazie pure al contributo dell'informatica, nondimeno questo lavoro ha cercato di fare propria tale utilità. La scelta dei vari applicativi per il rilievo e la restituzione è stata determinata, in effetti, anche allo scopo di costituire un "bacino" di raccolta — e sistematizzazione — dei differenti dati che sarebbero man mano confluiti nell'alveo della ricerca; e tutte queste informazioni dopo le dovute verifiche, come detto, dovevano essere visualizzate, in virtù di quella necessità ultima, ma sostanziale, che è la comunicazione degli esiti conseguiti da una ricerca. Ecco allora che il modello digitale è diventato forma realmente rappresentativa, sia perché combinazione di dati comunque materiali, sia perché illustrazione di significati, diversi, non sempre chiaramente riconoscibili, sia perché narrazione di un patrimonio, architettonico, tecnico, culturale, simbolico.

## 9. Comunicare il patrimonio culturale

Il tema oggi ampiamente dibattuto della gestione e valorizzazione dei beni culturali passa necessariamente attraverso l'approfondita conoscenza dei singoli manufatti storici, step obbligato in vista di una loro corretta conservazione e salvaguardia. Come è noto, la strumentazione digitale attualmente utilizzata nel rilievo dell'architettura ed il *know-how* degli operatori impegnati nel prelievamento e nell'elaborazione dei dati, consentono la realizzazione di modelli virtuali sempre più aderenti al manufatto reale, che permettono di apprezzarne tutte le caratteristiche morfologiche, geometriche e cromatiche ed eseguire a posteriori tutte le letture ritenute necessarie. È convinzione ormai ampiamente condivisa nella comunità scientifica che il modello digitale non costituisca soltanto un comodo strumento di analisi a distanza del manufatto architettonico, ma rappresenti un importante mezzo di comunicazione e promozione del bene stesso, rendendolo di fatto fruibile ad un'utenza più ampia. L'accessibilità potenziata al manufatto architettonico, seppure in forma virtuale, ha negli anni aperto la strada a forme più avanzate di comunicazione del bene culturale, indirizzate tanto ad esperti quanto ad un sempre più vasto pubblico che, in forme diverse, si avvicina all'oggetto interrogandolo, estrapolandone

informazioni o semplicemente godendo della sua vista (Fig. 10).



Figura 10. Mausoleo di Galla Placidia (Ph. Incerti M.)

## 10. Conclusioni

I primi risultati della ricerca confortano le ipotesi che la forma geometrica della sua pianta, apparentemente irregolare, sia stata invece rigorosamente costruita appoggiandosi a una maglia quadrata di 1 piede romano, e che l'orientamento del transetto sia stato voluto anche per ragioni archeoastronomiche. Conoscenze geometriche di tipo più complesso sono state necessarie inoltre per il tracciamento del cielo stellato sulla cupola centrale che, pur non essendo riconducibile ad una geometria di tipo regolare, percettivamente viene letta come una semisfera grazie proprio alle 567 stelle e alla loro disposizione. Questo lavoro ci dimostra come gli strumenti digitali (IT) possano realmente innovare sia le modalità di indagine e di rappresentazione dell'architettura, sia della comunicazione e della divulgazione di contenuti stratificati e complessi (per questo di difficile appropriazione) come quelli archeoastronomici. I due modelli realizzati, mesh dalla nuvola di punti e ricostruzione discretizzata con modellatore, sono stati funzionali ai vari ambiti della ricerca, trovando tuttavia momenti di integrazione e di sintesi poiché, nella comunicazione per i beni architettonici, storici e culturali, il modello, la sua qualità, la sua resa materica e le modalità di realizzazione ricoprono ormai un ruolo centrale come suggerito dalle Carte di Londra e di Siviglia.

## Bibliografia

Bartoli M. T. (1994) "Scaneographia vitruviana: il disegno delle volte a lacunari tra rappresentazione e

- costruzione", *Disegnare, Idee, Immagini*, 9-10, pp. 11-62.
- David M. (2013) *La Basilica di Santa Croce: i contributi per Ravenna tardoantica*. Ravenna: Edizioni del Girasole.
- Docci, M. e Maestri, D. (2009) *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Bari: Laterza.
- Gerke F. (1966) "L'iconografia delle monete imperiali dall'Augusta Galla Placidia", *Corsi di cultura sull'arte ravennate e bizantina*, 13, pp. 163-204.
- Iannucci A. M. (1995) "Per una storiografia dei monumenti ravennati: il mausoleo di Galla Placidia", *Corsi di cultura sull'arte ravennate e bizantina*, 41, pp. 63-76.
- Incerti M. e Iurilli S. (2016a) "Virtuality and Multimedia for Digital Heritage: Schifanoia Palace and Its Hall of Months". In Ippolito A. et al. Eds., *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*. Hershey, PA: USA: IGI Global, pp. 288-315.
- Incerti M., Lavoratti G. e Iurilli S. (2016b) "Survey of archaeoastronomy and communication: the mausoleum of Theodoric in Ravenna (Italy)", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 4, pp. 437-446.
- Ranaldi A. (2011) "Dalla realtà sensibile all'astrazione. La volta stellata del mausoleo di Galla Placidia". In Kniffitz L. Ed., *Architettura e mosaico. Atti della Giornata di studi, Ravenna 9 ottobre 2010*. Ravenna: MAR - Museo d'Arte Ravenna, pp. 20-42.
- Ricci C. (1914) *Il mausoleo di Galla Placidia in Ravenna*. Roma: Calzone E.
- Rizzardi C. (2005) "Il cielo stellato del mausoleo di Galla Placidia". In: Pasi S. et al. Eds., *Studi in memoria di Patrizia Angiolini Martinelli*. Bologna: Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Dipartimento di Archeologia, pp. 277-288.
- Romano G. (1995) *Orientamenti ad sidera. Astronomici riti e calendari per la fondazione di templi e città. Un esempio a Ravenna*. Ravenna: Edizioni Esseggi.
- Swift E. e Alwis A. (2010) "The role of late antique art in early Christian worship: a reconsideration of the iconography of the "starry sky" in the "Mausoleum" of Galla Placidia", *Papers of the British School at Rome*, 78, pp. 193-217.





Jornadas de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de La Coruña. La Coruña  
1984

I Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla. Sevilla 1986

II Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica Universidad Politécnica de Madrid. El  
Escorial 1988

III Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad Politécnica de  
Valencia. Valencia 1990

IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Valladolid.  
Valladolid 1992

V Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Las Palmas  
de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria 1994

VI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Navarra.  
Pamplona 1996

VII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad del País  
Vasco. San Sebastián 1998

VIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad Politécnica  
de Cataluña. Barcelona 2000

IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de A Coruña.  
A Coruña 2002

X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Granada.  
Granada 2004

XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla.  
Sevilla 2006

XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad Politécnica  
de Madrid. Madrid 2008

XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad Politécnica  
de Valencia. Valencia 2010

XIV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Lusiada  
y Universidad de Valladolid. Oporto 2012

XV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Las  
Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria 2014

XVI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Alcalá.  
Alcalá de Henares 2016

XVII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Alicante.  
Alicante 2018

