



ASOCIACIÓN DE
PROFESORES DE
EXPRESIÓN
GRÁFICA
APLICADA A LA
EDIFICACIÓN

PENSAR DIBUJANDO

VALVERDE, CAÑIZARES, BARRERA, RODRÍGUEZ (EDS.)

Congresos UPV

Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023

<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/APEGA/APEGA2023>

The papers published in this volume have been peer-reviewed by the Scientific Committee

For this volume:

Cite as: Valverde Cantero, D.; Cañizares Montón, J. M.; Barrera Vera, J. A.; Rodríguez-Navarro, P. (2024). *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

© Scientific Editors

Valverde Cantero, D.
Cañizares Montón, J. M.
Barrera Vera, J. A.
Rodríguez-Navarro, P.

© papers: the authors

© **publishers** APEGA, edUPV (Universitat Politècnica de València), 2024.
edUPV Ref. 6798_01_01_01

ISBN: 978-84-1396-114-9

DOI: <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>



Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023

The reuse of the contents is allowed through the copying, distribution, exhibition and representation of the work, as well as the generation of derivative works as long as the authorship is acknowledged and it is cited with complete bibliographic information. Commercial use is not permitted and derivative works must be distributed under the same license as the original work.

Presentación

Con esta publicación se culmina el trabajo del congreso APEGA (Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación), cita bienal que reúne a los expertos y profesores del área que imparten docencia e investigan en las distintas Universidades y Escuelas de Europa y América, fundamentalmente. Sirve de vehículo para el intercambio de conocimiento y experiencias con el objetivo de fomentar, potenciar, orientar, desarrollar y promover la enseñanza de la EXPRESIÓN GRÁFICA en las titulaciones universitarias de Arquitectura Técnica, Ingeniería de Edificación y demás titulaciones del ámbito de la edificación.

En las quince anteriores publicaciones de APEGA se establecieron las bases con las que pretendemos la realización de proyectos conjuntos que permitan obtener resultados relevantes en el ámbito de la Expresión Gráfica en la Edificación, proyectos que contribuyan y conduzcan hacia una producción científica de calidad e interés internacional. La continuidad de estas publicaciones de resultados científicos durante tantos años atestigua el éxito de la iniciativa que no se vio interrumpida ni siquiera en años de pandemia y crisis.

En tiempos de inteligencia artificial y reuniones virtuales, la presencia física en los congresos, con oportunidad de discutir y defender propuestas en vivo y en directo, ofrece un nuevo valor a la investigación del que carecen los actualmente reinantes artículos de revistas. De ahí el interés de esta publicación que combina la evaluación del comité científico con la presentación y discusión de las propuestas entre congresistas y ponentes.

PENSAR DIBUJANDO es el lema elegido para la presente edición y propone una estructura transversal de las líneas temáticas de las comunicaciones. Se parte, como premisa, de que la imagen final, el dibujo, es para la expresión gráfica aplicada a la edificación, no tanto un fin en sí misma, sino un vehículo útil para el exhaustivo análisis y/o producción de lo representado; infiriéndose de ella que precisa, para alcanzar dicho objetivo, extraer la esencia de la realidad de forma previa a su dibujo o modelización.

Esta es la secuencia necesaria que pretende reflejar la publicación: desde la síntesis a la realidad, que es la que inspira tanto el lema del Congreso, PENSAR DIBUJANDO, como la estructura transversal establecida en la publicación.

Los editores

Editores

David Valverde Cantero

José Manuel Cañizares Montón

José Antonio Barrera Vera

Pablo Rodríguez-Navarro

Comité científico

Amparo Bernal López-Sanvicente, Universidad de Burgos, Spain

Andrés Martínez Medina, Universidad de Alicante, Spain

Antonio Almagro Gorbea, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Spain

Antonio Gámiz Gordo, Universidad de Sevilla, Spain

Antonio Miguel Trallero Sanz, Universidad de Alcalá de Henares, Spain

Daniele G. Papi, Universidad de Milán, Italia

David Valverde Cantero, Universidad de Castilla – La Mancha, Spain

Eloi Coloma Picó, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain

Giorgio Verdiani, Università degli Studi di Firenze, Italia

Giuseppe Amoroso, Politecnico di Milano, Italia

Jorge Llopis Verdú, Universitat Politècnica de València, Spain

Jorge Luis García Valldecabres, Universitat Politècnica de València, Spain

José Antonio Barrera Vera, Universidad de Sevilla, Spain

José Manuel Cañizares Montón, Universidad de Castilla – La Mancha, Spain

Juan Calduch Cervera, Universitat d'Alacant, Spain

Lindy Osborne, Queensland University of Technology, Australia

Mercedes Valiente López, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

Norena Martín-Dorta, Universidad de La Laguna, Spain

Pablo Rodríguez-Navarro, Universitat Politècnica de València, Spain

Per Cornell, University of Gothenburg, Suecia

Pilar Chías Navarro, Universidad de Alcalá, Spain

Roberta Spallone, Politecnico di Torino, Italia

Santiago Llorens Corraliza, Universidad de Sevilla, Spain

Simon Bell, Coventry University, Reino Unido

Stefano Bertocci, Università degli Studi di Firenze, Italia

Tomás Abad Balboa, Universidad de Alcalá, Spain

Índice

REPRESENTATION AND PERSONALIZATION OF SPACE IN SCHOOL CLASSROOMS	1
<i>Sebastián Alcaraz García, Amparo Verdú-Vázquez, Tomás Gil-López</i>	
EXPLORING ENVIROMENTAL AWARENESS IN THE CLASSROOM THROUGH GRAPHIC EXPRESSION: PERCEPTIONS FROM PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL STUDENTS	13
<i>Sebastián Alcaraz García, Amparo Verdú-Vázquez, Tomás Gil-López</i>	
ARCHITECTURAL SURVEY TECHNIQUES APPLIED TO SACRED TEXTILE ART	24
<i>Daniel Antón, Miguel León-Muñoz, Margarita Infante-Perea, Juan Jesús Martín-del-Río, Concepción Cantillana-Merchante</i>	
THREE-DIMENSIONAL EXPLORATION OF THE COSMIC CITY BY IANNIS XENAKIS	35
<i>Felipe Asenjo Álvarez, Susana Moreno Soriano, Diego García Cuevas, Jorge Cerdá Inglés</i>	
THE GRAPHIC EXPRESSION APPLIED TO BUILDING IN THE CURRICULAR SUSTAINABILIZATION PROCESS	43
<i>Amparo Bernal López-Sanvicente</i>	
THE DESIGN FOR THE KNOWLEDGE AND TRANSFORMATION OF REALITY	52
<i>Emanuela Borsci</i>	
CHATGPT. IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA Y EDIFICACIÓN	62
<i>Elena Cabrera Revuelta, José Antonio Barrera Vera, Ángel José Fernández Álvarez</i>	
SURVEY OF LINEAR CONSTRUCTIONS WITH PORTABLE DYNAMIC LASER SCANNER SYSTEMS (WMMS). OPTIMISATION OF THE PROCESS TO OBTAIN THE GEOMETRY OF A SECTION OF THE USSEIRA AQUEDUCT, PORTUGAL	70
<i>Francisco Javier Chorro Domínguez, María José Marín Miranda, Paula Redweik, José Juan de Sanjosé Blasco</i>	
EXPERIENTIAL CARTOGRAPHIES: MAPPING THE SENSORY, THE AFFECTIVE AND THE DYNAMIC	78
<i>Virginia De Jorge Huertas, Raúl Torres Guzmán</i>	
DISCOVERING BEAUTY. ARCHITECTURE IN THE CHURCHES OF THE PROVINCE OF CUENCA	89
<i>Juan José de Julián Muelas</i>	
THE BUILDINGS OF THE 1929 EXHIBITION AS INSPIRATION FOR THE DESIGN OF THE GATEWAYS OF THE SEVILLE APRIL FAIR	101
<i>Pablo Díaz Cañete, M. Luz Saracho Villalobos, M. Dolores Rincón Millán, Rafael Esteve Pardal</i>	
HBIM APPLIED TO THE DOCUMENTATION OF ALTARPIECES. THE ALTARPIECE AS A DIDACTIC RESOURCE	112
<i>Silvia Díaz Parrilla, Antonio Jesús Sánchez Fernández</i>	
MORPHOLOGICAL MODELS IN AUTOCAD WITH BIM METHOD FOR CIVIL ENGINEERING	122
<i>Andrea Donelli</i>	

CHROMATIC RECOVERY STUDY OF THE CHAPEL OF SAN ANTONIO DE PADUA OF THE HERMITAGE OF THE VIRGEN DE LA HUERTA, (ADEMUZ) VALENCIA	132
<i>María de los Ángeles Dorantes Lámbarri, Ana Torres Barchino, Irene de la Torre Fornés</i>	
TEARS OF ARCHITECTURE. MICROGRAPHS OF INTANGIBLE SPACE	141
<i>María I. Fernández Naranjo, Tomás García García</i>	
ANALYSIS OF THE WORK OF FRAY LORENZO DE SAN NICOLÁS IN TALAVERA DE LA REINA	153
<i>Josefina García-León, Josefa Ros Torres, Jaime Fernández Vázquez, Miguel García Córdoba</i>	
ADVANCES IN LEARNING BASED ON PROJECT MANAGEMENT APPROACHES APPLIED TO THE TEACHING OF ARCHITECTURAL DRAWING I	162
<i>Jorge García Valldecabres, Jorge Girbés Pérez, María Concepción López González</i>	
THE GRAPHIC SURVEY OF THE HERITAGE CERAMIC PAVEMENT OF THE 16TH CENTURY TO THE PAVEMENTS OF THE 20TH CENTURY	171
<i>Jorge Girbés Pérez, María Concepción López González, Jorge García Valldecabres</i>	
GRAPHIC SURVEY AND ARCHITECTURAL ANALYSIS OF THE NORTHERN DOORWAY OF THE CHURCH OF SAN MIGUEL DE JEREZ DE LA FRONTERA (CÁDIZ)	181
<i>José María Guerrero Vega, Miguel Redondo Redondo</i>	
FROM TRADITION TO MODERNITY, LE CORBUSIER'S SKETCH AS A TOOL TO DESIGN THE CAPITOL OF CHANDIGARH	189
<i>Álvaro Hidalgo Núñez, Francisco Antonio Hidalgo Núñez, Marina Sender Contell, Santiago Lillo Giner</i>	
LANDSCAPE AS THE BASIS OF ARCHITECTURE	196
<i>Francisco Hidalgo Núñez, Álvaro Hidalgo Núñez, Marina Sender Contell, Santiago Lillo Giner</i>	
ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE TEACHING OF GRAPHIC EXPRESSION	205
<i>Pablo Juan Gutiérrez, Sergio García Doménech, Ramón Maestre López-Salazar</i>	
THE "PORTAL DEL MAR" OF VALENCIA. A FORTIFIED ACCESS TO THE CITY	213
<i>Santiago Lillo Giner, Francisco Hidalgo Núñez, Álvaro Hidalgo Núñez, Manuel Giménez Ribera</i>	
THE NECESSITY OF DRAWING FOR THE DOCUMENTATION AND TEACHING OF CONSTRUCTION. OF CONSTRUCTION. THE BEGINNING OF ARCHITECTURAL TREATISES IN SPAIN	223
<i>Santiago Llorens Corraliza</i>	
THE RELIGIOUS HERITAGE OF RECONQUISTA. CASE STUDY	234
<i>María Concepción López González, Jorge García Valldecabres, Jorge Girbés Pérez</i>	
NATURAL LIGHTING IN A RENAISSANCE TEMPLE	242
<i>María Jesús Máñez Pitarch, José Teodoro Garfella Rubio</i>	
GRAFIC SURVEY METHODOLOGY WITH LASER DISTANCE METER. THE HELICAL STAIRCASE OF THE CHURCH OF SANTIAGO. CÁCERES	251
<i>María José Marín Miranda, Francisco Javier Chorro Domínguez, Antonio Romero Casado, Juan Saumell Lladó</i>	
EXPERIENCES OF THE TRANSITION PROCESS TOWARDS THE CAPTURE AND GRAPHIC REPRESENTATION OF PRECISION IN BUILDING	260
<i>Alexander Martín-Garín, Iñigo León-Cascante, María Senderos-Laka, José Javier Pérez-Martínez</i>	

ANALYSIS AND TERRITORIAL EVALUATION THROUGH SOCIAL-HOUSING SPATIAL SEGREGATION AND GIS USE APPLIED TO THE CITY OF CHOLUTECA (HONDURAS)	270
<i>Francisco Maza Vázquez, Nadia Melissa Cruz Elvir</i>	
GEOMETRIC DECISIONS FOR THE PARAMETRIC DESIGN OF AN EXPERIMENTAL STRUCTURE. A CASE STUDY OF THE ARCHIMEDEAN PAVILION	278
<i>Roberto Narváez-Rodríguez</i>	
DRAWING, DESIGN, SURVEYING: COGNITIVE PATHS FOR THE ANALYSIS OF AN ELEVATED RAILWAY STATION IN ITALY	289
<i>Caterina Palestini, Giovanni Rasetti, Lorenzo Pellegrini</i>	
3D REPOSITORY FOR THE ENHANCEMENT OF THE CULTURAL ROUTE OF JAIME I IN VALENCIA	299
<i>Francesca Picchio, Luis Cortés Meseguer, María Concepción López González, Jorge García Valldecabres, Alberto Pettineo, Anna dell'Amico, Fu Hangjun, Francesca Galasso</i>	
STUDIES ON CARTOGRAPHY AND SPATIAL INFORMATION SYSTEMS AS KNOWLEDGE RESOURCES NEEDED IN BUILDING AND ARCHITECTURE DEGREES	310
<i>Miguel Redondo Redondo, José María Guerrero Vega</i>	
DIGITAL SURVEY TECHNOLOGIES IMPLEMENTED IN VIRTUAL REALITY: MONASTERY OF SAN JERÓNIMO DE BUENAVISTA IN SEVILLE	320
<i>Fernando Rico Delgado, Pablo Díaz Cañete, M. Rosario Chaza Chimeno, Jorge Veiga Castro</i>	
METHODOLOGIES FOR THE COMPREHENSIVE GRAPHIC SURVEY OF CASTLES LOCATED IN COMPLEX SITES	330
<i>Pablo Rodríguez-Navarro, Teresa Gil-Piqueras, Alba Soler Estrela</i>	
COMPUTATIONAL METODOLOGIES FOR THE ARCHITECTURAL SURVEY OF THE HERITAGE	339
<i>Andrea Ruggieri</i>	
SURVEY AND REPRESENTATION OF FUNERARY ARCHITECTURES: THE EVANGELICAL CLOISTER IN THE CHARTERHOUSE OF BOLOGNA	352
<i>Michele Russo, Paolo Fregomeni, Sergio Cariani</i>	
INTERACTIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS: FROM MODELLING TO ARCHITECTURAL EXPLORATION	362
<i>Anna Sanseverino, Carla Ferreyra, Victoria Ferraris</i>	
THE URBAN AND ARCHITECTURAL RENEWAL OF GUADALAJARA FIRST THIRD OF THE 20TH CENTURY	374
<i>Antonio Miguel Trallero Sanz, Antonio Miguel Trallero Arroyo</i>	
POPULAR EDUCATION IN ITALY THROUGH THE ILLUSTRATED PRESS OF THE EARLY 19th CENTURY	387
<i>Pasquale Tunzi</i>	
VIRTUAL REALITY: OPPORTUNITIES FOR IMPLEMENTATION IN THE AREA OF GRAPHIC EXPRESSION	397
<i>M. Mercedes Valiente López, Manuel Álvarez Dorado, Alicia Zaragoza Benzal, Carolina Piña Ramírez, Alejandra Vidales Barriguete</i>	
BUILDING INFORMATION MODELING FOR PRECAST CONCRETE COMPONENTS IN DEVELOPED NATIONS	406
<i>M. Mercedes Valiente López, Amirhossein Javaherikhah</i>	

REPRESENTACIÓN Y PERSONALIZACIÓN DEL ESPACIO EN AULAS ESCOLARES

REPRESENTATION AND PERSONALIZATION OF SPACE IN SCHOOL CLASSROOMS

Sebastián Alcaraz García^{ac}, Amparo Verdú-Vázquez^{bd}, Tomás Gil-López^{be}

^a Colegio Internacional Kolbe, Madrid, Spain

^b Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

^c sj.alcaraz@gmail.com, ^d amparo.verdu@upm.es, ^e tomás.gill@upm.es

How to cite: Alcaraz García, S.; Verdú-Vázquez, A.; Gil-López, T. (2024). *Representation and personalization of space in school classrooms*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 1-12.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Los espacios de uso docente han de dar soporte a diferentes metodologías didácticas en una gran variedad de contextos educativos. Por esta razón han de que contar con la capacidad de adaptarse a las necesidades y gustos de sus usuarios. El aula no puede considerarse entonces como un recurso estático, sino que debe ser cuestionada y transformada. En este proceso, la observación y representación del espacio físico supone el primer paso para conocer el medio y sus posibilidades, tras el cual la conciencia da paso a una actitud crítica y a la búsqueda de soluciones.

El objetivo de esta investigación es conocer cómo perciben sus aulas los propios usuarios y cómo desearían que fueran. Para ello acudimos a un centro educativo de la Comunidad de Madrid (España) con una tipología de aula tradicional y preguntamos a los alumnos de primaria y secundaria cómo imaginan su aula ideal. La metodología combina la recogida de datos a través de entrevistas grupales con las representaciones gráficas de los espacios imaginados. Los resultados son analizados de forma cualitativa y cuantitativa, complementándose unos y otros.

Las conclusiones no solo apuntan hacia aspectos estéticos o de personalización del espacio físico, sino que señalan otros ámbitos como el uso que se hace de las aulas o el bienestar de los propios alumnos. Por ello, es necesario tomar en serio las opiniones de los actores de los procesos de aprendizaje e investigar metodologías que sirvan para incorporarlas a los procesos de diseño.

Palabras clave: Aula, Percepciones, Expresión Gráfica, Bienestar, Aprendizaje.

Abstract

Teaching spaces must support different teaching methodologies in a wide variety of educational contexts. For this reason, they must be able to adapt to the needs and tastes of their users. The classroom cannot be considered as a static resource but must be questioned and transformed. In this process, the observation and representation of the physical space is the first step in getting to know the environment and its possibilities, after which awareness gives way to a critical attitude and the search for solutions.

The objective of this research is to know how the users themselves perceive their classrooms and how they would like them to be. To this end, we went to an educational center in the Community of Madrid (Spain) with a traditional classroom typology and asked primary and

secondary school students how they imagine their ideal classroom. The methodology combines data collection through group interviews with graphic representations of the imagined spaces. The results are analyzed qualitatively and quantitatively, complementing each other.

The conclusions point not only to aesthetic aspects or personalization of the physical space, but also to other areas such as the use made of the classrooms or the well-being of the students themselves. It is therefore necessary to take seriously the opinions of those involved in the learning process and to investigate methodologies that can be used to incorporate them into the design process.

Keywords: Classroom, Perceptions, Graphic Expression, Wellbeing, Learning.

1. Introducción

Los niños y adolescentes españoles pueden llegar a pasar siete horas al día en un centro escolar, de las cuales gran parte del tiempo estarán en un aula. Por ese motivo, el listón de los requisitos exigibles a los espacios de uso docente debería estar muy alto. Han de dar soporte a diferentes metodologías educativas, motivar, alimentar la curiosidad y el trabajo en equipo. Además, tienen que estar dotados de los medios tecnológicos adecuados para acompañar y facilitar los procesos de aprendizaje. Asimismo, deben procurar el bienestar de quienes los habitan, desde un punto de vista físico y psicológico, y al mismo tiempo, ayudar a promover interacciones positivas y comportamientos sostenibles.

Por si fuera poco, dada la variedad de contextos y enfoques educativos, todo lo anteriormente descrito implica que un aula tendrá que contar con la capacidad de adaptarse a las necesidades educativas y gustos personales de sus usuarios. El aula se debe contemplar, por tanto, como un recurso dinámico que debe ser cuestionado y transformado por docentes y discentes. Para llegar a este fin, se hace necesario aumentar la conciencia del espacio físico mediante actividades de observación y representación del mismo.

1.1. Aulas de educación primaria y educación secundaria

Los entornos de aprendizaje constituyen un foco de interés desde hace décadas para pedagogos, psicólogos y arquitectos. Llegar a entender las interacciones que se producen entre el espacio físico y sus habitantes puede conducir en el caso de las escuelas a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje que tienen lugar en ellas [1, 2]. Como resultado de investigaciones llevadas a cabo desde diversos campos surgen interesantes propuestas espaciales y organizativas de las aulas, aunque hoy en día parecen tener más difusión aquellas centradas en las etapas de educación infantil y primaria [3]. En efecto, en estas aulas es frecuente reconocer un interés por el espacio físico a través de criterios de diseño coherentes con su uso pedagógico (Fig. 1a). Sin embargo, al llegar a la educación secundaria los estudiantes suelen encontrar un panorama bien distinto en el que el espacio físico no parece reflejar las necesidades o gustos de sus usuarios ni facilitar el uso de otras metodologías de aprendizaje distintas de la lección magistral (Fig. 1b). Este hecho se hace particularmente evidente en centros que imparten enseñanzas en todas las etapas. A pesar de que las aulas tienen dimensiones y características constructivas similares, se puede apreciar que la estética y su organización difieren por completo.

En el caso de la clase de primaria la disposición del aula responde a una metodología por rincones en la que distintas estaciones de trabajo aglutinan recursos didácticos y ayudas al aprendizaje al alcance de los escolares. La presencia del color, por ejemplo, ayuda a diferenciar zonas y actividades. Podemos afirmar que la estética resultante es fruto de una concepción activa del aprendizaje y de una personalización que pretende propiciar el bienestar, la autonomía y la motivación del alumnado.

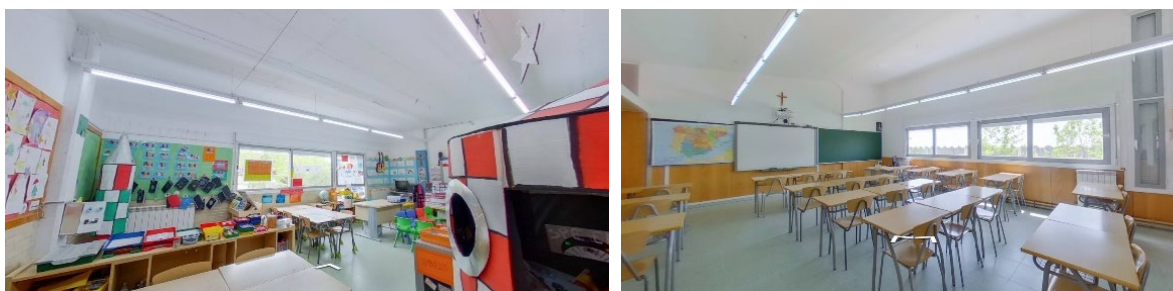


Fig. 1. (a) Aula de educación primaria. (b) Aula de educación secundaria

El aula de secundaria responde al modelo tradicional: pupitres y sillas orientados hacia una pizarra. Incluso el equipamiento tecnológico existente consistente en ordenador, altavoz y proyector refuerza la idea de un aprendizaje basado en la comunicación unidireccional. Cabe preguntarse si en este caso el currículo, las metodologías empleadas y la organización de la docencia son los configuradores de este espacio o si por el contrario, se ha generado sin una reflexión previa como fruto de ideas preconcebidas.

1.2. Flexibilidad espacial y personalización

La existencia de un alumnado cada vez más heterogéneo mueve a las leyes educativas a basarse en principios personalización del aprendizaje. En virtud de ello, la norma española otorga a los centros educativos una autonomía para organizar las enseñanzas de manera flexible y para adoptar las medidas organizativas y curriculares que consideren adecuadas en función de las características de su alumnado. Algunas de esas medidas, como los desdoblamientos de grupos o agrupamientos flexibles, tienen claras repercusiones espaciales en el dimensionamiento mínimo de las aulas. [4]. También se habla en la norma de garantizar la equidad y de una flexibilidad "para adecuar la educación a la diversidad de aptitudes, intereses, expectativas y necesidades del alumnado, así como a los cambios que experimentan el alumnado y la sociedad" [5].

La tarea de personalizar el aprendizaje se plantea como un reto complejo y que demanda una profunda transformación del sistema educativo. Dicha transformación implica adecuar las experiencias y recursos de aprendizaje a las necesidades e intereses individuales de los educandos [6]. En este sentido, el espacio del aula adquiere una dimensión trascendental, pues se requiere un entorno flexible que exhiba una mayor adaptabilidad, permitiendo a sus ocupantes una mayor capacidad de apropiación, a fin de utilizarlo acorde a sus requerimientos particulares [7].

Clever Classrooms es el estudio de impacto del diseño de espacios escolares en la escuela primaria que se ha tomado en muchas ocasiones como referencia por su envergadura y carácter holístico [8]. En él se estima que el impacto de los factores físicos en el aprendizaje es de un 16%. De ellos, el 28% tienen que ver con el concepto individualización. La dimensión de individualización o personalización está relacionada con la forma en que el aula se ajusta a las necesidades de un grupo de niños, con la flexibilidad en su uso y con el sentimiento de pertenencia que es capaz de generar. Este sentimiento de pertenencia viene determinado por dos factores: el grado en el que las características de la clase promueven el apego al lugar y el grado en el que el mobiliario y el equipamiento son confortables y apoyan el aprendizaje. La otra categoría, la flexibilidad, se mide por el grado en que la forma y superficie de la clase permiten a los alumnos desenvolverse cómodamente y, además por la adaptabilidad del espacio físico para facilitar distintos usos y actividades.

Dentro de las dimensiones mencionadas, muchos son los factores físicos relacionados con las posibilidades de uso del aula y con su estética. Por lo general, las aulas no se conciben en base a un proyecto artístico ligado al proyecto educativo. Sin embargo, una reflexión previa

acerca de cuáles son los valores que se pueden transmitir por medio del entorno revela que la cuestión va más allá de la mera decoración.

Por una parte, las paredes de las aulas pueden considerarse como recursos para introducir la alfabetización visual entre estudiantes y docentes. Educar la mirada es fomentar una visión más abierta respecto a lo que acontece a nuestro alrededor, lo cual implica una relación con el mundo más compleja que nos permite ver incluso aquello que queda entre líneas [9]. La experiencia estética es capaz de enriquecer y desarrollar la sensibilidad, pero al mismo tiempo tiene capacidad de mejorar la calidad de nuestra experiencia cotidiana personal y social, por estar íntimamente ligada a nuestros juicios, acciones y decisiones diarias [10]. Por estos motivos, la selección de imágenes que se muestran en las paredes del aula, así como la forma en que se exhiben, deben pensarse cuidadosamente,

Resulta necesario recalcar que los símbolos y objetos presentes en el aula influyen también en el rendimiento del estudiante y en su conexión o atracción hacia el espacio de aprendizaje [11]. Pero además el contenido de lo expuesto puede ser tanto una forma de expresión personal como un vehículo para la transmisión explícita o implícita de valores.

La identidad de las personas y su pertenencia a un grupo o una institución se puede fomentar a través de la expresión personal y de los valores compartidos. La construcción de la identidad puede estar ligada al espacio. La escuela es un lugar en el que los adolescentes aprenden a negociar identidades y a construir otras nuevas [12]. En este sentido, la personalización del espacio supone una forma de expresión personal de la propia identidad. No nos referimos únicamente a una adaptación funcional sobre el modo de organizar el mobiliario del aula. Se trata de una personalización entendida como capacidad para manipular el ambiente a los propios gustos y se puede manifestar en la estética del aula o del mobiliario. Cuando un aula carece de personalidad no puede llegar a ser un símbolo de pertenencia para los estudiantes, igual que para los ciudadanos de un país lo son sus monumentos.

Pero conjugar la expresión personal con la comunitaria no es tarea sencilla. Sin embargo, para desarrollar valores democráticos y de convivencia es necesario acometer esa tarea y construir espacios docentes que incorporen la perspectiva del alumnado. Integrar sus propuestas supone una ocasión para contribuir a propiciar un diálogo más fluido y un mayor sentido de pertenencia e identidad entre ocupantes y el espacio que habitan. Al mismo tiempo, el proceso de transformación de un aula para adaptarlo a sus gustos puede suponer en los adolescentes una ocasión para reflexionar sobre la convivencia y encontrar aquello que les une o representa. Llegar a un acuerdo en la estética del aula tendría el potencial de revelar la imagen que no sólo los alumnos tienen de sí mismos y de su entorno, sino de la calidad de relaciones y sentidos que supone la educación [13].

La creación de un clima inclusivo requiere respetar y prestar atención a las identidades de los estudiantes, combatir la segregación de grupos minoritarios y suscitar sentimientos de pertenencia entre los escolares [14]. En la creación de un entorno positivo, hay que valorar que los alumnos comprendan la necesidad de establecer unas normas consensuadas en un espacio y que sirvan de base para establecer un clima de cuidado en el que puedan sentirse bien [15]. Si la necesidad es la de fomentar en la comunidad un sentido de mayor pertenencia e identificación con la institución escolar, puede lograrse a través de espacios educativos en los que se cuida el diseño y la calidad de los materiales y en los que el alumnado tiene posibilidad de controlar y contribuir a enriquecer el ambiente [10].

El diseño de espacios habitables va más allá de la creación de unas condiciones mínimas de estabilidad y habitabilidad, como recuerda Renzo Piano (2010) en el I Congreso de Arquitectura Más por Menos. En su conferencia afirma que la arquitectura es “el arte de dar una respuesta a una necesidad”, de construir “cobijos sólidos para los humanos”, pero al mismo tiempo es “el arte de responder a los deseos, a los sueños, y ahí es donde la arquitectura se convierte en arquitectura de verdad” [16]. Por eso conocer el repertorio de requisitos del aula no basta. Antes de acometer cualquier proceso de transformación, es fundamental saber qué opinan los estudiantes de sus aulas actuales. La identificación de sus

necesidades es el paso previo a la búsqueda de soluciones. Estudios que recogen la opinión del alumnado de educación primaria afirman que los escolares anhelan espacios frescos, conectados con la naturaleza, atractivos, cómodos y acogedores, en los que el aprendizaje conviva con actividades lúdicas, el descanso y las relaciones sociales [17]. ¿Responden las aulas existentes a las expectativas de los adolescentes?

2. Metodología

El objetivo de este trabajo es determinar qué necesidades manifiestan los alumnos de distintas etapas en relación con el espacio del aula, evaluando su grado de satisfacción con el entorno, capturando sus percepciones y creencias.

Las necesidades a las que nos referimos podrían ser etiquetadas como necesidades espaciales, es decir, aquellas carencias percibidas por los alumnos que puedan ser satisfechas, aunque sea parcialmente, a través de las características físicas del aula. Bajo esta óptica, el aula se puede considerar como el recurso que contribuye a conseguir un mayor confort y calidad en los procesos de aprendizaje. También incluimos el equipamiento y las instalaciones que van a permitir a ese espacio cumplir su función.

Comenzamos planteando la pregunta: ¿qué elementos sobran, faltan o deberían permanecer en el aula, desde el punto de vista del alumnado? El registro de datos se hará principalmente mediante las producciones plásticas de los propios alumnos con el apoyo de cuestionarios individuales previos y entrevistas grupales posteriores a las sesiones. Tanto en esta etapa como en el análisis posterior se emplea el método de investigación educativa basada en las Artes Visuales [18].

Población

El estudio se lleva a cabo en un colegio concertado situado en la Comunidad de Madrid. De esta manera, se puede asegurar que las características socioeconómicas del alumnado sean similares, ya que podrían variar considerablemente de un tipo de centro a otro.

Participan en este estudio 70 alumnos de 4º, 5º y 6º de Educación Primaria y 97 de 1º y 2º de ESO. Los cursos elegidos permitirán analizar los resultados comparando los distintos momentos evolutivos del alumnado en esa etapa crucial de transición entre la niñez y la adolescencia.

Otro factor podría influir en la creatividad de los alumnos a la hora de imaginar su aula ideal: las características del aula existente. Teniendo en común los mismos sistemas constructivos, idéntica configuración espacial, dimensiones y acabados, queda registrado que las aulas de primaria reflejan el uso que se hace de ellas y evidencian la intención de crear una atmósfera que favorezca el bienestar y el aprendizaje. Las aulas de secundaria, por el contrario, presentan una organización más convencional y una apariencia más neutral e incluso desaliñada en ocasiones.

Recolección de datos

En una sesión previa de sensibilización se invita al alumnado a observar y reflexionar sobre el aula en la que pasan tanto tiempo al día. También se les hace conscientes de las distintas maneras que tienen de relacionarse con el entorno a través de los sentidos y del impacto que puede tener el espacio físico en nuestro ánimo, comportamiento o rendimiento escolar. De esta manera, se pretende que sus respuestas sean más matizadas y ricas en detalles.

Las preguntas lanzadas se agrupan en 3 bloques temáticos:

- Aprendizaje en el aula
- Bienestar en el aula

- El aula ideal. Cuestiones abiertas para reflexionar sobre los cambios que se deberían hacer para tener un aula más satisfactoria: lo que sobra, lo que te gusta y lo que falta.

En la siguiente sesión deberán realizar un ejercicio de creatividad. Para ello se propone una actividad que lleva como título "El aula ideal" en la que se invita a los alumnos a describir cómo sería el aula que les gustaría tener. La pregunta concreta es "¿Cómo sería tu aula ideal, aquella que puede ayudarte a sentirte mejor y a aprender más?". Se les dice que el objetivo es materializar y comunicar sus ideas a otros, por lo tanto, no deben obsesionarse con la perfección del dibujo sino esforzarse por expresarse. El formato en el que trabajarán será DIN A4, mientras que la técnica y el tipo de representación son libres. Los datos se recopilan a través de dibujos, en los que pueden aparecer textos o explicaciones de algunas de las ideas expresadas.

Para la realización de la prueba es importante mantener un grado de motivación, tanto al comienzo de la sesión como durante la misma. Antes de ponerse a trabajar, se les explica el valor de lo que van a hacer y se les hace ver que ellos son los expertos en la materia. Su opinión es importante porque más allá de implementar acciones inmediatas, podría ayudar a diseñar futuras aulas. Durante la sesión se les recuerdan las directrices iniciales y se le plantean preguntas abiertas de carácter inspirador.

Dado que generalmente trabajan agrupados, es lógico que exista un inevitable flujo de ideas entre unos y otros, dando lugar a diferentes versiones que conforman una visión compartida del aula.

3. Resultados y discusión

Los cursos cuyas producciones plásticas se analizan están comprendidos entre 4º de educación primaria (9-10 años) y 2º de ESO (13-14 años). Se trata de un periodo en el que la evolución de la expresión gráfica refleja los importantes cambios madurativos y de percepción del mundo. En una primera instancia se categorizaron los dibujos por edad, aunque con posterioridad se ha dado más valor a la temática.

En este análisis de los datos se busca identificar diferentes categorías de necesidades comunes a partir de los espacios y objetos representados. También resulta de interés el estudio de las posibles relaciones existentes entre el contenido y la forma de comunicarlo, mediante estilos, formas expresivas o representaciones espaciales diferentes.

Bienestar

El bienestar es sin duda la preocupación de los escolares que destaca sobre las demás. Nos referimos a aquellas necesidades relacionadas con su salud y bienestar en el aula.

Una escuela saludable debe ser un entorno en el que se promueva el bienestar físico, emocional y social, tanto en el plano individual como en el colectivo [19]. Estas tres dimensiones podrían sintetizarse de la siguiente manera:

- Física. Salud general y adopción de hábitos de vida saludables.
- Psicológica. Satisfacción con la vida, sentido del propósito, autoconciencia y ausencia de problemas emocionales.
- Social. Las relaciones de estudiantes con la familia, compañeros y docentes.

Los elementos deseados que contribuirían, según los discentes a mejorar su bienestar se han agrupado en las siguientes categorías:

- Confort. En la inmensa mayoría de las representaciones se han sustituido las sillas escolares por una variedad de asientos como sillones *gamer*, sillas de oficina con ruedas o sofás. Algunos estudiantes tratan de recrear ambientes hogareños a través

de alfombras, cuadros o mobiliario tradicional. Otra preocupación en este apartado se refiere al confort térmico en el aula. Figuran elementos como dispositivos de aire acondicionado, ventiladores o radiadores.

- Descanso (Fig. 2). Son también frecuentes las zonas de relajación o descanso. Cuando se hace uso del color, suelen ser representadas con variedad de tonos. En ellas aparecen de manera recurrente asientos cómodos (sillones, cojines o pufs), máquinas de snacks, bebidas o neveras. De los comentarios de los alumnos se desprende que este deseo de contar estas zonas podría estar respondiendo no sólo a un deseo de comodidad, sino también de crear un ambiente de aprendizaje más informal que ofrezca distintas posibilidades de estar en la clase.

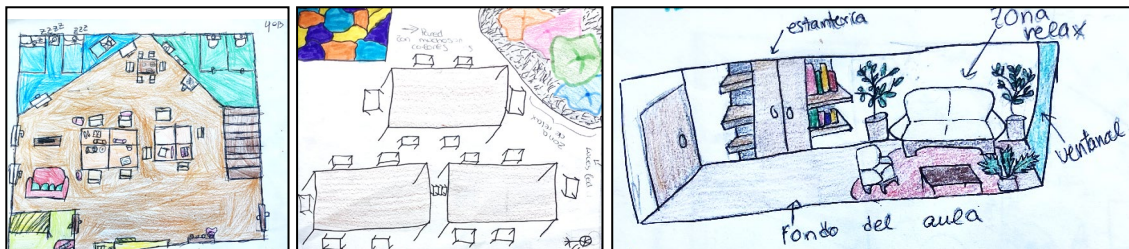


Fig. 2. Muestra de producciones que expresan necesidad de lugares de descanso.

- Almacenamiento (Fig. 3). Los alumnos guardan su material en la rejilla que tienen bajo la mesa y cuelgan su mochila en el respaldo de la silla. También dejan ahí sus abrigos cuando la ubicación de los percheros imposibilita su uso. El alumnado de primaria sí que dispone de percheros, aunque situados en el pasillo para no ocupar espacio dentro del aula. La bolsa con la equipación deportiva suele dejarse en el suelo. En las aulas ideales encontramos percheros, zapateros o taquillas. Estas últimas tienden a encontrarse con más frecuencia en la imaginación de los alumnos de ESO y centran su atractivo en la particularidad de la personalización estética de sus usuarios.



Fig. 3. Muestra de producciones que expresan necesidad de almacenamiento.

- Juego. La necesidad lúdica se manifiesta a través de videojuegos y juegos tradicionales (juegos de mesa, fútbol, billar), normalmente incluidos dentro de las zonas de descanso. En los casos más extremos los alumnos imaginan el aula como un parque temático de ocio. En los cursos de primaria se llegan a representar columpios o toboganes y conforme avanza la edad, es más común encontrar representaciones de campos de fútbol, piscinas, circuitos de karts o incluso instalaciones de boxeo.
- Fantasía. Entre los elementos que contribuyen a crear espacios motivantes e inspiradores encontramos nubes, refugios o pasajes secretos. Normalmente se van a dar en las recreaciones del aula de primaria.
- Estética. Los alumnos son muy sensibles a la estética del aula. La estética es un factor importante en la creación de un sentido de apego al lugar. Según las encuestas, son minoría los adolescentes que se sienten atraídos por la estética de su clase. Casi un 60% de los alumnos encuestados en ESO piensan que sus aulas no reflejan su personalidad o que es poco original. Algunos de los comentarios reflejan una percepción negativa, sobre todo cuando comparan su aula actual con la que

tenían en primaria: "se nota que en secundaria cambias de clase muchas veces y todo el mundo las utiliza"; "el aula de secundaria es neutral y se nota que es más seria". Expresan su deseo de incluir elementos en el aula que la "hagan sentir como un espacio más informal" o que "hagan tener ganas de entrar en clase". Muchos mencionan genéricamente la palabra decoración y hacen referencia a "cosas divertidas", posters o la presencia de elementos naturales como plantas.

Aprendizaje

Aunque en menor medida, otra de las preocupaciones manifestadas se refiere al aprendizaje. Encontramos numerosos elementos que los estudiantes perciben como ayudas a su aprendizaje y que se han agrupado en las siguientes categorías:

- Mobiliario (Fig. 4). La necesidad de socialización se manifiesta en una preferencia generalizada por trabajar junto a sus compañeros. Aparecen representados en los planos de la clase mesas grandes y con frecuencia redondas con varias sillas alrededor.



Fig. 4. Muestra de producciones que expresan necesidad de socialización.

- Equipamiento docente (Fig. 5). La tecnología es omnipresente en las aulas de las dos etapas. Los ordenadores y dispositivos electrónicos parecen ejercer una fascinación generalizada por el alumnado.

Otro tanto ocurre con las pizarras y pantallas. Las superficies de escritura tienen un atractivo especial para el alumnado de todas las edades. Aparecen en muchas de las propuestas y los alumnos agradecen en sus comentarios el que haya más de una y el que puedan usarla para hacer sus tareas. Las pizarras tradicionales y las digitales, que hacen la función de pantalla, conviven en estas aulas ideales. Son elementos que se consideran imprescindibles y que además cumplen una doble función relacionada con la necesidad lúdica y con la de expresar ideas y emociones.

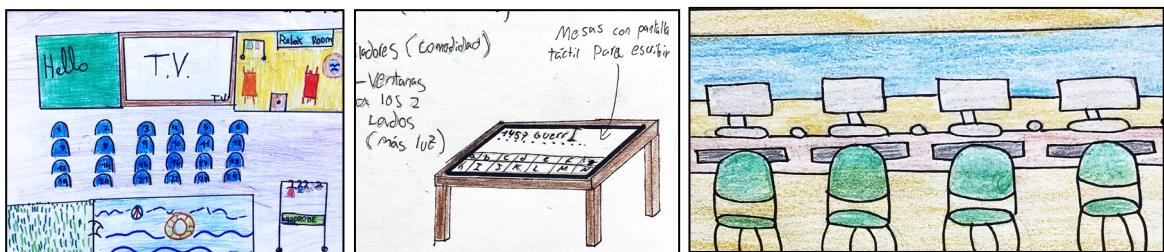


Fig. 5. Muestra de producciones que expresa necesidad de equipamiento docente.

- Paredes (Fig. 6). En las aulas de educación primaria proliferan elementos que sirven como ayuda visual en el aprendizaje de contenidos (líneas del tiempo, mapas, posters y murales) y otros que sirven como ayuda para organizar y planificar tareas (horarios y calendarios). Los alumnos de secundaria echan de menos paredes que les sirvan de apoyo visual al aprendizaje o ayuda para organizar y planificar tareas (horarios y calendarios). Aunque este aspecto también está presente en sus aulas actuales, va disminuyendo según se accede a los cursos superiores. De esta manera,

los alumnos manifiestan que su aula tal y como está, no está diseñada para fomentar la creatividad o la interacción, ingredientes fundamentales en los procesos de aprendizaje. Ante la falta de este tipo de ayudas visuales en las paredes, los alumnos de 2º de ESO llegan a distintas conclusiones: “Las aulas de secundaria son más aburridas, con menos materiales didácticos”; “el aula de secundaria está más centrada en los estudios y en aprender más rápido las cosas, y en primaria es todo más lento (..) pero lo aprendes mejor”; “... el aula de primaria creaba más motivación a la hora de aprender”; “antes nos enseñaban a pensar en la creatividad, innovar y hacer cosas nuevas, y ahora solo se valora la capacidad de memorizar...”. Esos comentarios deben hacernos reflexionar sobre cuál es el mensaje oculto que transmiten las paredes del aula.

Otra función de los paramentos verticales es la exposición de las producciones de los alumnos. Aunque también puede hacerse, y de hecho ocurre así en ambas etapas, en otras zonas comunes como escaleras y vestíbulos. Parece que los alumnos prefieren mostrar el fruto de su aprendizaje dentro del aula para disfrutar de los beneficios de su contemplación. Además, esta forma de personalización del aula podría tener beneficios en el cuidado del entorno inmediato.

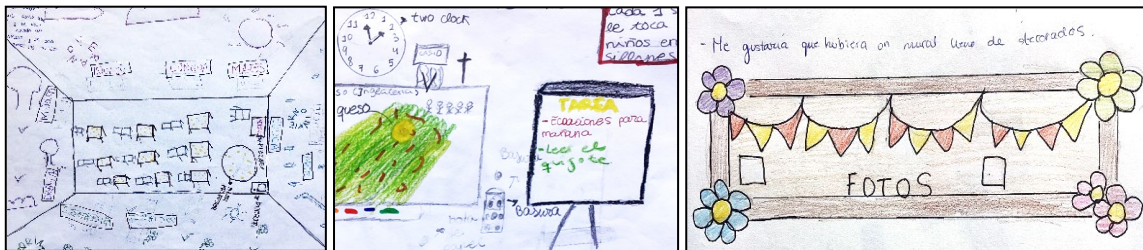


Fig. 6. Muestra de producciones que expresan necesidad de ayudas al aprendizaje y una estética personalizada en las paredes del aula.

4. Conclusiones

Tras un primer análisis de las producciones de los escolares, se puede deducir que en su mente el aula es el lugar en el que necesitan disfrutar y relacionarse con la naturaleza y con sus compañeros. El aspecto del aprendizaje se expresa en el aula ideal con menor intensidad o refleja lo ya existente en el aula real. Estas cuestiones son coincidentes con los resultados de otros estudios.

De forma sintética, las necesidades relacionadas con la configuración del aula manifestadas por sus ocupantes cuyo cumplimiento a juicio de estos podría promover una mejora en el rendimiento académico y en el apego al lugar son:

- La necesidad de crear un sentido de bienestar, tanto físico como psicológico. Por una parte, resulta preocupante la insistencia con la que el alumnado reclama distintos tipos de asientos, más cómodos y funcionales. Debe hacerse una revisión de la ergonomía de las sillas y mesas escolares, ya que la cuestión va más allá del confort y afecta directamente a la salud. Por otro lado, experimentar emociones positivas pasa por embellecer y enriquecer el entorno sensorial. Además, la estética del aula puede ayudar a facilitar ciertas actitudes (creatividad, concentración, motivación) y es responsable de reforzar los valores que se desean transmitir desde el centro.
- La necesidad de expresar los propios gustos y facetas de la propia personalidad, así como los de la comunidad educativa puede facilitarse aumentando la capacidad de control de los alumnos sobre su entorno y ofreciéndoles participar en su diseño y organización. En especial, de las aulas de ESO, que son neutras y carecen en buena parte de personalidad. El alumnado de ESO reclama una estética de calidad,

adaptada a sus gustos y edad. Ello podría contribuir a generar en ellos un sentido de mayor pertenencia e identificación con la institución escolar.

- La necesidad de socialización se puede conseguir a través de un mobiliario que permita distintos tipos de configuraciones. La creatividad del alumnado se desborda cuando imaginan zonas de descanso: confortables, divertidas y coloridas. Estas áreas pueden estar expresando una necesidad de contar con lugares propios, personalizados, de menor escala, en los que se pueda llevar a cabo un aprendizaje informal con interacción entre pares.
- La necesidad de apoyo en el proceso de aprendizaje encuentra un aliado en las paredes del aula. Como herramientas de aprendizaje suponen un guía visual, albergan recursos, ayudan a la organización y planificación de tareas.
- La necesidad de visualizar y compartir el aprendizaje se puede cumplir a través de proporcionar superficies para la escritura y exposición de las producciones de los alumnos. Estas superficies permiten múltiples medios de acción y expresión, dan opciones a los estudiantes sobre cómo quieren mostrar lo que saben y lo que pueden hacer con sus conocimientos. La pizarra, por ejemplo, debe contemplarse como un elemento motivador y no solo el lugar en el que el profesor escribe. Las pizarras permiten visibilizar el aprendizaje, trabajar de modo colaborativo y dar rienda suelta a la creatividad. Debería haber más paramentos verticales destinados a esta función, aprovechando las cualidades de materiales en los que se puede pintar y borrar.
- El equipamiento TIC ejerce igualmente un poderoso atractivo en el alumnado. Proyector, altavoces, ordenadores o dispositivos móviles son elementos considerados imprescindibles, aunque no pueden ir al margen de la didáctica ni interferir en los procesos de aprendizaje. El reto desde el punto de vista del diseño es integrar la tecnología y prever cambios en las configuraciones sin sacrificar la estética, mediante el uso de redes inalámbricas o canaletas, zócalos o rodapiés de calidad para distribución y derivación del cableado.
- La necesidad de contar con zonas de almacenamiento adecuadas y personalizadas es otro asunto importante que revelan los trabajos del alumnado. Si se quiere dotar de flexibilidad al aula es necesario contar con zonas de almacenaje dentro o en sus inmediaciones: casilleros individuales o taquillas. Contar con lugares para dejar los propios enseres no solo es una cuestión de orden, sino que también implica una manera de habitar el aula y de sentirla propia.

Finalmente, se entiende que no basta con aplicar unas reglas de diseño sino encontrar maneras de contextualizar y personalizar el espacio físico. Es necesario construir espacios docentes que incorporen la perspectiva del alumnado y el profesorado. Escuchar la voz de los adolescentes e integrar sus propuestas es un valioso ejercicio desde el punto de vista educativo y supone además una oportunidad para contribuir a propiciar un diálogo más fluido y un mayor sentido de pertenencia e identidad entre los estudiantes y el entorno que habitan.

Partiendo del método propuesto en este trabajo, un estudio a mayor escala sobre el impacto de la personalización de aulas en el desempeño académico de niños y adolescentes ofrecería conclusiones firmes para guiar a los distintos actores implicados (administraciones, familias, equipos directivos y profesores) en procesos de transformación de mayor envergadura. Se requieren intervenciones libres de ideas preconcebidas, más precisas y contextualizadas para adaptar espacios de aprendizaje tradicionales tanto a las necesidades físicas y psíquicas de sus usuarios, como a las derivadas de la propia función académica.

5. Referencias bibliográficas

- [1] Durak, G. & Cankaya, S. (2018). The Current State of The Art in Learning Spaces: A Systematic Review Study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 13(11), 208-224. Recuperado de: <https://www.learntechlib.org/p/185418/>
- [2] Byers, T., Mahat, M., Liu, K., Knock, A., & Imms, W. (2018). Systematic Review of the Effects of Learning Environments on Student Learning Outcomes. Melbourne: University of Melbourne, LEARN. Recuperado de: <http://www.ilet.com.au/publications/reports>
- [3] Díaz-Bajo, M. P. (2019). Panorama actual de las pedagogías alternativas en España. *Papeles salmantinos de educación*, (23), 247-281. DOI: <https://doi.org/10.36576/summa.108394>
- [4] Alcaraz, S., Verdú, A., & Gil, T. (2022). Spatial determinants in the secondary education classroom. The Spanish case. *Anales de Edificación*, 8(1), 6-14. DOI: <https://doi.org/10.20868/ade.2022.5016>
- [5] Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>
- [6] García Barrera, A., (2021). Controversias inclusivas de la LOMLOE: Avanzando hacia un modelo de normalización educativa plena. *Revista de Educación Inclusiva*, 14(2), 254-266.
- [7] Sambola Alcobé, Rosa (2015). Criterios para el análisis de la dimensión estética a través del ambiente de las escuelas al aire libre. Estudio de la ósmosis. Universitat Central de Catalunya. Actas del XVIII Coloquio de Historia de la Educación: arte, literatura y educación, Vol. 1, 2015, ISBN 978-84-943286-5-7. 405-415.
- [8] Barrett, P., Treves, A., Shmis, T., Ambasz, D. & Ustinova, M. (2019). The impact of school infrastructure on learning: A synthesis of the evidence. World Bank Group. International Development in Focus. Washington, DC: World Bank. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30920>
- [9] Herrera, N. (2020). El cuidado del entorno educativo. De la educación de la mirada al diseño y arquitectura de contextos educativos. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 8(1), 27-37. DOI:10.37467/gka-revedu.v8.2264
- [10] Errázuriz, L., & Portales, C. (2017). The Visual Differences of the Classroom Walls in Chilean Primary Schools. *The International Journal of Art & Design Education* 37(2). DOI:10.1111/jade.12130
- [11] Fisher, A., Godwin, K., & Seltman, H. (2014). Visual environment, attention allocation, and learning in young children: when too much of a good thing may be bad. *Psychological Science*, 25(7), 1362-1370. doi:10.1177/0956797614533801
- [12] Faucher, C., & al., e. (2020). Plurality of knowledge to meet the challenges of tomorrow. *Humanistic futures of learning. Perspectives from UNESCO and UNITWIN Networks*, 168-172. Paris: UNESCO Publications. Recuperado de <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>
- [13] Marini, G., Rodríguez Merchan, J., & Salas, M. (2018). Estéticas cotidianas escolares: desde lo que se ve hacia cómo se siente la escuela. *Educação & Sociedade*. 39(143), 361-378. DOI:10.1590/es0101-73302018171876.
- [14] Brown, C. (2019). The Importance, and the Challenges, to Ensuring an Inclusive School Climate. *Educational Psychologist*, 54, 322-330. doi:10.1080/00461520.2019.1655646.

- [15] López, F., Carpintero, E., Del Campo, A., Lázaro, S., & Soriano, S. (2006). *El bienestar emocional y social y la prevención del malestar y la violencia. Programa Bienestar*. Madrid: Pirámide.
- [16] Piano, R. (2010). El poder de la Arquitectura. En L. Fernández-Galiano y J. M. Fidalgo (Presidencia), *Más por Menos*. Conferencia llevada a cabo en el I Congreso Internacional de Arquitectura. Fundación Arquitectura y Sociedad. Pamplona. España.
- [17] Alonso-Sanz, A. (2017). Escuelas: espacios equivocados frente a los deseados por escolares. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 1-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i3.29824>
- [18] Marín, R. (2005). La investigación Educativa Basada en las Artes Visuales o Arteinvestigación educativa. En R. Marín (Ed.). *Investigación en Educación Artística: temas, métodos y técnicas de indagación sobre el aprendizaje y la enseñanza de las artes y culturas visuales* (pp. 223-274). Granada. Editorial Universidad de Granada.
- [19] Díaz -Vicario, A., & Gairín, J. (2020). Organizaciones escolares seguras y saludables. *Revista MC Salud Laboral*, febrero, 10-13. Recuperado de https://www.mc-mutual.com/documents/20143/2872819/organizaciones_escolares.pdf/4ba421d0-d3bb-4531-4615-9ddb9bd95108

EXPLORANDO LA CONCIENCIA AMBIENTAL EN EL AULA TRAVÉS DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA: PERCEPCIONES DE ESTUDIANTES DE PRIMARIA Y SECUNDARIA

EXPLORING ENVIROMENTAL AWARNESS IN THE CLASSROOM THROUGH GRAPHIC EXPRESSION: PERCEPTIONS FROM PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Sebastián Alcaraz García^{ac}, Amparo Verdú-Vázquez^{bd}, Tomás Gil-López^{be}

^a Colegio Internacional Kolbe, Madrid, Spain

^b Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

^c sj.alcaraz@gmail.com, ^d amparo.verdu@upm.es, ^e tomas.gill@upm.es

How to cite: Alcaraz García, S.; Verdú-Vázquez, A.; Gil-López, T. (2024). *Exploring enviromental awarness in the classroom through graphic expression: perceptions from primary and secondary school students*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 13-23. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) busca integrar la sostenibilidad en la planificación, construcción y gestión de espacios edificados, promoviendo prácticas responsables desde el punto de vista energético y ambiental. En este contexto, resulta esencial considerar la sostenibilidad como una necesidad a la que dar respuesta en el aula.

Este artículo complementa una investigación previa que exploraba las necesidades de alumnos en etapa escolar con respecto de sus aulas. El objetivo ahora es conocer sus percepciones sobre la sostenibilidad medioambiental. Utilizando una metodología mixta, se analizan las producciones plásticas del alumnado de un colegio de la Comunidad de Madrid (España) desde una perspectiva cuantitativa y cualitativa, combinando investigación basada en Artes Visuales con investigación basada en imágenes.

Los resultados evidencian que la sostenibilidad no siempre figura entre los intereses y aspiraciones de los niños y adolescentes participantes en el estudio. Cuando se aborda, se realiza de forma estereotipada y sin considerar el espacio construido. No puede darse por sentada la sostenibilidad en el ámbito del aula ni reducirla a un simple contenido curricular.

Integrar la sostenibilidad en las aulas implica promover una educación ambiental que fomente actitudes y comportamientos sostenibles desde temprana edad. Pero, sobre todo debe ir acompañada de una mayor conciencia por parte de estudiantes y profesores sobre las características del edificio y sus instalaciones. La comprensión del funcionamiento del edificio escolar no solo permite obtener condiciones óptimas de iluminación, calidad del aire y temperatura, sino que también sensibiliza a los usuarios sobre el impacto de sus acciones en la salud y el medioambiente.

Palabras clave: Aula, Percepciones, Expresión Gráfica, Sostenibilidad.

Abstract

Education for Sustainable Development (ESD) seeks to integrate sustainability into the planning, construction, and management of built spaces, promoting energy and environmentally responsible practices. In this context, it is essential to consider sustainability as a need to be addressed in the classroom.

This article complements previous research that explored the needs of school students with respect to their classrooms. The objective now is to learn about their perceptions of environmental sustainability. Using a mixed methodology, the plastic productions of students in a school in the Community of Madrid (Spain) are analyzed from a quantitative and qualitative perspective, combining research based on Visual Arts with research based on images.

The results show that sustainability is not always among the interests and aspirations of the children and adolescents participating in the study. When it is addressed, it is done in a stereotypical way and without considering the built space. Sustainability cannot be taken for granted in the classroom setting or reduced to mere curricular content.

Integrating sustainability in the classroom implies promoting environmental education that encourages sustainable attitudes and behaviors from an early age. But, above all, it must be accompanied by a greater awareness on the part of students and teachers about the characteristics of the building and its facilities. Understanding the functioning of the school building not only allows for optimal lighting, air quality and temperature conditions, but also makes users aware of the impact of their actions on health and the environment.

Keywords: Classroom, Perceptions, Graphic Expression, Sustainability.

1. Introducción

Los espacios educativos deben experimentar grandes cambios para abordar los desafíos que plantean las sociedades contemporáneas. Entre ellos, el de la sostenibilidad ocupa un lugar preeminente. La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) busca trascender su carácter complementario en el currículo para convertirse en una pieza clave del sistema educativo. Pero para lograrlo, la EDS debe no solo establecer los contenidos curriculares, sino también definir la pedagogía y los entornos de aprendizaje apropiados.

Además, la EDS propone un enfoque interactivo y centrado en los estudiantes que promueva un aprendizaje exploratorio, transformador y orientado a la acción. Por este motivo invita a redefinir los entornos de aprendizaje con el objetivo de fomentar en los estudiantes el deseo de actuar en pro de la sostenibilidad. Estas ideas son expresadas por la UNESCO [1] al afirmar que la EDS nos exhorta a concebir la enseñanza y el aprendizaje de manera dinámica y participativa, que motive a los estudiantes a involucrarse activamente en la promoción de la sostenibilidad.

En el contexto educativo español, la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) ha sido tradicionalmente abordada desde la perspectiva de la preservación del medio ambiente natural. Esto se ha llevado a cabo a través de programas y proyectos de educación ambiental implementados en centros educativos o mediante actividades extracurriculares en aulas de educación ambiental [2]. Esta tarea, desarrollada principalmente en entornos educativos convencionales o en espacios naturales, ha podido contribuir a transmitir implícitamente la noción de que los edificios no forman parte del ecosistema y, por lo tanto, no son un factor relevante en la conservación del medioambiente.

Aunque sabemos que esto no es así. El sector de la construcción consume aproximadamente un 36% de la energía total producida y contribuye con el 39% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a nivel mundial [3]. Estos datos resaltan la necesidad de considerar el impacto ambiental de los edificios en el contexto de la EDS. Dicha consideración implica reconocer que los edificios también forman parte del ecosistema y desempeñan un papel fundamental en la conservación del medioambiente. De esta manera, es fundamental ampliar el enfoque de la EDS para incluir la sostenibilidad en la planificación, construcción y gestión de los espacios edificados y promover prácticas más responsables desde el punto de vista energético y ambiental.

Las actividades institucionales dirigidas al desarrollo sostenible se han limitado en las últimas décadas a integrar algunos conceptos de sostenibilidad en las asignaturas y ofrecer programas medioambientales extracurriculares. Estas actividades son muy útiles, pero no suficientes para promover cambios de comportamiento y actitud [4].

Cuando se aborda el tema de la sostenibilidad, es fundamental considerar tanto las características de la construcción como el uso responsable que se le da. En el informe *Leading Sustainable School Building Projects* [5] se presentan una serie de principios que influyen tanto en el espacio físico como en su gestión. Entre ellos, se destacan aquellos que se relacionan con la sostenibilidad del edificio y permiten construir entornos educativos que sean eficientes desde el punto de vista energético y respetuosos con el medio ambiente. Por otra parte, se abordan otros aspectos vinculados a facilitar un ambiente propicio para el aprendizaje a largo plazo, los cuales contribuyen a la creación de un edificio con la suficiente flexibilidad para adaptarse a las necesidades educativas durante un extenso período de tiempo.

En un estudio realizado por Camacho (2017) que aborda las percepciones de expertos sobre la arquitectura escolar en España se destacan deficiencias y aspectos desfavorables en la construcción de los centros educativos públicos [6]. El autor enfatiza la persistencia de errores fundamentales tanto en el diseño como en la selección de materiales, y señala que muchos centros siguen siendo construidos sin tener en cuenta aspectos esenciales como las condiciones climáticas, la ubicación geográfica, las necesidades de los usuarios y las metodologías didácticas contemporáneas. Como conclusión, el autor aboga por la implementación de políticas que fomenten la creación de espacios singulares, flexibles y de una calidad material y de diseño superior. Esta perspectiva apunta a una visión que promueva la sostenibilidad en la arquitectura escolar, teniendo en cuenta no solo la funcionalidad y el confort, sino también la integración de elementos que contribuyan a la eficiencia energética, la optimización de recursos y la adecuación a las necesidades educativas contemporáneas.

En otra investigación realizada en la Comunidad Valenciana por Montiel y otros autores (2019) [7] se identifican algunos indicadores de falta de alineamiento con planteamientos sostenibles en algunos institutos de Elche. En cuanto a la durabilidad del edificio, se encontró que las reformas de espacios que no habían considerado la flexibilidad en la fase de diseño requerían una inversión adicional para adaptarlos a las nuevas necesidades educativas. En este sentido, también se comprobó que el uso de materiales y elementos constructivos singulares, difíciles de encontrar y reparar a nivel local, encarecía los costes de mantenimiento. En lo que respecta al consumo de energía se señalan dos cuestiones: un sobrecoste debido al empleo de calefacción central en toda la escuela a pesar de que solo algunas salas están ocupadas; y un aumento en el consumo de electricidad debido al sobrecalentamiento de ciertas aulas que no pueden regular adecuadamente la incidencia solar.

Los mismos autores resaltan el desfase existente entre la educación en sostenibilidad que reflejan las programaciones y las guías de diseño, y la realidad transmitida por la mayoría de los edificios escolares [8]. Estas deficiencias están relacionadas nuevamente con aspectos de calidad ambiental en las aulas, como el confort térmico y visual, así como la eficiencia energética. Además, se destaca un dato interesante que revela que, entre las escuelas visitadas, aquellas construidas después del año 2000 no son necesariamente las más eficientes. Entre las recomendaciones finales figura un mayor conocimiento de las circunstancias y necesidades de los ocupantes mediante la implementación de enfoques participativos en el diseño, con el fin de facilitar la consecución de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS).

Otras líneas de investigación se han preguntado si el espacio físico del aula influye en el rendimiento del alumnado. Un proyecto llevado a cabo en 153 clases de 27 escuelas de educación primaria por los investigadores de la Universidad de Salford [9] buscó cuantificar el impacto del diseño en el desempeño académico de los alumnos. Para ello crearon un

modelo al que llamaron SIN y que respondía a tres categorías o principios de diseño: *Naturalness* (Naturalidad), *Individuality* (Individualización) y *Stimulation* (Estimulación). En ellas se organizan hasta un total de 30 factores presentes en el espacio construido. La influencia del conjunto de factores que conforman el entorno construido se estimó en un 16%. Dentro de este porcentaje, la influencia de la categoría denominada Naturalidad, que incluye los factores relacionados con la calidad del ambiente interior (CAI) y la conexión con la naturaleza, supone casi el 50%.

Pero además, la EDS muestra interés por el entorno construido, no solo por el impacto positivo que ciertos cambios de comportamiento pueden tener, sino también por el vasto potencial que posee como recurso didáctico. La coherencia entre el edificio y el programa educativo lleva a barajar la posibilidad de considerar el entorno construido como una herramienta didáctica, permitiendo al alumnado aprender “con él” en lugar de “en él”. Así, surge la pretensión de que los edificios escolares participen en el proceso de aprendizaje como un elemento activo y dinámico, no como simples contenedores. Si asignamos este papel educativo al edificio, las clases, las paredes, los techos, las ventanas, deben transmitir los valores en los que se quiere educar.

Diversas corrientes teóricas confían en el poder transformador de los espacios y buscan demostrar si habitar un entorno diseñado y construido con criterios de sostenibilidad tiene la capacidad de influir en la adopción de actitudes y comportamientos sostenibles [10]. De esta manera, se espera que el edificio escolar se involucre activamente en la tarea de educar para la sostenibilidad, convirtiéndose en un agente educativo.

Para abordar esta tarea, uno de estos enfoques conocido como *Teaching Green Building* (TGB) o “Edificios Ecológicos para el aprendizaje”, proporciona una amplia variedad de estrategias para crear y utilizar edificios con el objetivo de mejorar el aprendizaje ambiental [11]. Este modelo sugiere formas de participación estudiantil que deben tenerse en cuenta en el diseño tanto de los edificios como de los programas educativos. Además de la señalización en las paredes, se ofrecen sugerencias de actividades interactivas, como la implementación de jardines escolares, visitas guiadas a los edificios o proyectos que fusionen arte y ciencias. Aunque muchas de estas ideas se centran específicamente en el diseño de nuevos edificios escolares, también pueden aplicarse en edificaciones ya existentes.

La interacción consciente y formal con partes del edificio o instalaciones lo convierte en un recurso dentro de un planteamiento de metodologías activas. Sin embargo, son necesarias dos premisas para que los atributos físicos de los edificios escolares se conviertan en herramientas eficaces de aprendizaje. La primera de ellas es que es necesaria su integración en el currículum [12]. La segunda es que los usuarios sean conscientes del entorno en el que viven como paso previo a su manipulación. Únicamente será a través de vivirlos, controlarlos y darles forma que los espacios escolares puedan convertirse en auténticos espacios sociales y no simplemente en contenedores pasivos del aprendizaje [13].

Este cambio fundamental en el papel desempeñado por los espacios sostenibles en los procesos de enseñanza-aprendizaje requiere una mayor conciencia por parte de estudiantes y profesores sobre las características del edificio y sus instalaciones. Al comprender cómo funcionan los edificios, no solo podemos lograr condiciones óptimas de iluminación, calidad del aire y temperatura, sino que también nos volvemos conscientes del impacto de nuestras acciones en la salud y el medioambiente. Este conocimiento se convierte en el punto de partida para impulsar el cambio hacia la sostenibilidad [14].

2. Metodología

Los requisitos que deben cumplir las aulas podrían determinarse a partir de las necesidades de las personas que ocupan ese espacio y en función del uso que pretendan hacer del mismo. Pero también, desde una visión más amplia, se hace imprescindible contemplar la sostenibilidad como una necesidad de carácter global a la que se debe dar respuesta.

Este trabajo complementa una investigación previa cuyo objetivo era indagar en las preferencias y necesidades manifestadas por estudiantes de educación primaria y secundaria con respecto al espacio del aula. Estas demandas se expresan a través de sus percepciones y aspiraciones respecto a cómo sería su aula ideal. Dichas necesidades pueden ser consideradas de naturaleza espacial, dado que se refieren a las deficiencias percibidas por los estudiantes y que podrían ser abordadas, aunque de manera parcial, mediante las características físicas y el equipamiento del aula.

El objetivo de este trabajo es determinar qué necesidades relacionadas con la sostenibilidad medioambiental expresan los alumnos de distintas etapas en relación con el espacio de sus aulas.

La metodología combina la recogida de datos a través de cuestionarios con las representaciones gráficas de los espacios imaginados. Los resultados son analizados de forma cualitativa y cuantitativa, complementándose unos y otros.

La recopilación de datos se lleva a cabo mediante la creación de dibujos por parte de los propios alumnos, respaldados por cuestionarios individuales previos y entrevistas grupales posteriores a las sesiones. En esta etapa y en el análisis subsiguiente, se emplean métodos de investigación educativa basados en las Artes Visuales y en imágenes [15].

Los cursos que se analizan abarcan desde el 4º de educación primaria (9-10 años) hasta el 2º de ESO (13-14 años). Este periodo es caracterizado por cambios madurativos y de percepción significativos en la expresión gráfica de los alumnos, reflejando su evolución y comprensión del mundo.

Del análisis de las categorías podría darse respuesta a otras preguntas:

- ¿Cómo imaginan el concepto de sostenibilidad integrado en sus aulas?
- ¿Qué criterios de diseño pueden extraerse a partir de las percepciones de los estudiantes, tanto de lo que tienen interiorizado como de aquello que ignoran?

Población La presente investigación se lleva a cabo en un colegio concertado ubicado en la Comunidad de Madrid. Esta selección garantiza la similitud de las características socioeconómicas de los estudiantes, dado que estas podrían variar significativamente entre diferentes tipos de centros educativos.

En este estudio, participan un total de 112 estudiantes pertenecientes a los cursos de 4º, 5º y 6º de Educación Primaria, así como 103 estudiantes de 1º y 2º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). La elección de estos cursos permite analizar los resultados comparando los diferentes momentos evolutivos de los estudiantes en esta etapa crucial de transición entre la infancia y la adolescencia.

Recolección de datos

En una primera sesión de concienciación, se invita a los estudiantes a observar y reflexionar sobre las características de la clase que ocupan a diario. Mediante una dinámica de tormenta de ideas se les pregunta por su concepto de "Sostenibilidad" y se crea con ellos una definición lo más completa posible.

Al final de esta sesión, completarán un breve cuestionario utilizando la conocida herramienta de Google Forms. El cuestionario consta de 3 preguntas abiertas y 7 preguntas de escala Likert de cinco grados (1 muy en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo, 5 muy de acuerdo):

- Sostenibilidad medioambiental (7 ítems).
- El aula ideal. 3 cuestiones abiertas para reflexionar sobre los cambios que se deberían hacer para tener un aula más satisfactoria: lo que sobra, lo que te gusta y lo que falta.

En la siguiente sesión, se les pedirá que realicen un ejercicio de creatividad titulado "El aula ideal", en el cual se les invita a describir cómo sería el aula que les gustaría tener. La pregunta específica es: "¿Cómo sería tu aula ideal, aquella que puede ayudarte a sentirte mejor y aprender más respetando el medioambiente?". Se les explica que el objetivo es plasmar y comunicar sus ideas a otros, por lo que no deben preocuparse por la perfección del dibujo, sino esforzarse por expresarse. El formato de trabajo será en hojas DIN A4 y tendrán libertad en la técnica y el tipo de representación. Los datos se recopilan a través de dibujos, en los cuales pueden incluir textos o explicaciones de algunas de las ideas expresadas.

Para mantener un nivel adecuado de motivación durante toda la sesión, tanto al comienzo como durante el desarrollo del ejercicio se siguen una serie de pautas: explicación del valor de lo que van a realizar y de hacer oír su opinión. Además, durante la sesión, se les recuerdan las instrucciones iniciales y se les plantean preguntas abiertas con el propósito de inspirar. Dado que generalmente trabajan en grupos, es natural que surja un flujo inevitable de ideas entre ellos, dando lugar a diferentes versiones que conforman una visión compartida del aula.

3. Resultados y discusión

En este análisis de los datos se busca identificar diferentes categorías de necesidades dentro del contexto de la sostenibilidad a partir de los espacios y objetos representados, confrontándolos con las opiniones registradas en los cuestionarios.

Las cuestiones relacionadas en los cuestionarios con el comportamiento sostenible dentro del aula hacen referencia a tres dimensiones: uso racional de recursos, cuidado del espacio construido y conexión con el entorno natural.

Uso racional de recursos Aproximadamente la mitad de los alumnos dicen actuar conscientemente en lo que se refiere al encendido y apagado de luces y dispositivos al entrar y salir de las aulas (Gráfico 1). En el caso de los alumnos de primaria, cuando abandonan el aula es cuando hay más posibilidades de que las luces queden encendidas (Gráfico 2). Un detector de presencia podría solucionar el problema del consumo, pero no educaría a los ocupantes. Por eso, son más recomendables sistemas de monitorización que informen a los usuarios para que ellos mismos tomen las decisiones.

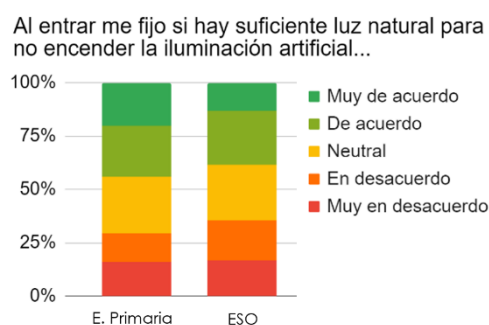


Gráfico 1. Percepción sobre el uso de la iluminación al entrar al aula

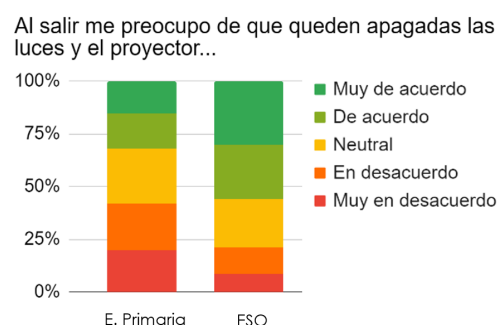


Gráfico 2. Percepción sobre uso de la iluminación al abandonar el aula

Desde el punto de vista de la eficiencia energética habría mucho trabajo que hacer en las aulas visitadas, aunque estos usuarios no son capaces de identificarlo más allá de manifestar su disconformidad por las condiciones ambientales. En consecuencia, entre las soluciones propuestas suelen figurar equipos de aire acondicionado, ventiladores y mejoras en la iluminación artificial, sin entrar en otras consideraciones (Fig. 1).

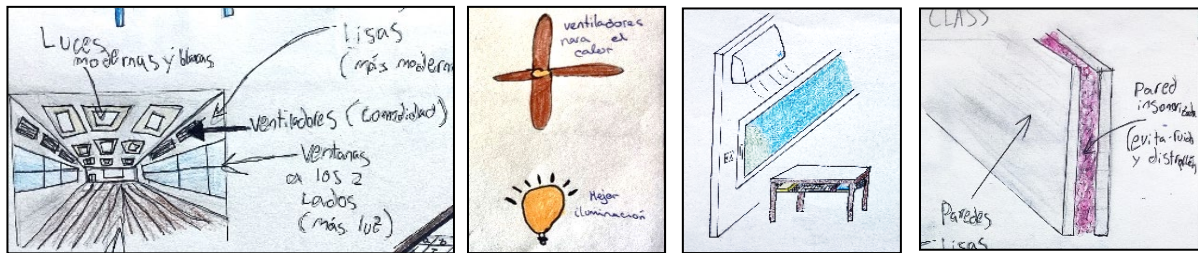


Fig. 1. Muestra de producciones que hacen referencia a la calidad del ambiente interior.

La ausencia de propuestas en este aspecto nos lleva profundizar en el contexto y a hacer algunas reflexiones:

- En el centro visitado el confort térmico de las aulas está condicionado por el funcionamiento de un sistema de calefacción central sin sectorizar. Así, en clases con distintas orientaciones no es posible personalizar la demanda al carecer de termostato, por lo que quienes ocupan las aulas con orientación sur / oeste pueden llegar a pasar calor en invierno debido al aporte de la radiación solar, mientras que los usuarios de aquellas que dan al norte pasan frío. En verano, la situación térmica se invierte. En el caso de la calefacción, se suelen recomendar sistemas que permitan a los usuarios personalizar la temperatura del aula, lo que en principio es algo positivo. Pero debe hacerse de tal manera que los controles sean intuitivos, lógicos y resistentes, de lo contrario es mejor volver a un control centralizado.
- En el caso de la iluminación ocurre otro tanto. Si se automatiza en exceso se pierde eficacia y disminuyen las posibilidades de concienciación de los ocupantes. La apertura automática de ventanas es otro ejemplo. Por lo general, son sistemas ruidosos que se abren y cierran aparentemente al azar y que pueden llegar a tener un coste elevado de mantenimiento.
- Otro problema que se plantea en las clases con más horas de exposición solar es que no cuentan con ningún otro medio de protección aparte de las persianas. Estas llegan a oscurecer tanto el ambiente que se hace necesario encender la luz artificial en pleno día, con el consiguiente gasto energético.
- Se da la circunstancia de que en el centro visitado se instalaron el curso anterior paneles solares para producir energía. Esta iniciativa, que es muy positiva, no es suficiente si el fin que se persigue es educar en la sostenibilidad. No se debe perder la oportunidad para encontrar aplicaciones pedagógicas o al menos visibilizar este recurso que de momento no ha dejado huella en el aula. Este hecho nos reclama una vez más a tomar en serio una toma de conciencia dirigida a conocer cómo funcionan los edificios. Comenzar con esta tarea en la etapa de la ESO, puede servir para mejorar la educación científica y un comportamiento responsable para mitigar los impactos humanos en la naturaleza.

Mantenimiento

En ESO las percepciones de los alumnos están repartidas prácticamente por igual entre aquellos que acusan falta de mantenimiento y los que no (Gráfico 3). Por otra parte, casi un 30% se mantiene vigilante ante el estado de su aula, mientras que el 33% no reconoce tener esta inquietud (Gráfico 4). En la etapa de secundaria hay más comentarios que en primaria con respecto a un mantenimiento deficiente: relojes que no funcionan, estanterías infrautilizadas o en mal estado de conservación.

No hay evidencia de deterioro, mal uso o vandalismo y si las hay se corrigen de inmediato...

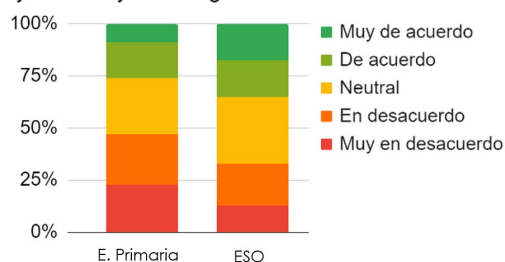


Gráfico 3. Percepción sobre el estado del aula

Me preocupa porque el aula se mantenga ordenada y limpia...

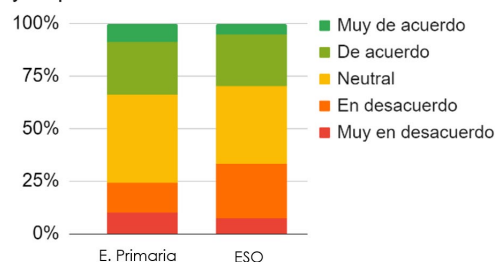


Gráfico 4. Percepción sobre el cuidado del aula

Conexión con la naturaleza

Aunque en el interior de las clases no hay presencia de elementos naturales o plantas, a través de las ventanas laterales hay contacto visual directo con paisajes o patios ajardinados en todas las aulas. A pesar de ello, solo una minoría reconoce sentirse en contacto con la naturaleza (Gráfico 5).

En el aula me siento en contacto con la naturaleza...

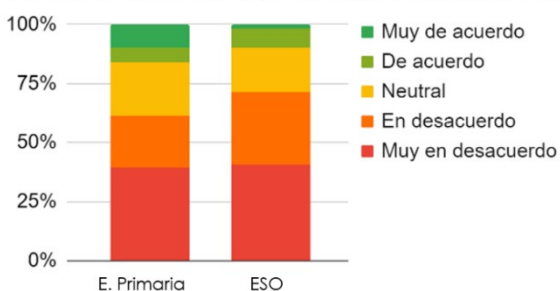


Gráfico 5. Percepción sobre la conexión con la naturaleza

El aula me recuerda que es importante cuidar el medioambiente...

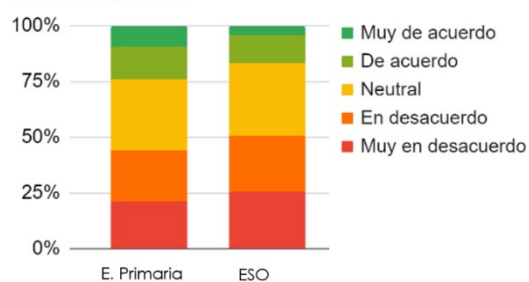


Gráfico 6. Percepción sobre la importancia del medioambiente

Cuestionados sobre si pasar tanto tiempo en la clase les sirve en alguna medida para recordar la importancia de cuidar el medioambiente, la mayoría del alumnado no parece apreciar la relación entre el espacio construido de la clase y el medioambiente (Gráfico 6).

En coherencia con este sentir, la conexión con la Naturaleza está presente en muchas de las propuestas de su aula ideal, aunque con distinto nivel de gradación (Fig. 2):

- Vegetación dentro del aula, relacionada la mayoría de las veces con una necesidad de bienestar y ubicada en zonas de aprendizaje informal, lúdicas y de descanso.
- Aulas conectadas físicamente con zonas ajardinadas o huertos.
- Aulas conectadas a través de grandes ventanales con paisajes, cielos con nubes o zonas verdes. A través de estos elementos se hace también referencia en los comentarios a la iluminación natural, cuestión muy apreciada en las aulas existentes.
- Aulas inmersas en parajes naturales, al modo de las experiencias pedagógicas de escuelas al Aire Libre de principios del siglo XX.
- Las zonas de convivencia con animales o mascotas son menos frecuentes y se registra algún caso en educación primaria o en el primer curso de secundaria.

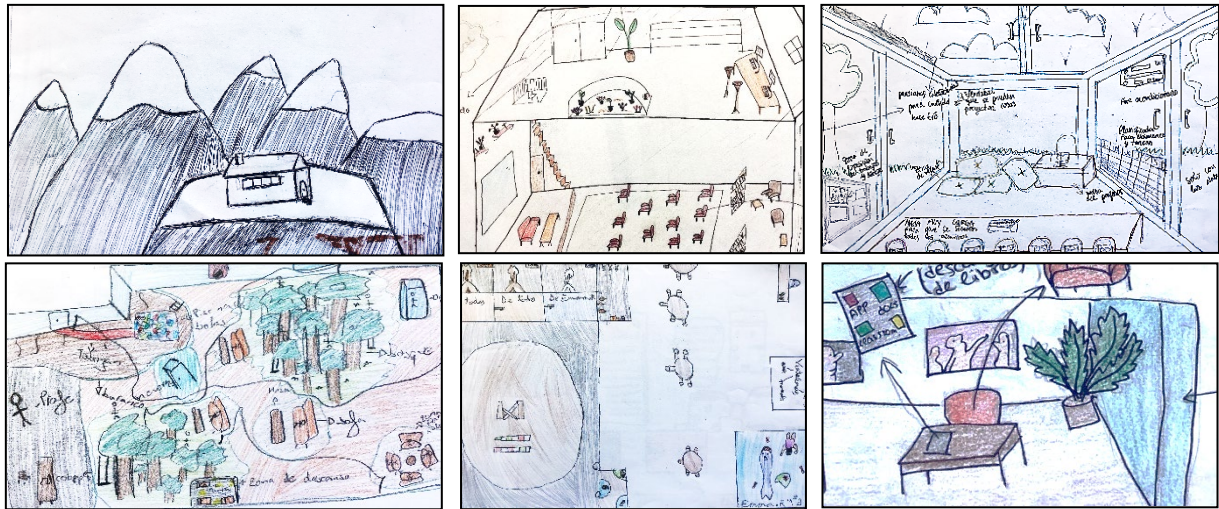


Fig. 2. Muestra de producciones que expresan necesidad de conexión con la naturaleza.

4. Conclusiones

Este estudio aborda la percepción de los alumnos sobre la sostenibilidad en el espacio construido escolar, en el contexto de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). El objetivo es comprender la conciencia de los estudiantes acerca de las características del edificio y sus instalaciones, así como su comprensión del impacto de sus acciones en la salud y el medioambiente.

Para ello se utiliza una metodología mixta que combina investigación basada en Artes Visuales con investigación basada en imágenes en la que se analizan las producciones plásticas de los alumnos de un colegio en la Comunidad de Madrid, España, desde un enfoque cuantitativo y cualitativo.

En esta investigación se puede ver que el aspecto medioambiental está presente en las preocupaciones del alumnado a través de diseños de aula que incorporan elementos naturales o conexión con espacios verdes. Este tipo de recreaciones están relacionadas habitualmente con una demanda de bienestar personal.

Sin embargo, salvo excepciones, no hay reflejo de otras cuestiones relativas al uso y cuidado del aula o a un consumo responsable de energía. El espacio construido parece no contar cuando se habla de sostenibilidad. Sin embargo, los ocupantes no son sólo habitantes pasivos de los edificios, sino también una parte activa del desempeño de los mismos y por tanto cuentan con capacidad para influir en el medioambiente. El buen uso del edificio se basa en un conocimiento previo del mismo, una disposición favorable y la posibilidad real de adaptarlo a nuestras necesidades en un contexto de sostenibilidad. Es necesario que el espacio construido del aula entre en el currículum para que los escolares tomen conciencia del espacio físico que habitan y puedan hacer un mejor uso de él desde el punto de vista de la sostenibilidad.

La sostenibilidad en el aula supone un paso más en el bienestar social al responder a las necesidades de un contexto que va más allá de la propia escuela. Son necesidades que no tienen por qué figurar entre los deseos de niños y adolescentes, por lo que el reto es que las sientan como suyas. La escuela debe ayudar a conocer y establecer las sencillas bases que permiten entender y usar la energía de un modo más eficiente.

Los hallazgos indican que la sostenibilidad, como demanda social, no es un tema de interés o aspiración para los alumnos participantes en el estudio. Cuando se aborda, se hace a través de estereotipos estéticos u omitiendo el espacio construido. Si lo que se espera es lograr cambios en la actitud y comportamiento de los alumnos hacia un uso más

responsable de los recursos, no debe caerse en el error de dar por sentada la presencia de la sostenibilidad en el ámbito escolar, ni reducirla a un mero contenido curricular. Estos resultados subrayan la necesidad de fomentar una mayor conciencia entre estudiantes y profesores sobre las características del edificio escolar y su impacto en la salud y el medioambiente. Para ello, diseñar actividades de observación y representación del espacio físico pueden ayudar a impulsar este cambio.

A pesar de que este trabajo, por su magnitud, no pretende llegar a conclusiones generales, se considera que aporta algunos elementos de análisis y reflexión que pueden enriquecer el diseño de futuros espacios docentes. Cuando el aula se concibe como una herramienta de aprendizaje, coherente con el proyecto educativo del centro e integrada con el contenido curricular, puede contribuir a promover prácticas más responsables desde el punto de vista energético y ambiental, así como desarrollar actitudes y comportamientos sostenibles desde una edad temprana.

5. Referencias bibliográficas

- [1] UNESCO. (2014). Hoja de ruta para la ejecución del programa de acción mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible. París: UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002305/230514s.pdf>
- [2] Benayas, J., Gutiérrez, J., & Hernández, N. (2004). La Investigación en Educación Ambiental en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General de Medio Ambiente. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- [3] IEA. (2019). Global Status Report for Buildings and Construction 2019. París: IEA. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>
- [4] Buckler, C.; Creech, H. UN Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014) FINAL REPORT SUMMARY Shaping the Future We Want UN Decade of Education for Sustainable Development; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: París, France, 2014.
- [5] Wilkinson, J. (2008). Leading sustainable school building projects. National College for School Leadership. Recuperado de: <https://docplayer.net/20820397-Leading-sustainable-school-building-projects.html>
- [6] Camacho, A. (2017). La arquitectura escolar: Estudio de percepciones. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social (RIEJS)*, 6(1), 31-56. doi:10.15366/riejs2017.6.1.002
- [7] Montiel, I., Mayoral, A., Navarro Pedreño, J., & Maiques, S. (2019). Acoustic Comfort in Learning Spaces: Moving Towards Sustainable Development Goals. *Sustainability* 2019, 11, 3573. doi:10.3390/su11133573
- [8] Montiel, I., Mayoral, A., Navarro-Pedreño, J., Maiques, S., & Marco Dos Santos, G. (2020). Linking Sustainable Development Goals with Thermal Comfort and Lighting Conditions in Educational Environments. *Education Sciences*, 10(3) 65. doi:10.3390/educsci10030065.
- [9] Barrett, P., Treves, A., Shmis, T., Ambasz, D. & Ustinova, M. (2019). The impact of school infrastructure on learning: A synthesis of the evidence. World Bank Group. International Development in Focus. Washington, DC: World Bank. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30920>
- [10] Speedie, C., & Mulville, M. (2017). Educational Buildings as Educational Buildings: Can sustainable architecture help support sustainability in the curriculum? En L. Brotas, S. Roaf, & F. Nicol (Ed.), Proceedings of 33rd PLEA International Conference Design to Thrive, Edinburgh, 2-5th July 2017. ISBN 978-0-9928957-5-4. Edinburgh. doi:10.21427/3v36-yz18
- [11] Cole, L. B. (2014). The Teaching Green School Building: a framework for linking architecture and environmental education. *Environmental Education Research*, 20(6),

836 - 857. presented at the 2014/11/02/. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1080/13504622.2013.833586>

- [12] Barr, S. (2011). Green schools that teach: identifying attributes of whole-school sustainability. *Master of Science (M.S.)*, Colorado State University. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10217/46732>
- [13] Fisher, K. (2004). Revoicing classrooms: A spatial manifesto. *Forum*, 46(1), 36-38. doi:10.2304/FORUM.2004.46.1.8
- [14] Janda, Kathryn. (2011). Buildings don't use energy: People do. *Architectural Science Review*. 54. 15-22. 10.3763/asre.2009.0050
- [15] Marín, R. (2005). La investigación Educativa Basada en las Artes Visuales o Arteinvestigación educativa. En R. Marín (Ed.). *Investigación en Educación Artística: temas, métodos y técnicas de indagación sobre el aprendizaje y la enseñanza de las artes y culturas visuales* (pp. 223-274). Granada. Editorial Universidad de Granada.

TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO APLICADAS AL ARTE TEXTIL SACRO

ARCHITECTURAL SURVEY TECHNIQUES APPLIED TO SACRED TEXTILE ART

Daniel Antón^a, Miguel León-Muñoz^b, Margarita Infante-Perea^c,
Juan Jesús Martín-del-Río^d, Concepción Cantillana-Merchante^e

Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^a danton@us.es, ^b miguelleon@us.es, ^c minfante1@us.es, ^d jjdelrio@us.es, ^e ccantillana@us.es

How to cite: Antón, D.; León-Muñoz, M.; Infante-Perea, M.; Martín-del-Río, J. J.; Cantillana-Merchante, C. (2024). *Architectural survey techniques applied to sacred textile art*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 24-34. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Este trabajo describe el proceso de digitalización del manto de Salida de Nuestra Señora del Socorro, titular de la hermandad del Amor. Se trata de una pieza emblemática del arte textil sacro sevillano.

El objeto de estudio tiene unas dimensiones de 4,80 x 4,60 metros, confeccionado en terciopelo granate sobre el que se aplica un denso bordado en oro. Realizado en 1957, el manto ha sido sometido a un proceso de restauración durante los dos últimos años. Al término de este proceso, se realiza una virtualización transfiriendo técnicas de levantamiento arquitectónico a la documentación de su estado restaurado.

En el proceso de trabajo se han mezclado técnicas de planificación de vuelo provenientes de la fotogrametría aérea, con equipos topográficos y fotográficos propios de la fotogrametría terrestre. Los resultados obtenidos, en alta resolución, consisten en un banco de imágenes, modelos digitales, ortofotos y secciones, así como vídeos destinados a favorecer la divulgación del bien. Estos productos permiten un profundo análisis de la geometría y de las técnicas y materiales empleados sobre el manto, elementos de gran utilidad para la conservación preventiva.

El trabajo, pionero en objetos textiles de estas características, ha precisado adaptar las técnicas y los equipos al entorno de trabajo de un taller de bordado, así como a las sutilezas que imponen los materiales textiles, brillantes y sagrados sobre los que se ha actuado.

Palabras clave: Fotogrametría, Patrimonio, Documentación, Arte sacro.

Abstract

This paper describes the process of digitisation of the Nuestra Señora del Socorro's procession cape, of the Hermandad del Amor. It is an emblematic piece of Sevillian sacred textile art.

The dimensions of the studied object are 4.80 x 4.60 metres, made of maroon velvet on which a dense gold embroidery is applied. Made in 1957, the cape has undergone a restoration process during the last two years. A virtualisation was carried out by transferring architectural survey techniques to the documentation of its restored state.

In the work process, aerial photogrammetry techniques have been combined with topographic and photographic equipment from terrestrial photogrammetry. The results obtained, in high resolution, consist of a bank of images, digital models, orthophotos and sections, as well as videos to disseminate the asset. This enables an in-depth analysis of the geometry, techniques and materials used on the cape, useful for conservation.

Pioneer in textile objects of these characteristics, this work has required adapting the techniques and equipment to the working environment of an embroidery workshop, as well as to the nuances of these shiny and sacred textile materials addressed.

Keywords: Photogrammetry, Heritage, Documentation, Sacred art.

1. Introducción

El patrimonio textil sacro, debido a la gran fragilidad de sus materiales constitutivos, es muy susceptible a degradarse. El inevitable y gradual deterioro de un material tan sensible, sometido además a un uso y manipulación continuados y a un almacenaje sin control de parámetros ambientales de conservación, ha provocado la pérdida de infinidad de textiles irrepetibles. La restauración se complica al no disponer hoy de los mismos materiales y técnicas que se utilizaron para su elaboración, que ya son parte de nuestro pasado [1].

El ser humano, de alguna forma, debe sentirse depositario de esta herencia patrimonial y tiene que estar implicado en su mantenimiento. Es importante conocer y conservar este legado. Para ello, es necesario adoptar un nuevo enfoque para con estos objetos, en muchos casos piezas aparentemente insignificantes, pero que esconden un valor histórico importante y reflejan los gustos, costumbres y riqueza de una época anterior [2].

No se puede conservar todo para siempre, ni se puede pretender que dejen de usarse los bienes de arte textil sacro para lo que fueron concebidos. Tampoco se persigue aquí proponer posibles mejoras en las condiciones de uso, mantenimiento o almacenaje. Sin embargo, sí se defiende que una documentación pormenorizada y la digitalización [3] de este tipo de enseres pueden resultar elementos clave para la evaluación de su estado, y como paso previo a cualquier actuación de conservación.

En este sentido, en este trabajo se aplican técnicas avanzadas de levantamiento arquitectónico sobre una pieza emblemática de la Semana Santa sevillana.

1.1. Manto de Salida de Nuestra Señora del Socorro (Hermandad del Amor, Sevilla)

El manto de salida de Nuestra Señora del Socorro (Hermandad del Amor de la ciudad de Sevilla, España) fue elaborado entre los años 1953 y 1957 por la maestra bordadora Concepción Fernández del Toro, a partir del trabajo de Joaquín Castilla Romero, maestro del diseño ornamental (1888-1969).

El dibujo del manto, denominado "Siglo XVIII", fue realizado en estilo barroco-renacentista por el mencionado autor, que se erigió ganador del concurso de ideas convocado por la Hermandad en 1952, y al que acudieron los más prestigiosos diseñadores del momento.

Esta gran obra de arte está considerada por los especialistas como uno de los mejores exponentes del bordado sevillano. En su confección se usa exclusivamente hilo de oro sobre terciopelo de seda burdeos. La obra destaca por el complejo diseño de los módulos ornamentales, con notables realces de acusados volúmenes y con piezas sobrepuestas, está ejecutada en la difícil técnica de la "paredilla" y en múltiples tipos de puntos. Según el dossier de restauración de la Hermandad, tiene unas dimensiones de 4,70 x 4,87 m. [4].

Los bordados se organizan en calles que, dispuestas en forma radial guardan una aparente simetría axial. Dentro de cada una de ellas, un mismo dibujo se repite a modo de módulo de bordado y se ajusta en tamaño decreciendo hacia la parte superior del manto. El diseño contempla dos dibujos diferentes que van alternándose: el motivo ornamental principal está inspirado en un hermoso frontal del Siglo XVIII del Tesoro de la Catedral de Sevilla, llamado popularmente "de los bollos" o "de la bollería"; el otro motivo representa una suerte de capilletas o templetas con reminiscencias renacentistas. El manto cuenta con una ancha greca perimetral ricamente bordada, constituida por dos galones entre los que se disponen elementos ornamentales de carácter vegetal.

La obra ha sufrido pequeñas modificaciones, siendo la más importante la realizada en los talleres de artesanía Fernández y Enríquez hacia el año 1988, en la que se le añaden varias tiras de blonda dorada a la altura de la toca de sobre-manto.

A pesar de que dicho manto prácticamente solo se utiliza para la salida procesional de cada Domingo de Ramos, su estado de conservación ha venido sufriendo un deterioro lógico por el paso de los años, ya que han transcurrido más de seis décadas desde su estreno allá por abril de 1957.

En el último informe del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH) [5] sobre su estado de conservación realizado en 2009 se concluye: *"(...) se podría plantear a corto plazo la conveniencia de un "pasado" de los bordados a un nuevo soporte de terciopelo. En este aspecto primaría más el carácter procesional y funcional de la obra, pero para ello sería preciso proyectar dicho "pasado", con los criterios de conservación textil aplicados en piezas de museos y que son los que actualmente se siguen en el IAPH. Esta operación sería realizada en un taller de bordados en el que se respetara al máximo el original y con materiales similares a los que fueran a ser suprimidos."*

La técnica del "pasado" sugerida por el IAPH es una intervención que se practica sólo en casos estrictamente necesarios y con el fin de permitir que una obra de arte, con connotaciones devocionales o de uso, siga cumpliendo la funcionalidad para la que fue creada.

En este contexto, se pretende poner de manifiesto la existencia de un rico e impresionante patrimonio en textiles y bordados, buena parte del cual está salvaguardado por cofradías y hermandades. La contribución de la comunidad científica en este ámbito pasa por la documentación, análisis e investigación para su preservación.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es virtualizar el manto al término del proceso de su restauración, obteniendo una documentación gráfica que pueda servir de base para futuros trabajos de análisis, estudio, conservación, difusión y réplica total o parcial del bien documentado.

Por otro lado, también se contempla como objetivo la validez de la fotogrametría, como técnica no invasiva, para el levantamiento de este tipo de textiles.

2. Metodología

Para la consecución de los objetivos marcados, se diseña un proceso fotogramétrico en el que se obtiene en primer lugar un paquete fotográfico que ya conforma en sí el primer y principal banco de datos del objeto. Cada una de las tomas fotográficas será el mejor testigo 2D del estado restaurado de una porción del manto.

Pero, para evidenciar el estado del objeto en su totalidad, a la mayor calidad posible, es necesario ensamblar ordenadamente todo un conjunto coherente de imágenes y procesarlas dentro de un software específico hasta conseguir un modelo 3D que replique fidedignamente tanto la forma como el colorido.

La experiencia nos dicta que para obtener el aspecto más nítido posible del manto (la mejor textura) las tomas fotográficas deben ser ortogonales a la superficie estudiada, mientras que para poder captar y replicar el relieve del enser con mayor detalle (mejor geometría), es conveniente contar con tomas oblicuas a la superficie principal.

Las dificultades más notables en este caso de estudio son el contraste entre la parte textil del manto, que configura un fondo muy oscuro con necesidad de aporte de iluminación, y la parte bordada, que demanda un tamizado de esta. Además, su geometría flexible y

variable obliga a extender el bien sobre una superficie horizontal, en este caso el suelo, para que permanezca indeformable. De esto último derivan otras dificultades, como son las estrictas limitaciones del espacio de trabajo, con una superficie de 8,56 x 5,25 m para albergar un manto inscrito en un rectángulo de 4,80 x 4,60 m.

El plazo de ejecución de la toma de datos también condicionó fuertemente el proceso de trabajo, debiéndose limitar a una jornada laboral para no interrumpir los últimos trabajos del taller de bordado, que como remate final debía colocar un encaje perimetral no contemplado como objeto de virtualización.

Las dificultades expuestas condicionaron la planificación y desarrollo del trabajo, así como la selección de la técnica y el instrumental empleado, todo lo cual se detalla a continuación:

2.1. Técnica de levantamiento: fotogrametría vs escaneado 3D

Los departamentos implicados en el levantamiento contaban con distintos tipos de escáneres, un dron y cámaras fotográficas.

Dado que las dimensiones de la sala impedían el montaje de un andamio desde el que proceder a un escaneo, esta herramienta fue descartada desde un principio.

La posibilidad de uso del dron también quedó relegada ante la dificultad de vuelo en interiores y el riesgo de producir daño en un bien de interés cultural (BIC). Consecuentemente, el instrumental seleccionado fue una cámara digital, que además proporciona una mayor calidad de textura frente a las herramientas anteriormente mencionadas [6].

Con el objetivo de hacer una toma de datos lo más ortogonal posible a la superficie del manto, y ante la imposibilidad de situarnos sobre él, el equipo de trabajo se vio abocado a diseñar una estructura auxiliar (Fig. 1) sobre la que deslizar la cámara, para así combinar técnicas provenientes de la fotogrametría aérea con equipos topográficos y fotográficos propios de la fotogrametría terrestre.



Fig. 1. Estructura auxiliar para desplazamiento de la cámara.

2.2. Instrumental empleado

Los departamentos implicados en el levantamiento contaban con distintos tipos de escáneres, un dron y cámaras fotográficas.

Fotográfico	
Cámara fotográfica	Cámara EVIL (Electronic Viewfinder Interchangeable Lenses), Panasonic Lumix G-9 de 21,77 megapíxeles totales, con un tamaño de sensor de 17,3 x 13 mm
Disparador	Disparador remoto Pixel Oppilas
Tarjeta de balance de blancos	Tarjeta de referencia calibrada de color blanco, para el equilibrio de luz y la exposición fotográfica
Topográfico	
Estación total	Leica FlexLine TS02 Plus. Con medición láser
Trípode	Trípode topográfico de madera NEDO
Estrella	Estrella de apoyo Leica GST4. Para para la colocación segura del trípode sobre superficies lisas o deslizantes
Dianas	6 dianas circulares de 12 bits
Informático	
Ordenador	Estación de trabajo con microprocesador AMD Ryzen Threadripper 1950X de 16 núcleos (32 hilos) @3,4 GHz, 32GB RAM DDR4 @3.000 MHz, tarjeta gráfica NVIDIA RTX 2070 8 GB GDDR6 de 256 bits y 2560 núcleos CUDA, y disco duro de estado sólido (SSD) NVMe M.2 PCIe 3.0 SAMSUNG 970 EVO de 500 GB de capacidad.
Software específico de fotogrametría	Agisoft Metashape 2.0.1. professional edition
Software específico de renderizado	Twinmotion 2023.1
Material auxiliar	
2. Estructura	3. De fabricación propia. Realizada con rieles de acero galvanizado de 5,5m de longitud, plataforma deslizante con rótula basculante y zapata para fijación de cámara

Tabla 1. Instrumental empleado en el levantamiento.

2.3. Planificación del trabajo

La planificación del trabajo se basó en la realización de pruebas experimentales que simulaban las condiciones en las que se llevarían a cabo la toma de datos: empleando el instrumental seleccionado, una muestra de textil de características similares a las del manto, y una iluminación semejante.

En base a los resultados de estas pruebas se seleccionaron los ajustes de la cámara que ofrecen la mayor nitidez: distancia focal 25mm, ISO 200, apertura de diafragma F8, cálculo automático de velocidad de obturación y disparo retardado de 5 segundos, para minimizar el efecto de posibles vibraciones de la estructura auxiliar.

La planificación de la toma de datos se diseñó para obtener un equilibrio entre la mayor resolución posible y una cantidad de imágenes que se ajustase estrictamente al tiempo de ejecución disponible (una jornada de trabajo, que debía incluir desplazamientos, montaje y desmontaje del instrumental auxiliar, toma de fotos, apoyo topográfico, comprobaciones, entre otros).

En base a ello, se determinó la altura del plano de trabajo a 1,24 m sobre el manto, lo que arrojó, en las tomas cenitales, un GSD (Ground Sample Distance) teórico de 0,124 mm, muy por debajo del límite de percepción visual de 0,02 mm [7].

2.4. Desarrollo

El trabajo de campo se llevó a cabo del siguiente modo:

- 1 pasada en parrilla con captura cenital y solape tanto longitudinal como transversal del 60%. La aplicación de estos ajustes con un margen de seguridad en los solapes arrojó un total de 576 fotografías, y demandó algo más de 3 horas y cuarto de trabajo.
- 2 pasadas complementarias en parrilla con la cámara en posición oblicua, de las que resultaron un total de 460 imágenes (en las comprobaciones realizadas durante el proceso de toma de datos, se detecta que en las fotografías en las que aparece terciopelo sin bordado se producen fallos en el enfoque automático de la cámara, por lo que se realiza una pasada extra a menor altura, 1,04 m y con enfoque manual), y al menos dos horas y media más de trabajo.

A fin de otorgar más rigor a la geometría del objeto y de disponer de herramientas que permitan tanto escalar el modelo como validar el procesado fotogramétrico, se planifica la disposición perimetral de 6 puntos de control (uno de ellos perdido en el proceso de trabajo), materializados con dianas codificadas, cuyas coordenadas locales serán calculadas con la estación total y lectura láser (Fig. 2).

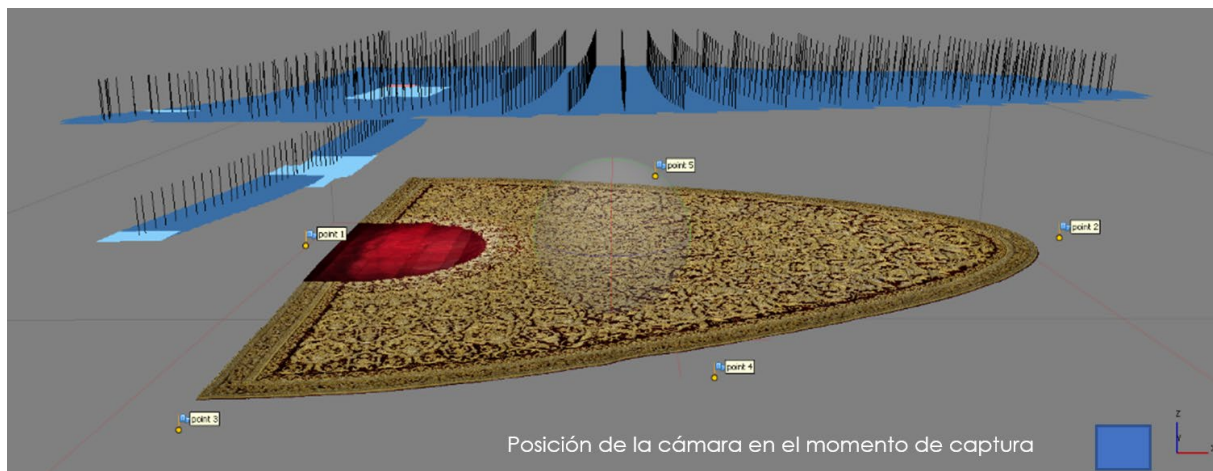


Fig. 2. Toma de datos: Recorrido fotográfico y posicionamiento de las cámaras en las tomas ortogonales. Puntos de control medidos con la estación total.

2.5. Procesado de los datos

El software elegido para realizar estos trabajos fue Agisoft Metashape, que permite desde corregir las aberraciones presentes en cada fotografía y calcular la posición en la que fueron tomadas, hasta generar un modelo texturizado y procesarlo para conseguir proyecciones, secciones, curvas de nivel, ortofotos, etc.

La cantidad y resolución de las imágenes, así como la calidad buscada en los resultados, son determinantes en el tiempo de procesado. Debido a unos plazos de entrega ajustados, se decidió realizar un doble trabajo: i) abarcando la totalidad del manto para obtener un modelo general, en el que se emplearon únicamente las tomas cenitales; ii) centrado en un sector de 0,86 x 0,72 m para obtener la documentación detallada de un módulo de bordado, incluyendo todas las tomas, cenitales y oblicuas, enfocadas en la zona.

En ambos casos, se realizó un procesado similar. Detallamos a continuación los aspectos más significativos de la virtualización del manto completo:

La orientación de las imágenes se realizó en calidad alta, preselección genérica, 40.000 puntos clave y 4.000 puntos de paso por foto. Esto arrojó una nube de puntos dispersa con un total de 379.304 puntos y un archivo de 47,38 MB.

La generación de nube de puntos densa se llevó a cabo en calidad alta, incluyendo información del color de cada punto (Fig. 3) en forma de coordenadas RGB (Red, Green, Blue). Esto resultó en un total de 325.025.405 puntos, con un tamaño de archivo de 4,92 GB.

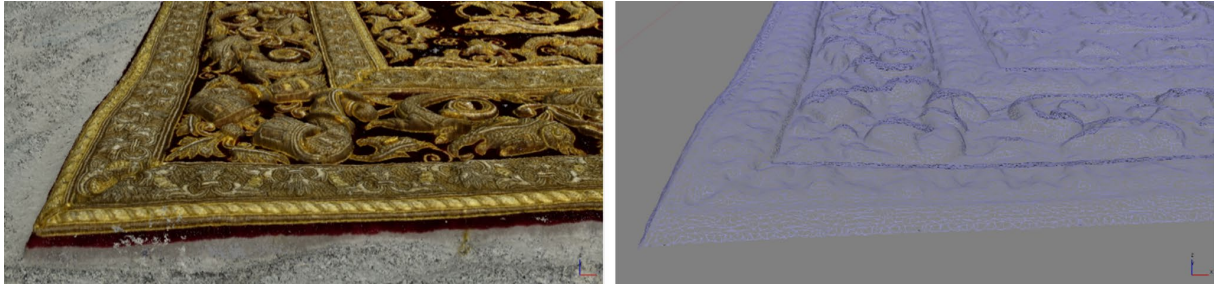


Fig. 3. Nube de puntos densa (izquierda) y malla 3D decimada a 10 millones de puntos (derecha).

Aunque la nube de puntos densa constituye una base de datos extraordinaria y permite aplicar herramientas de limpieza, filtrado, clasificación, etc., muy útiles en campos como la topografía, en el caso que nos ocupa se optó por archivarla y generar la malla a partir de mapas de profundidad con calidad extra-alta y se aplica un nivel leve de filtrado. La malla así generada consta de 147.455.205 caras, 73.742.265 vértices, con un archivo de 6,55 GB.

Para texturizar el modelo se seleccionaron las tomas ortogonales de mayor calidad. Se aplicó un modo de mapeado genérico, mezcla en mosaico y se generaron cuatro texturas 4K, dando como resultado una imagen de 16.384 x 16.384 píxeles, con un peso de 53,4 MB. Además, se calcularon mapas de oclusiones y de normales para la posterior reproyección de la textura obtenida sobre otras mallas menos pesadas.

La malla *high poly* obtenida constituye una de las herramientas de documentación que ofrece este trabajo, pero su elevado peso hace que sea inabordable desde la mayoría de dispositivos electrónicos. Por tanto, se procedió al decimado o reducción de la misma obteniendo así un modelo *low poly* (Fig. 3). Sobre él se re proyectaron las texturas y mapas anteriormente generados (Fig. 4) para evitar una pérdida de calidad visual.

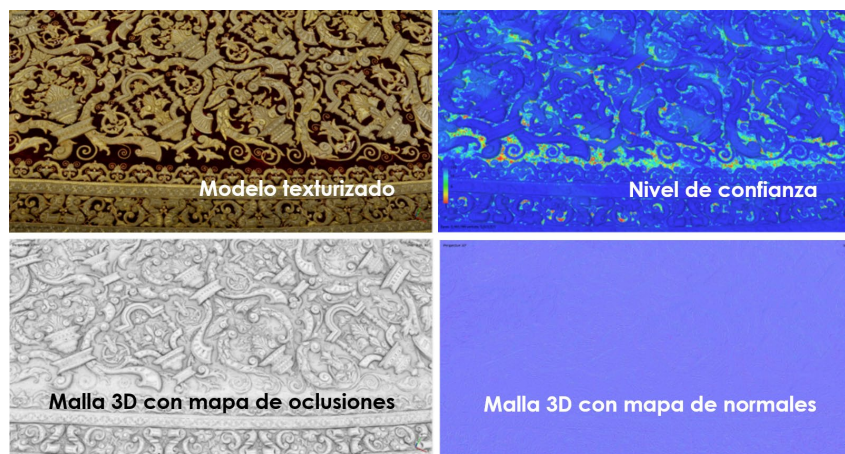


Fig. 4. Detalle del modelo en diferentes modos de visualización

3. Resultados

Los resultados obtenidos del levantamiento fotogramétrico de esta pieza de gran valor son diversos y en alta resolución.

Por un lado, el banco de 1.036 fotografías constituye uno de los resultados más valiosos de este trabajo. Primero, porque cada toma documenta minuciosamente el estado actual de una porción del manto; y segundo, porque en un futuro podrán ser tratadas, en su conjunto, con técnicas o equipos más potentes, siendo fuente potencial de mejores resultados.

Los modelos digitales texturizados del manto constituyen uno de los principales resultados, pues son muchos los productos de salida que pueden ofrecerse. Uno de los que se presentan, por su utilidad para la conservación y la investigación, son las ortofotos. Las figuras 5 y 6 muestran, respectivamente, las ortoimágenes a escala del manto completo y del detalle de un módulo de bordado, donde se aprecian las proporciones y geometría del manto original, así como los distintos materiales y tipos de puntos empleados.



Fig. 5. Ortofoto del Manto de salida de Nuestra Señora del Socorro.



Fig. 6. Detalle de un sector con bordado de "bollete".



Fig. 9. Enlace a vídeo de difusión.

Teniendo en cuenta que el objeto virtualizado es una muestra de nuestro patrimonio artístico, religioso y cultural, su divulgación cobra especial relevancia. Es por ello por lo que se han generado renders hiperrealistas de la malla 3D texturizada, que muestran distintas zonas del manto con ajuste a las condiciones de iluminación del entorno virtual (Fig. 7 y 8).

Con las mismas pretensiones se ha realizado un vídeo divulgativo del proceso y resultado del trabajo completo, cuyo enlace se facilita en la figura 9 [8].



Fig. 7. Render con detalle de altura de bordados.



Fig. 8. Render de la cola del manto.

4. Conclusiones

El presente trabajo, pionero en objetos textiles de estas características, es un ejemplo de la utilidad de la fotogrametría en este campo. Se ha demostrado experimentalmente que es posible transferir procesos de documentación y digitalización propios del patrimonio arquitectónico a una pieza proveniente del arte textil sacro. A su vez, se ha logrado representar el estado restaurado de una obra de gran valor.

Más allá de los resultados arriba presentados, la virtualización llevada a cabo permite obtener documentación y productos de utilidad tales como secciones, modelos virtuales, experiencias de realidad aumentada, mixta y virtual, modelos de exploración, u objetos impresos en 3D, entre otros.

De la misma forma, pueden generarse modelos digitales de elevaciones y curvados con los que estudiar la volumetría, tan característica en este manto; asimismo se posibilitan clasificaciones de puntos, estudios de color, vectorizados, extracción de plantillas de estarcido para la restauración y confección de bordados, etc.

Contar con un modelo 3D preciso con textura original en alta resolución permite, además de la preservación digital del activo patrimonial, realizar un profundo análisis de la geometría, técnicas o materiales empleados sobre el manto. Las implicaciones de esta exhaustiva documentación gráfica son útiles, entre otros propósitos, para sentar las bases de la conservación preventiva del bien. En este sentido, el control geométrico de deformaciones en distintas etapas de su ciclo de vida posibilita su monitorización para respaldar futuras intervenciones de conservación, restauración y reposición en caso de pérdida, o la réplica total o parcial del manto.

Por lo que respecta a las limitaciones del trabajo, estas derivan del instrumental de campo y del *hardware* disponible, así como de la severa limitación de espacio y tiempo para llevarlo a cabo. Cabe destacar que el control de la luz es un aspecto importante en la fotogrametría; en este sentido, la iluminación ha sido la principal limitación del trabajo. En un objeto altamente sensible a la iluminación artificial, como es un manto bordado con hilo metálico, esta puede incrementar notablemente la temperatura de los bordados, o influir en la pérdida de coloración del tejido de fondo. Por este motivo, la captura de imágenes se realizó con la misma mezcla de iluminación natural y artificial utilizada en el taller de bordado. No obstante, se han echado en falta estudios exhaustivos sobre la viabilidad de aplicar distintos tipos de iluminación sobre este tipo de bien, y la posibilidad de adecuarla a un caso como este, que incorpora materiales con respuestas tan dispares ante la cámara fotográfica como son el terciopelo y el hilo de oro.

Finalmente, se espera que la evolución de la técnica posibilite en el futuro una reconstrucción virtual incluso más precisa a partir del banco de imágenes, pues nuevos equipos informáticos y algoritmos deberían mejorar los tiempos y procesos para generar la geometría y facilitar el manejo de datos. Por tanto, este trabajo abre un amplio campo de actuación que tenga implicaciones para la investigación y la conservación preventiva del arte textil sacro.

5. Referencias

- [1] García Fernández, I. (2013). La conservación preventiva de bienes culturales. Ed. Alianza Editorial. ISBN: 978-84-206-7865-8
- [2] Bermúdez Sánchez, C. (2020). Guía básica para la conservación del patrimonio cofrade. Ed. Editorial Técnica AVICAM. ISBN: 978-84-18147-19-7

- [3] De los Ríos de Rojas, CH Montero Moreno, A. Olmedo Ponce, M. Fernández González, L. Rodríguez Oliva, M.C. (2017), Conservación del patrimonio textil "Guía de buenas prácticas" Ayuntamiento de Antequera. DL.: MA995-2017.
- [4] Hermandad del Amor (2023). Dossier de la restauración del manto de Nuestra Señora del Socorro. Sevilla.
- [5] Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, Centro de Intervención en el Patrimonio Histórico. (2009) Informe Diagnóstico y Propuesta de Intervención: "Manto procesional de la Virgen del Socorro, 1957" Hermandad del Amor, Sevilla.
- [6] Peña-Villasenín, S., Gil-Docampo, M., & Ortiz-Sanz, J. (2019). Professional SfM and TLS vs a simple SfM photogrammetry for 3D modelling of rock art and radiance scaling shading in engraving detection. *Journal of Cultural Heritage*, 37, 238–246. DOI: 10.1016/j.culher.2018.10.009
- [7] Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (2011). *Recomendaciones Técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales*. Recuperado de: https://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/patrimonio-cultural/documentos/gestion-informacion/recomendaciones_tecnicas_documentacionm_geometrica..pdf
- [8] Antón, D., Cantillana-Merchante, C., Infante-Perea, M., Martín-del-Río, J. J., & León-Muñoz, M. (2023). *Manto de Salida de Nuestra Señora del Socorro - Fotogrametría y exploración virtual realista*. YouTube. <http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/48368/>

Agradecimientos

Esta investigación ha sido respaldada por un contrato de investigador postdoctoral financiado por el VI Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad de Sevilla, con referencia VIPPIT-2020-II.5.

EXPLORACIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA CIUDAD CÓSMICA DE IANNIS XENAKIS

THREE-DIMENSIONAL EXPLORATION OF THE COSMIC CITY BY IANNIS XENAKIS

Felipe Asenjo Álvarez^{ac}, Susana Moreno Soriano^{bd}, Diego García Cuevas^{be},
Jorge Cerdá Inglés^{bf}

^a Universidad de Alcalá, Madrid, Spain

^b Universidad Europea de Madrid, Madrid, Spain

^c f.asenjo@uah.es, ^d susana.moreno@universidadeuropea.es,

^e diego.garcia2@universidadeuropea.es, ^f Jorge.cerda@universidadeuropea.es

How to cite: Asenjo Álvarez, F.; Moreno Soriano, S.; García Cuevas, D.; Cerdá Inglés, J. (2024). *Three-dimensional exploration of the cosmic city by Iannis Xenakis*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 35-42.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Xenakis concretó en una imagen su propuesta de habitar: la Ciudad Cósmica.

Contra lo que denominó como el "mito del ortogonalismo" y la incongruencia que consideraba, que se producía cuando la recta y el rectángulo se superponían al espacio "curvo-natural" propuso una ciudad de hiperconcentración. Basada en la verticalidad, con la presencia de la curva en la estructura, la concibió como una "cáscara vacía de doble pared en enrejado". La forma, resistente, se definía mediante superficies doblemente curvadas, que anularían las fuerzas de flexión y torsión. La idea la expresó en un texto al que más tarde Xenakis acompañaría de esta perspectiva.

La investigación se integra en el proceso de abstracción de la realidad previo a su representación gráfica o modelización. Se propone como objetivo el ejercicio de hacer concreto lo que se presenta como abstracto: se estudiará geométrica y formalmente la propuesta de ciudad de Xenakis, grafiando y reproduciendo un modelo tridimensional físico y virtual, adoptando como material de investigación la información contenida en referencias: textos, entrevistas y la presente imagen.

Se plantea a estudiantes de primero de arquitectura, de manera dirigida, pero no pautada. Como resultado deberán establecer conductas competentes en cuanto al manejo de información y su tratamiento, al tiempo y al cumplimiento de expectativas.

La investigación propuesta es inédita y visibilizará aspectos de la obra de Xenakis que se encuentran en documentos separados, uniéndolos para valorar el alcance de su propuesta. La investigación y acción docente se enmarca en un proyecto de Escuela concebido como homenaje a la figura del arquitecto, compositor, ingeniero y pensador en el centenario de su nacimiento.

Palabras clave: Xenakis, Ciudad Cósmica, Fabricación digital, Dibujo paramétrico.

Abstract

Xenakis specified in an image his proposal to inhabit: the Cosmic City.

Against what he defined as the "myth of orthogonalism" and the inconsistency that he considered, which occurred when the straight line and the rectangle overlapped the

"natural-curved" space, he proposed a city of hyper-concentration. Based on verticality, with the presence of the curve in the structure, he conceived it as an "empty shell with a double-walled latticework". The resistant form was defined by doubly curved surfaces, which would nullify the forces of bending and torsion. The idea was expressed in a text that Xenakis would later accompany from this perspective view.

The investigation is integrated into the process of abstraction of reality prior to its graphic representation or modeling. The objective is the exercise of making tangible what is presented as abstract: the proposal for the city of Xenakis will be studied geometrically and formally, graphing and reproducing a three-dimensional physical and virtual model, adopting as research material the information contained in references: texts, interviews and this image.

It is proposed to first-year students of architecture, in a guided, but not scheduled way. As a result, they must establish competent skills regarding the management of information and its treatment, time and compliance with expectations.

The proposed research is unprecedented and makes visible aspects of Xenakis' work that are found in separate documents, uniting them to assess the scope of his proposal. Research and teaching action is part of a school project conceived as a tribute to the figure of the architect, composer, engineer and thinker on the centenary of his birth.

Keywords: Xenakis, Cosmic City, Digital fabrication, Parametric drawing.

1. Introducción.

Iannis Xenakis en su escrito "La Ciudad Cómica" [4] propone una ciudad vertical, caracterizada por una alta concentración de habitantes, con una elevada eficiencia estructural y tecnológica, prevista para crear artificialmente las condiciones óptimas de confort con independencia de las condiciones del clima del lugar en el que se erigiese.

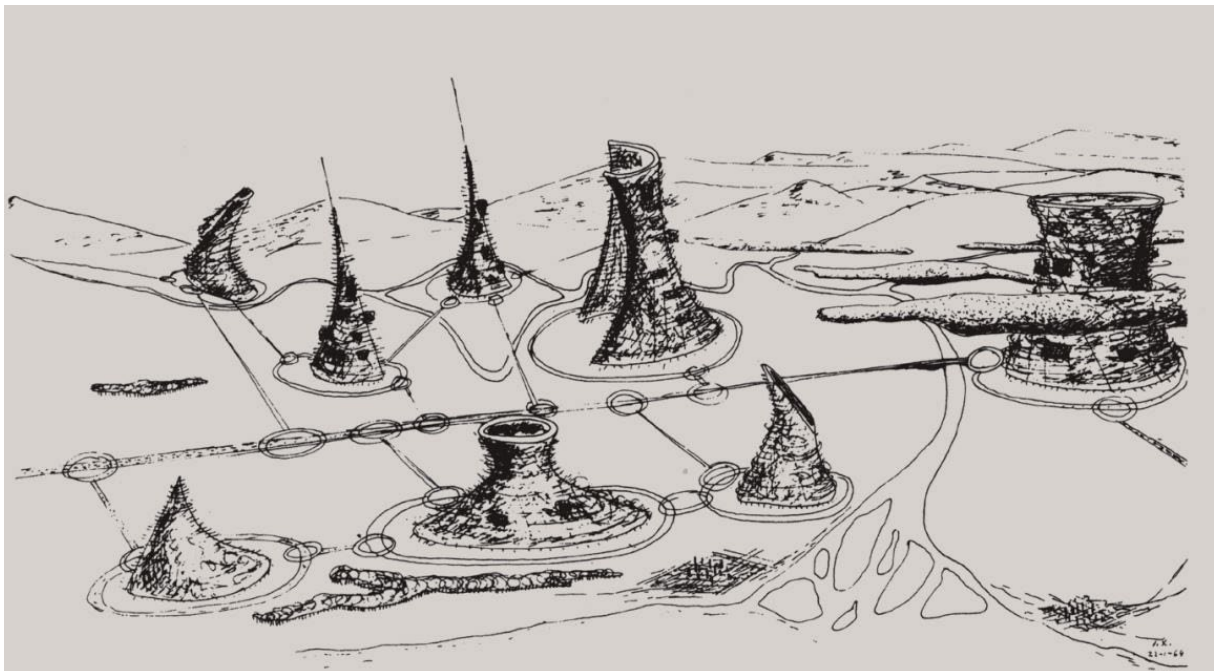


Fig. 1. La Ville Cosmique (perspectiva aérea), 1964. Tinta sobre Papel. Archives Iannis Xenakis, Bibliothèque Nationale de France, París. También se encuentra en [7]. Música arquitectura. Barcelona: Antoni Bosch.

El escrito que redactó a petición de Françoise Choay, para incluir en el compendio "El Urbanismo. Utopías y Realidades" [4], tenía una estructura tripartita. En la primera parte, Xenakis argumentaba en contra de los modelos urbanísticos descentralizados que se estaban implantando en los años sesenta y a favor de la tendencia natural a la centralización. En la segunda planteaba una "axiomatización" sobre su concepto urbanístico y arquitectónico en catorce puntos imbricados entre sí, donde enunciaba las características de una ciudad vertical de varios miles de metros de altura, completamente autónoma del suelo y del paisaje. Sería, además, totalmente industrializada y precisa; una "auténtica vestimenta colectiva" que la haría independiente del clima y con un sistema de movilidad neumático por coordenadas cilíndricas. Esta mega estructura ligera, prevista para alojar una arquitectura móvil que haría posible una sociedad con una gran libertad de reconfiguración, acogería una perfecta mezcla de clases. La tercera parte del escrito la dedicó a las soluciones técnicas, planteando la utilización de estructuras en cáscara hueca de doble pared con un espesor medio de 50 metros para albergar a una población de cinco millones de habitantes; especialmente superficies alabeadas como paraboloides hiperbólicos (P.H) o hiperboloides de revolución que evitarían esfuerzos a flexión y torsión, y sólo admitirían, salvo en los bordes, esfuerzos de tracción, compresión y cortante, y que serían además muy eficientes al poderse construir con piezas lineales [2].

Del concepto volvió a hablar en la entrevista para la televisión canadiense realizada con motivo de la inauguración del Politopo de Montreal, el primero de una serie de espectáculos de luz y sonido que realizó a lo largo de su carrera, pudiéndose ver a un joven Xenakis, superada la fase de su paso por el estudio de Le Corbusier y en una etapa de una gran popularidad [8].

Xenakis dibujaría además una perspectiva aérea de un conjunto de ciudades cósmicas que publicaría en 1971 en su libro "Música Arquitectura" [7], si bien, el boceto original está firmado en Berlín en 1964. En "Música Arquitectura" la imagen estaba descrita con el siguiente pie de texto: "Un grupo de ciudades cósmicas que puede remplazar ventajosamente el océano de las aglomeraciones que se extienden desde Boston hasta Washinton pasando por Nueva York y totalizando 25 millones de habitantes". En una entrevista con Michel Rangon, con motivo de la defensa de su tesis doctoral, Xenakis declararí a propósito del modelo formal de la Ciudad Cósmica "Me vino de repente, mediante una especie de iluminación, cuando estaba dibujando el Pabellón Philips, formado por superficies de doble curvatura" [3].

2. Justificación.

"La técnica, completamente industrializada y formalizada, transformará la ciudad en una verdadera vestidura colectiva, en un receptáculo y en un instrumento biológico de los pueblos" [4].

Françoise Choay en 1965, en un sentido crítico [4], acuñó el término "tecnotopías" en referencia a propuestas de megaciudades de alta densidad, generalmente en altura, con el fin de liberar el territorio para usos naturales, y basadas en una técnica, que en aquel momento parecía de desarrollo rápido e infinito.

En la tercera década del siglo XXI, si bien no encontramos límites a la tecnología, somos conscientes de que su desarrollo tiene sus tiempos, y de que genera cambios de rumbo inesperados; especular con el futuro es incierto, porque la realidad superará nuestras expectativas. Así, somos conscientes de un cierto retraso en el ámbito del diseño arquitectónico en comparación con la ingeniería, especialmente visible en el medio productivo, en el que con cada vez mayor frecuencia se encuentran procesos directos desde el modelo digital a la máquina de producción, eliminando tanto vistas ortogonales a escala, como procesos manuales en fábrica. Sin embargo, en ambos casos, el mundo profesional y educativo permanece a la espera de herramientas inmersivas, más versátiles que las pantallas. El retraso en las expectativas tecnológicas es generalizado: tras un avance

ultrarrápido de las realidades Virtual y Aumentada, y el anuncio de la WEB 4.0 como inmersiva, todo se ha ralentizado probablemente por los acontecimientos globales, tan conocidos como inesperados, que nos mantiene en tecnologías que suponemos interinas (BIM por ejemplo). Sin embargo, las dudas, fundadas o no, sobre el futuro de los sistemas de representación basados en vistas, no amenazan al conocimiento de la geometría; tal vez se requiera ir más allá de la euclidiana, pero aquella que se relaciona con la matemática y la física abre un mundo de oportunidades inexploradas tanto en entornos físico como digitales [5].

En este contexto, de espera y agitación, figuras como Xenakis cobran valor, sobre todo si se reconoce no como un "renacentista" que dominaba con éxito las matemáticas, la geometría y la música, sino como un integrador de conocimientos. La relación entre música y matemáticas es manifiesta, y la obra de Xenakis las conecta a través de la geometría, que es, además, frecuente vínculo con otras disciplinas como refiere Juan Antonio Ramírez en relación con la arquitectura ([1] p. 36). Por ello, y con las herramientas y conocimientos manuales y digitales que se manejan en el entorno educativo universitario de los estudios de Grado en Fundamentos de la Arquitectura, se propone la restitución de la perspectiva que Xenakis firmaba en el 64, sobre la Ciudad Cósmica, analizando y desarrollando aquellas formas abstractas previamente a su representación gráfica y modelización.

3. Metodología: investigación, estudio y formalización.

Xenakis encontraba en la doble curvatura que la forma incorporaba propiedades resistentes que se debían a su geometría y que eran una expresión óptima en cuanto a lo material para las grandes estructuras. No sorprende por ello, al observar la imagen de la Ciudad Cósmica, unas formas correspondientes a lo que podrían ser, a simple vista, paraboloides o hiperboloides de una hoja.

A partir de una bibliografía limitada se indujo a los estudiantes a la investigación de fuentes diversas y dispersas, de manera que se concretó el conocimiento que sobre la ciudad se podía obtener. Adicionalmente se interrogó sobre las superficies regladas invitándolos a investigar sobre su origen y propiedades. Como tercera exhortación se planteó relacionar ambas cuestiones previas. Y en una cuarta, que a la vez fue la primera, se requirió, restituyendo la perspectiva, reconocer aquellos volúmenes que conformaban la Ciudad Cósmica.

Como herramienta para generar la variabilidad en la forma, posición y secciones, de las que lo requerían, se propuso el programador visual Grasshopper de Rhinoceros (herramienta de software para modelado en tres dimensiones basado en NURBS creado por Robert McNeel & Associates).

Los estudiantes, tras el análisis, debieron construir una topografía a escala 1:25.000 mediante fresado de espuma de poliestireno extruido con un router CNC y reproducir las ciudades, a la misma escala, mediante impresión aditiva de PLA.

Generada la maqueta, su imagen pudo poder ser comparada con la original.

4. Desarrollo: levantamiento a partir de la imagen.

Se propuso a los estudiantes, de acuerdo con los conceptos básicos de perspectiva, realizar un análisis de la imagen que permitiese determinar la topografía y las dimensiones de las ciudades representadas.

Tomando como referencia los textos, la elevación de las ciudades alcanzarían los 5.000 metros, "por encima de las nubes". Considerando que se observan desde una perspectiva superior, cada grupo estableció una altura de vista entorno a los 8.000 metros; de hecho, la

imagen recuerda a las vistas desde un avión al atardecer con el sol aparentemente a nivel del observador.

Una vez establecido el horizonte se fijaron puntos de fuga y ejes de referencia a lo largo de los cuales se posicionaron y alinearon los elementos, estableciendo una proporción entre las tallas de éstos.

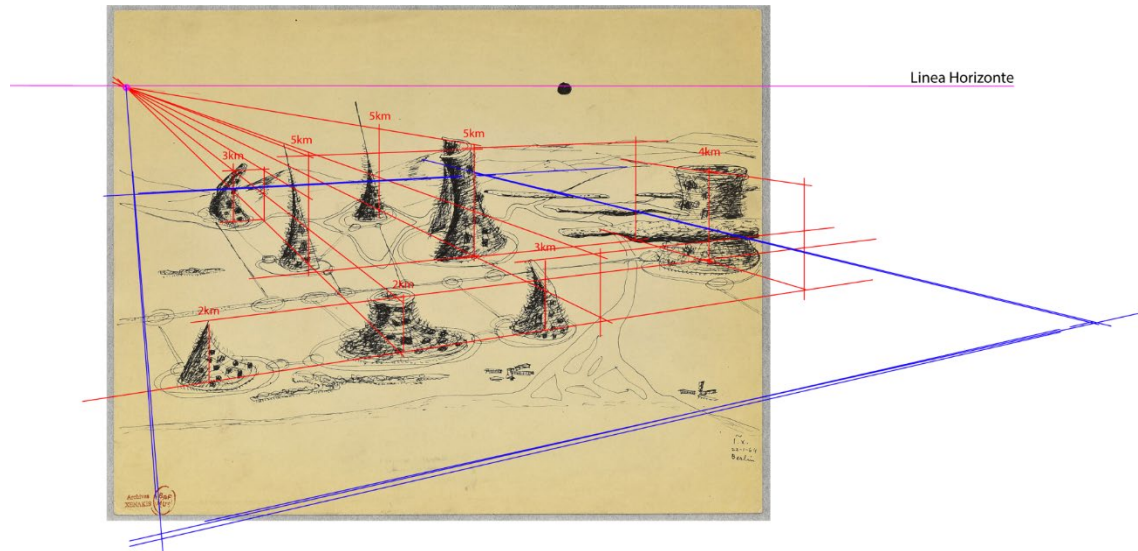


Fig. 2. Imagen elaborada por los autores.

Pese a que, en el citado texto que redactó para Choay, Xenakis describe las estructuras de las megaciudades como paraboloides hiperbólicos o hiperboloides de revolución, algunos grupos quisieron incluir el estudio de conoides, pues no parecía razonable descartarlos al visualizar la imagen. Como introducción, realizaron varios análisis de formas generadas mediante superficies regladas; descompusieron las geometrías del Pabellón Phillips de la Expo del 58 y tras generar una metodología la aplicaron a las formas de la Ciudad Cósmica.

Primero analizan el concepto de superficie reglada, desde las desarrollables como el cono, el cilindro, incluso la cinta de Moebius, hasta las no desarrollables: helicoides, paraboloides hiperbólicos, hiperboloides y conoides. Basándose en el concepto de superficie reglada, desarrollaron diferentes definiciones paramétricas con ayuda del programador visual Grasshopper empleando como elementos parametrizables las directrices y generatrices: a partir de directrices que se dividieron en un mismo número de segmentos, se unieron mediante generatrices, que finalmente se convirtieron en superficies empleando transiciones (loft), y estableciendo así, las siguientes casuísticas principales de análisis:

- Superficies desarrollables:
 - Cilindro: como directrices dos circunferencias y como generatriz una recta perpendicular al plano del círculo.
 - Cono: como directrices una circunferencia y un punto, y como generatriz una recta que los recorra.
- No desarrollables (doble curvatura) con propiedades estructurales apreciables para el caso:
 - Paraboloide hiperbólico: como generatrices dos líneas rectas no coplanarias. Partiendo de dos rectas paralelas y aplicando la definición de superficie reglada se generaba un plano. Al rotar una de las rectas (dejaron de ser coplanarias) se generaron diferentes variaciones de paraboloides hiperbólicos.
 - Hiperboloide de revolución: como directrices dos círculos en planos paralelos y como generatriz una recta entre dos puntos de cada directriz, tal que, la recta era

perpendicular a ambos planos. Al aplicar un giro de cero a Pi radianes en una de las circunferencias se generó una transición entre un cilindro y un cono pasando por diferentes variaciones de hiperboloides.

- Conoide: como directrices una circunferencia y una recta.
 - Conoide horizontal: la recta pertenece a un plano paralelo a la circunferencia.
 - Conoide vertical: la recta es perpendicular a la circunferencia por su centro.

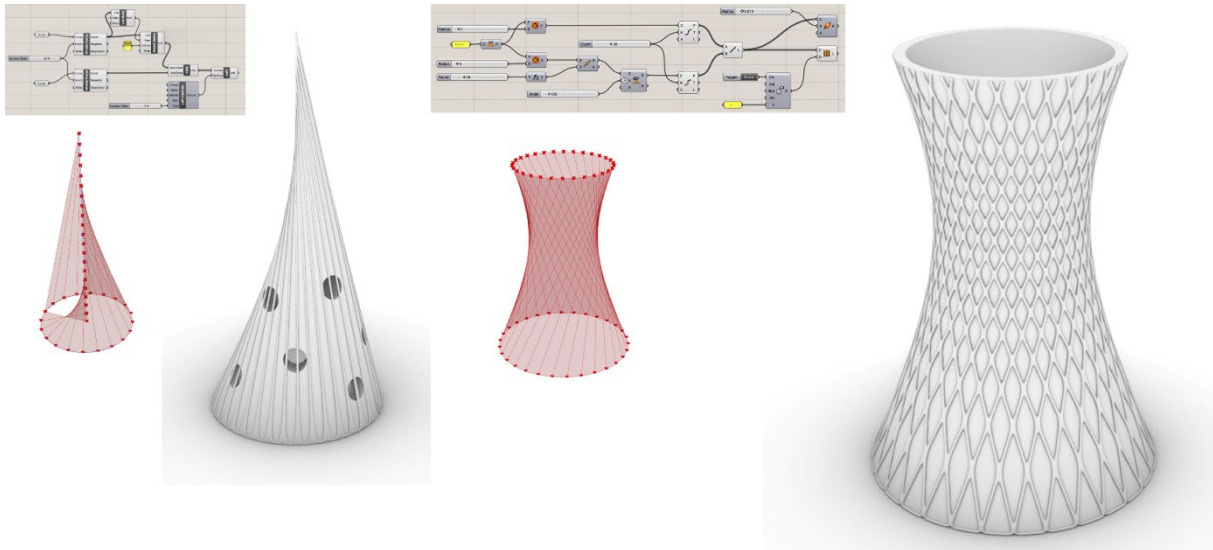


Fig. 3. Modelo paramétrico de un conoide vertical y de un hiperboloide de revolución. Imágenes elaboradas por los autores.

Tras identificar dos geometrías base, el hiperboloide y el conoide vertical, y a partir de la generación de la geometría base, la modificaron de acuerdo con la imagen, cortándola mediante diferentes planos, esferas o cilindros para obtener cada una de las formas que se perciben en la imagen de Xenakis.

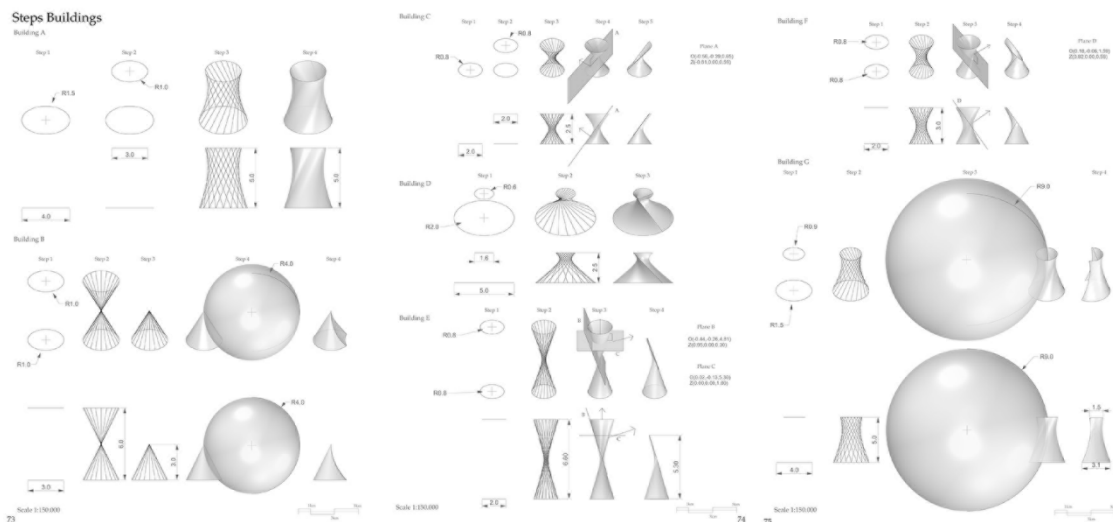


Fig. 4. Construcción de las superficies propuesta por la estudiante Ayelen Dojorti Castro.

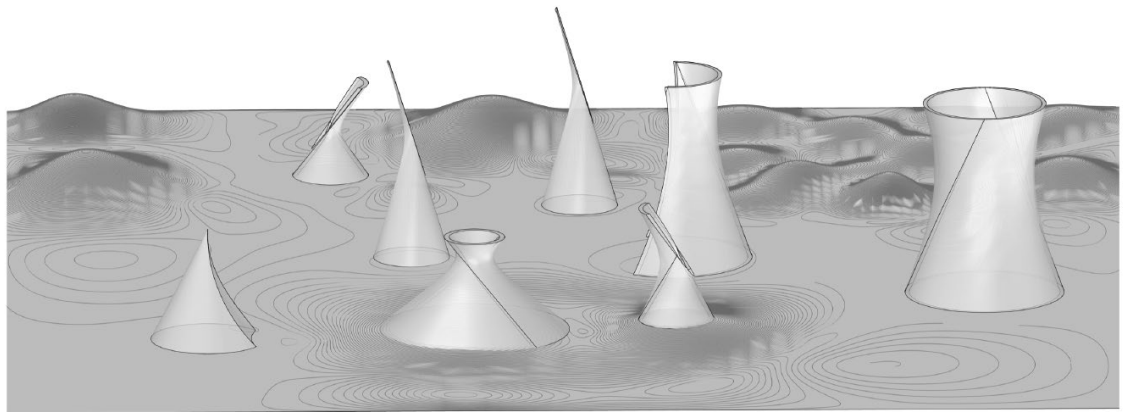


Fig. 5. Maqueta virtual propuesta por la estudiante Ayelen Dojorti Castro.

En el trabajo con conoides fueron capaces de percibir que la representación de Xenakis no se correspondía con un conoide vertical exactamente y propusieron el empleo de media figura completada mediante una simetría. De este modo como directrices usaron un semicírculo y una recta vertical. Al ajustar la posición de la recta, la altura de inicio y la final podían ajustar la curvatura de la superficie conforme con la imagen y la inclinación máxima de la generatriz.

Sin establecer el caso más exitoso, se pudo constatar que era posible la construcción de las ocho formas partiendo de un hiperboloide de revolución, en el que la variación de los parámetros: radios de las bases, altura, ángulo de rotación, número de divisiones en las circunferencias y superficies de corte (planos, esferas o cilindros), junto con el punto de vista, determinaban la analogía de la imagen.

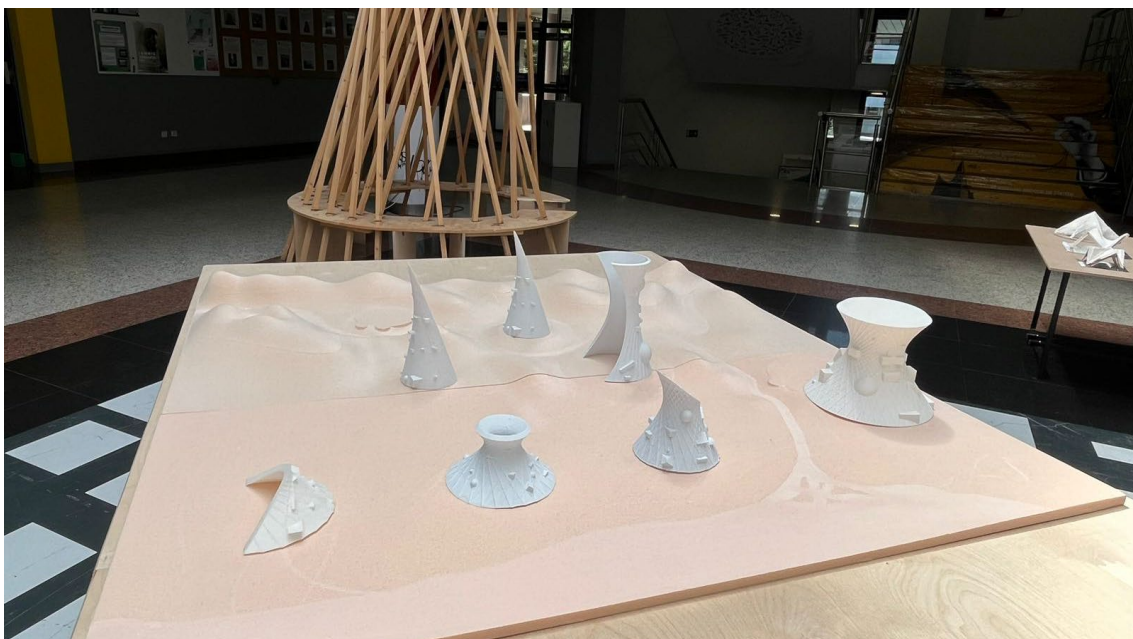


Fig. 6. Maqueta elaborada por los estudiantes de primer curso para la exposición: "Iannis Xenakis. Tecnología y Naturaleza" celebrada como parte del homenaje a Xenakis en el 101 aniversario de su nacimiento (29 de mayo a 9 de junio de 2023). Imagen tomada por los autores.

5. Resultados y Conclusiones.

El caso de estudio escogido y la pauta para abordarlo fueron apropiadas. Las dos primeras fases de investigación sobre la propuesta de la Ciudad Cómica y sobre las formas alabeadas, así como estudio de la geometría del Pabellón Philips, que se conoce en detalle, fueron útiles para abordar las etapas tercera y cuarta en la que se integró la información recabada en las dos primeras fases. Todo ello se llevó a cabo en un periodo de 3 semanas.

La etapa de fabricación en si misma permitió completar el aprendizaje y detectar aspectos a mejorar. Fue necesario recurrir nuevamente a la literatura para determinar el espesor de las estructuras y realizar ajustes finales en la escala.

Una vez resueltas las formas de las superficies, se plantearon nuevos interrogantes relacionados con la forma en que las edificaciones se adherían a la megaestructura en el dibujo de Xenakis abriendo el camino a futuras investigaciones.

La integración en un proyecto interdisciplinar de mayor alcance sobre la figura de Iannis Xenakis y su concreción final en una exposición fueron positivos para enriquecer y hacer duradero el aprendizaje.

6. Citas y Referencias bibliográficas.

- [1] Ramírez, J. A. (1983). *Construcciones ilusorias: arquitecturas descritas, arquitecturas pintadas*. Alianza.
- [2] Xenakis, I. (1970). La Ciudad Cómica. En Choay (Ed. orig.: 1965), *El Urbanismo: Utopías y Realidades*. Lumen.
- [3] Xenakis, I. (2009). *Música de la Arquitectura*. Ediciones Akal.
- [4] Choay, F. (1965). *El urbanismo, utopías y realidades*, Ed. Lumen, Barcelona.
- [5] Biagioli, F. (2017). Space as a Source and as an Object of Knowledge: The Transformation of the Concept of Space in the Post-Kantian Philosophy of Geometry. *Space, Time and the Limits of Human Understanding*, 3-14.
- [6] Calzado de Toro, P., & Raposo Grau, J. F. (2022). Utopías y entorno energético. La utopía urbana contemporánea y el paradigma de las estructuras disipativas.
- [7] Xenakis, I. (1982). *Música arquitectura*. Barcelona: Antoni Bosch.
- [8] Larochelle, René. Yannis Xenakis et son Polytope à Expo 67, 1967. Aujourd'hui, 11 mai 1967 (remontage). <https://www.youtube.com/watch?v=eh30vxCDYpg>.

LA EXPRESIÓN GRÁFICA DE EDIFICACIÓN EN EL PROCESO DE SOSTENIBILIZACIÓN CURRICULAR

THE GRAPHIC EXPRESSION APPLIED TO BUILDING IN THE CURRICULAR SUSTAINABILIZATION PROCESS

Amparo Bernal López-Sanvicente

Universidad de Burgos, Burgos, Spain
amberlop@ubu.es

How to cite: López-Sanvicente, A. B. (2024). *The graphic expression applied to building in the curricular sustainabilization process*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 43-51.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Las universidades están ejerciendo un liderazgo fundamental en el cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030, mediante la integración de sus principios en la estrategia institucional, y mediante la sensibilización y formación de los futuros profesionales.

Este proceso de integración de la sostenibilidad en la docencia, denominado sostenibilización curricular, ha adquirido un carácter preceptivo con la aprobación en España del *Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad*.

El RD 822/2021 establece que los planes de estudio de las enseñanzas universitarias deberán incluir las siguientes competencias y contenidos de carácter transversal; el respeto a los derechos humanos y valores democráticos, a la igualdad de género y a la no discriminación, el respeto a la accesibilidad universal e inclusión social, la sostenibilidad y el cambio climático.

El profesorado de Expresión Gráfica se enfrenta al reto de incorporar estos valores en el diseño de las competencias, contenidos, metodologías y evaluación de las asignaturas de grado y máster de este ámbito de conocimiento.

El objetivo de esta comunicación es diagnosticar que competencias y contenidos existentes en las asignaturas de Expresión Gráfica Arquitectónica capacitan a los futuros profesionales para trabajar en entornos sociales y culturales complejos, diversos, y en proceso de cambio permanente. En cuanto a los contenidos, los futuros profesionales tienen que estar capacitados para diseñar edificios más sostenibles, accesibles y desarrollar procesos constructivos más eficientes y, por tanto, más sostenibles económicamente.

Palabras clave: Expresión Gráfica, Edificación, Enseñanza universitaria, Sostenibilización curricular.

Abstract

The universities are leading the fulfillment of the objectives of the 2030 Agenda, by integrating its principles into the institutional strategy, and by raising awareness and training future professionals.

This process of integration of sustainability in teaching, called sustainability in the curriculum, has acquired a mandatory nature with the approval in Spain of Royal Decree 822/2021, of September 28, which establishes the organization of university education and the quality assurance procedure.

The RD 822/2021 establishes that university study plans must include transversal skills and contents to train all students, regardless of the type of studies, in the following principles: respect for human rights and democratic values, gender equality and non-discrimination of any kind, respect for universal accessibility and social inclusion, and sustainability, sustainable development and climate change.

The Architectural Graphic Expression professors teaching in the Degree in Technical Architecture face the challenge of incorporating these values into the design of skills, content, methodologies and evaluation of undergraduate and master's courses in this field of knowledge.

The objective of this communication is to make a diagnosis of the existing competencies and contents in the Architectural Graphic Expression subjects that train future professionals to work in complex, diverse social and cultural environments, and in dynamic process of change. Regarding the contents, future professionals must be able to design more sustainable and accessible buildings and develop more efficient construction processes and, therefore, more economically sustainable.

Keywords: Graphic Expression, Edification, University education, Sustainability in the Curriculum.

1. Introducción

Desde que la Asamblea General de Naciones Unidas aprobara el 25 de septiembre de 2015 la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [1], las universidades han ejercido un papel crucial liderando la transformación de la sociedad mediante la implementación de los objetivos planteados en su actividad institucional y en la formación y sensibilización de la sociedad actual y de los profesionales del futuro.

Desde 2005, la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), a través de un grupo de trabajo específico integrado por varias universidades ha difundido estudios con directrices y criterios generales para introducir la sostenibilidad en el curriculum en la enseñanza universitaria. Este proceso denominado sostenibilización curricular ha adquirido el carácter preceptivo con la aprobación del *Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad*.

El artículo 4 del RD 822/2021 establece la obligatoriedad de que los planes de estudio de las enseñanzas universitarias incluyan competencias y contenidos de carácter transversal en los que se atiende de manera específica, según la naturaleza de cada titulación, los principios y valores democráticos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y señala en particular cuatro principios:

a) el respeto a los derechos humanos y derechos fundamentales; los valores democráticos –la libertad de pensamiento y de cátedra, la tolerancia y el reconocimiento y respeto a la diversidad, la equidad de todas las ciudadanas y de todos los ciudadanos, la eliminación de todo contenido o práctica discriminatoria, la cultura de la paz y de la participación, entre otros.

b) el respeto a la igualdad de género atendiendo a lo establecido en la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y de hombres, y al principio de igualdad de trato y no discriminación por razón de nacimiento, origen nacional o étnico, religión, convicción u opinión, edad, discapacidad, orientación sexual, identidad o expresión de

género, características sexuales, enfermedad, situación socioeconómica o cualquier otra condición o circunstancia personal o social.

c) el respeto a los principios de accesibilidad universal y diseño para todas las personas, de conformidad con lo dispuesto en la disposición final segunda del Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre.

d) el tratamiento de la sostenibilidad y del cambio climático, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 35.2 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética (...) [2].

2. Diagnóstico de sostenibilidad en el Grado de Arquitectura Técnica

La memoria del Grado en Arquitectura Técnica en la Universidad de Burgos se redactó de conformidad con el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales (2). En el artículo 3, punto 5, del RD 1393/2007 se definían los principios generales que debían inspirar el diseño de los planes de estudio de los nuevos títulos teniendo en cuenta que cualquier actividad profesional debía realizarse desde el respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres, desde el respeto y promoción de los derechos humanos y los principios de accesibilidad universal y de acuerdo con los valores propios de una cultura de paz y de valores democráticos.

Sin embargo, la redacción del RD 1393/2007 dejaba acotado su ámbito de aplicación a los planes de estudio de las "enseñanzas relacionadas con dichos derechos". De ahí que la inclusión de estos principios y valores en las titulaciones universitarias sólo se materializara en las ciencias sociales, ciencias de la salud y las humanidades. Al margen de estas directrices quedaban las titulaciones de ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas que se agrupan en las siglas STEAM correspondientes a las iniciales de estas disciplinas en inglés (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics).

La Universidad de Burgos (UBU) empezó a trabajar en la integración de la sostenibilidad en las áreas STEAM en enero de 2022 liderando el Proyecto internacional Join Rise que desarrolla en colaboración con la Universidad Holandesa de TU Delft, el Trinity College Dublin de Irlanda, la University of Pécs de Hungría y Bjäländ Technologies como socio tecnológico del proyecto [3].

La memoria del Grado de Arquitectura Técnica de la Universidad de Burgos (GAT), aprobado en julio de 2013 incluía competencias que recogían específicamente la supresión de barreras en la edificación para garantizar la accesibilidad universal y contenidos específicos relacionados con la eficiencia energética, la gestión integral de la calidad, seguridad y medioambiente y la construcción sostenible [4].

Sin embargo, la inclusión de estas materias no estaba vinculada al cumplimiento del RD 1393/2007 sino a la obligatoriedad del cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo donde se establecían las exigencias que debían cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación [5].

3. Proceso de sostenibilización curricular

La integración de la sostenibilidad en la docencia en la Universidad de Burgos se está realizando en el marco de las directrices del *Plan de Integración de la Sostenibilidad – ODS en las titulaciones de la Universidad de Burgos* [6], que se redacta y aprueba como la primera de las acciones de mejora previstas para el eje de docencia y planes formativos en el *Plan Sostenibilidad* vigente en el cuatrienio 2022-2026 [7].

En dicho plan se definían tres líneas de acción para el desarrollo del proceso: identificación de competencias o contenidos de sostenibilidad existentes, formulación de nuevas competencias, contenidos, metodologías o actividades, y programación de actividades formativas para toda la comunidad universitaria.

3.1. Identificación de competencias de sostenibilidad en la memoria del grado

En la primera fase de identificación de las competencias de la memoria del GAT relacionadas con la sostenibilidad se señalaron aquellas competencias que permiten al profesor introducir conceptos, metodologías y actividades que promueven los principios y valores que señala el artículo 4 del RD 822/2021. Por ello, además de identificar las competencias se agruparon en los cuatro principios (Tabla 1).

El mayor número de competencias de sostenibilización curricular que se adaptan a los dos primeros principios relativos al respeto a los derechos humanos, valores democráticos y la igualdad se concentran entre las competencias transversales que no generan contenidos curriculares, pero se trabajan en las actividades y metodologías docentes.

Sin embargo, todo lo relativo al cambio climático, eficiencia energética, energías renovables, diseño para la accesibilidad universal son contenidos propios del grado y figuran entre las competencias específicas.

Principios, valores democráticos y ODS recogidos en el art. 4 del RD 822/2021	MEMORIA DE LA TITULACIÓN DEL GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA
	Competencias: Básicas, Generales, Transversales y Específicas
a) Derechos humanos y valores democráticos	<p>C.B. CB.3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética</p> <p>CB.4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado</p>
	<p>C.G.</p> <p>P.01 - Trabajo en equipo</p> <p>P.02 - Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar</p> <p>P.03 - Trabajo en un contexto internacional</p> <p>P.04 - Habilidades en las relaciones personales</p> <p>P.05 - Reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad</p> <p>C.I. P.07 - Compromiso ético</p> <p>S.02 - Adaptación a nuevas situaciones</p> <p>S.06 - Conocimiento de otras culturas</p> <p>A.02 - Actitud positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas</p> <p>A.03 - Capacidad de razonamiento, discusión y exposición de las ideas propias</p>
b) Igualdad de género y no discriminación por cualquier condición, o circunstancia personal o social	<p>C.E. EGP.01 - Capacidad para programar y organizar los equipos de obra y los medios técnicos y humanos para la ejecución de los procesos constructivos y su mantenimiento</p> <p>EGP.06 - Conocimiento de la organización del trabajo profesional y de los estudios, oficinas y sociedades profesionales; la reglamentación y la legislación relacionada con las funciones que desarrolla el Ingeniero de Edificación y el marco de responsabilidad asociado a la actividad</p> <p>BE.03 - Capacidad para organizar pequeñas empresas, y de participar como miembro de equipos multidisciplinares en grandes empresas.</p>
	<p>C.B. CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética</p> <p>C.G.</p> <p>C.I. P.01 - Trabajo en equipo</p>

	<p>P.02 - Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar</p> <p>P.03 - Trabajo en un contexto internacional</p> <p>P.04 - Habilidades en las relaciones personales</p> <p>P.05 - Reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad</p> <p>P.07 - Compromiso ético</p> <p>S.02 - Adaptación a nuevas situaciones</p> <p>S.06 - Conocimiento de otras culturas</p> <p>A.02 - Actitud positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas</p>
	<p>EGP.01 - Capacidad para programar y organizar los equipos de obra y los medios técnicos y humanos para la ejecución de los procesos constructivos y su mantenimiento</p> <p>EGP.06 - Conocimiento de la organización del trabajo profesional y de los estudios, oficinas y sociedades profesionales; la reglamentación y la legislación relacionada con las funciones que desarrolla el Ingeniero de Edificación y el marco de responsabilidad asociado a la actividad</p> <p>BE.03 - Capacidad para organizar pequeñas empresas, y de participar como miembro de equipos multidisciplinares en grandes empresas</p>
	<p>CB.3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética</p>
	<p>C. G.</p>
	<p>P.01 - Trabajo en equipo</p> <p>P.02 - Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar</p> <p>P.03 - Trabajo en un contexto internacional</p> <p>P.04 - Habilidades en las relaciones personales</p> <p>P.05 - Reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad</p> <p>P.07 - Compromiso ético</p> <p>A.02 - Actitud positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas</p>
c) Accesibilidad universal y diseño para todas las personas	<p>C. E. EGP.05 - Aptitud para analizar, diseñar y ejecutar soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios y su entorno</p>
	<p>CB.3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética</p>
	<p>C. G. CG.6 - Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética, así como estudios de sostenibilidad en los edificios</p> <p>CG.8 - Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos técnicos necesarios; elaborar estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas constructivos y edificios; Gestionar el tratamiento de los residuos de demolición y de la construcción</p>
d) Sostenibilidad y cambio climático	<p>P.07 - Compromiso ético</p> <p>C. T. S.08 - Sensibilidad hacia temas medioambientales</p> <p>A.02 - Actitud positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas</p>
	<p>ETE.09 - Capacidad para el análisis del ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos</p> <p>C. E. ETE.10 - Conocimiento de la evaluación del impacto ambiental de los procesos de edificación y demolición, sostenibilidad en edificación y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios</p>

EEL.07 - Procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios

OPT.02 - Conocimiento de las nuevas tecnologías en instalaciones solares, geotérmicas y eólicas. Capacidad para diseñar, predimensionar, calcular y dirigir su montaje y puesta en servicio

OPT.04 - Conocimiento y aplicaciones de las Energías Renovables aplicadas a la edificación que se establecen en el artículo 15 de la Parte I del Código Técnico de la Edificación y de otras fuentes de energías renovables innovadoras aplicadas a la edificación

OPT.07 - Conocimiento de nuevos materiales y de sus aplicaciones en construcción, especialmente poliméricos, compuestos y de nueva generación

BQG.01 - Conocimiento de las características químicas y físicas de los materiales empleados en la construcción, sus procesos de elaboración, la metodología de los ensayos de determinación de sus características, su origen geológico, del impacto ambiental, el reciclado y la gestión de residuos.

Tabla 1. Identificación de competencias de sostenibilidad en el Grado en Arquitectura Técnica.

3.2. Análisis de las competencias de sostenibilidad en Expresión Gráfica Arquitectónica

Competencias del Grado en Arquitectura Técnica		GUÍAS DOCENTES DE EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA										
		Dib. I	Dib. II	Dib. III	Geom.	Topo.	P.T. I	P.T. II	Inter.	Tec-R.	Foto.	TFG
C. B.	CB. 3											
	CB. 4											
C. T.	P. 01											
	P. 02											
	P. 03											
	P. 04											
	P. 05											
	P. 07											
	S. 02											
	S. 06											
	S. 08											
	A. 02											
	A. 03											
C. E.	ETE. 09											
	EGP. 01											
	EGP. 06											
	EGP. 05											
	BE. 03											

Tabla 2. Competencias de sostenibilidad en las guías docentes de Expresión Gráfica Arquitectónica del Grado en Arquitectura Técnica.

Cuando se elaboró la memoria del GAT en 2013 no se realizó una reflexión expresa sobre la integración de los ODS y todas las dimensiones de la sostenibilidad en competencias o contenidos. Tampoco se realizó ese análisis al designar las competencias para las asignaturas del área de Expresión Gráfica Arquitectónica. En este proceso de sostenibilización curricular, una vez identificadas las competencias de sostenibilidad en el GAT, se ha elaborado una tabla para visibilizar todas las asignaturas del área y las competencias de sostenibilidad que recogen las guías docentes y que nos permiten avalar

la capacitación de los estudiantes en los valores y principios de la Agenda 2030 y el desarrollo sostenible [8] (Tabla 2).

Las asignaturas de Expresión Gráfica Arquitectónica relacionadas en la Tabla 2 son las siguientes: Dibujo Arquitectónico I (Dib. I), Dibujo Arquitectónico II (Dib. II), Dibujo Arquitectónico III (Dib. III), Geometría Descriptiva (Geom.), Topografía y Replanteos (Topo), Proyectos Técnicos I (P.T.I.), Proyectos Técnicos II (P.T.II.), Interiorismo (Inter.), Técnicas de Representación Gráfica por ordenador (Tec-R.), Fotogrametría en Patología y Rehabilitación (Foto.) y Trabajo Fin de Grado (T.F.G.).

Este diagnóstico de competencias de sostenibilidad en el área nos permite detectar las carencias para proponer la incorporación de nuevas competencias cuando se plantee un proceso de verificación del grado ante la agencia para la calidad del sistema universitario autonómica.

En total, en las 11 asignaturas en las que tiene docencia el área se recogen 18 competencias de las 27 competencias de sostenibilidad que se recogen en la memoria. Entre ellas hay 2 competencias básicas, 11 competencias transversales y 5 competencias específicas. Las dos competencias básicas (CB.3 y CB.4) hacen referencia a la formación del alumnado que le capacita para reflexionar sobre temas relevantes, emitir juicios y transmitir ideas, problemas y soluciones. Las asignaturas de Expresión Gráfica sólo recogen la primera de ellas (CB.3). Resulta imprescindible que, en próximas revisiones, se incorpore también la segunda competencia que hace referencia la capacidad para transmitir información, ideas, problemas y soluciones (CB.4) ya que es una competencia que se adquiere con la defensa de los ejercicios de expresión gráfica que realizan los estudiantes. También está relacionada con ésta, la competencia transversal A.03 que se enuncia como la capacidad de razonamiento, discusión y exposición de las ideas propias que debería estar presente en todas las guías docentes.

Entre las competencias transversales están incluidas las aptitudes y capacidades que debe desarrollar el alumnado para desarrollar una vida profesional en un entorno social complejo promoviendo valores de convivencia y respeto a los demás. En todas las guías docentes de Expresión Gráfica se incluye la competencia de trabajo en equipo (P.01). Sin embargo, se echa en falta que otras competencias similares necesariamente relacionadas con el trabajo en equipo no aparezcan en todas las guías. Este es el caso de las competencias que contemplan la multidisciplinariedad del equipo (P.02), el contexto internacional (P.03), las habilidades en las relaciones personales (P.04), el reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad (P. 05) y el compromiso ético (P. 07).

Actualmente en nuestras aulas tenemos alumnado de distinto origen étnico, social y cultural que se integran en los equipos de trabajo. Las habilidades en las relaciones personales, el trabajo en equipos multiculturales e interdisciplinarios fomenta el desarrollo de la empatía necesaria para lograr alianzas para la consecución de cualquier objetivo social o empresarial. Esto se refleja en las competencias S.02 y S.06 que, sin embargo, están recogidas en pocas guías docentes.

Resulta también paradójico que las guías docentes de dos asignaturas no incorporen la competencia A.02 que hace referencia a la actitud positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas, dado que es una disposición imprescindible en el aprendizaje gráfico.

La sensibilidad hacia los temas medioambientales que enuncia la competencia S.08 sólo se aparece en las guías de Fotogrametría y Trabajo Fin de Grado cuando debería estar presente al menos en Topografía y Replanteos, en las asignaturas de Proyectos Técnicos I y II, y en Interiorismo.

Por último, las competencias específicas enuncian las capacidades que debe adquirir el alumnado en las materias propias del grado. De todas ellas, sólo dos están presentes en las guías docentes, por lo que deberían revisarse en su conjunto ya que todas ellas son aplicables en sus asignaturas. La competencia ETE.09 que hace referencia a la capacidad

para el análisis del ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos se recoge en la asignatura de Fotogrametría aplicándola a la parte atura dedicada a la patología de los edificios que imparten los profesores del área de Construcciones Arquitectónicas.

Por último, encontramos que hay una competencia específica que hace mención expresa a la docencia de Expresión Gráfica Arquitectónica ya que se refiere a sensibilizar y capacitar al alumnado para el diseño y ejecución de soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios (EGP. 05). Esta competencia sólo se incorpora en la guía docente de las asignaturas de Proyectos Técnicos I y II y en Trabajo Fin de Grado, cuando debería incorporarse también en todas las asignaturas de Dibujo Arquitectónico y especialmente en Interiorismo.

4. Conclusiones

El diagnóstico de las competencias y contenidos de las asignaturas de Expresión Gráfica Arquitectónica en el GAT nos revela que las competencias básicas y transversales que se adquieren en las asignaturas de esta área contribuyen a capacitar a los futuros profesionales para trabajar en entornos sociales y culturales complejos, diversos, y en proceso de cambio permanente. Sin embargo, deben revisarse todas las guías docentes ya que podrían incorporarse otras competencias básicas y transversales que estando en la memoria del GAT no han sido incluidas.

En cuanto a las competencias específicas que se materializan en los contenidos de las asignaturas, con el uso de las herramientas tradicionales de dibujo, así como con las nuevas tecnologías se instruye al alumnado en el diseño accesible sin barreras arquitectónicas y la investigación de la edificación de forma sostenible, con un reducido consumo de recursos, con el mínimo impacto medioambiental, lo cual contribuye a la sostenibilidad económica del proceso de edificación. No obstante, el resto de competencias específicas de la memoria del GAT también son de aplicación en las asignaturas de Expresión Gráfica por lo que también debería revisarse la asignación de competencias específicas en las guías docentes de esa área ya que no ha quedado bien reflejado en ellas las habilidades y destrezas que adquiere el alumnado en el aprendizaje de estas asignaturas.

5. Referencias

- [1] Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- [2] Gobierno de España. Ministerio de Universidades. *Real Decreto 822/2021, de 28 de septiembre, por el que se establece la organización de las enseñanzas universitarias y del procedimiento de aseguramiento de su calidad*. B.O.E. número 233 del miércoles 29 de septiembre de 2021.
- [3] Proyecto Join Rise - Erasmus Plus. Universidad de Burgos. Centro de Cooperación y Acción Solidaria. (2022). Recuperado de: www.ubu.es/centro-de-cooperacion-y-accion-solidaria/programas-y-proyectos-vigentes/proyecto-join-rise-erasmus-plus
- [4] Gobierno de España. Ministerio de Educación y Ciencia. *Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales*. B.O.E. número 260, de 30 de octubre de 2007
- [5] Universidad de Burgos. *Memoria del Grado en Arquitectura Técnica*. (2013). Recuperado de: www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/2013-07-26_memoria_g._arquitectura_t._registrada._informe_fav._acsucyl_m2.pdf

- [6] Universidad de Burgos. *Plan de Integración de la Sostenibilidad-ODS en las titulaciones de la Universidad de Burgos.* (2022). Recuperado de: www.ubu.es/sites/default/files/portal_page/files/plan_integracion_sostenibilidad_ods_titulaciones_ubu.pdf
- [7] Universidad de Burgos. *Plan de Sostenibilidad de la Universidad de Burgos.* (2022). Recuperado de: www.ubu.es/plan-de-sostenibilidad-de-la-universidad-de-burgos
- [8] Universidad de Burgos. Departamento de Expresión Gráfica. Docencia. (2017). Recuperado de: <https://www.ubu.es/departamento-de-expresion-grafica/docencia/grado-en-arquitectura-tecnica>

EL DIBUJO PARA EL CONOCIMIENTO Y LA TRANSFORMACIÓN DE LA REALIDAD

THE DESIGN FOR THE KNOWLEDGE AND TRANSFORMATION OF REALITY

Emanuela Borsci

Università degli Studi della Basilicata, Taranto, Itali
emanuela.borsci@unibas.it

How to cite: Borsci, E. (2024). *The design for the knowledge and transformation of reality*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 52-61. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Esta contribución reflexiona acerca de la definición de un método de investigación del patrimonio arquitectónico a través de la práctica del dibujo a mano alzada con el objetivo de desarrollar un proyecto.

La observación de la realidad urbana, arquitectónica o paisajística pasa por la mirada personal del arquitecto que imprime su abstracción sobre el papel, sin ataduras, en un proceso creativo y espontáneo. El conocimiento del mundo físico, posible gracias a la preciosa práctica del dibujo, es por tanto fundamental para el arquitecto. Sobre este conocimiento, él mismo sienta las bases para la representación gráfica de su personal visión arquitectónica, porque, como afirma el arquitecto Franco Purini, "el dibujo atañe a lo que existe, pero también a lo que no existe, pero podría existir". El final de este proceso, que parte de la observación de la realidad, pasando por la abstracción hasta la representación de la imagen, culmina con una experiencia proyectual que se sitúa en relación dialéctica y formal con el contexto en el que se inserta.

El dibujo representa la capacidad de descifrar el mundo superando la mirada más accidental, dando identidad al todo y a sus partes, haciendo visible lo invisible, es decir, haciendo arquitectura.

Palabras clave: Dibujo a mano alzada, Patrimonio arquitectónico, Proceso creativo.

Abstract

The present contribution reflects on the definition of a method of investigation of the architectural heritage through the practice of freehand drawing with the aim of developing a project.

The observation of reality, urban, architectural or landscape, passes through the personal gaze of the architect who imprints on the sheet his abstraction without constraints in a creative and spontaneous process. It is therefore essential for the architect to know the physical world, possible thanks to the practice of freehand drawing. On this knowledge, he lays the foundations for the graphic representation of his personal architectural vision, since, as the architect Franco Purini states, "drawing concerns what exists, but also what does not exist, but could exist". The end of this process, which starts from the observation of reality, passing through abstraction to the representation of the image, culminates with a design experience that arises in a dialectical and formal relationship with the context in which it is inserted.

Drawing represents the ability to decipher the world by overcoming the most accidental looking, giving identity to its whole and its parts, making the invisible visible, in other words making architecture.

Keywords: Freehand drawing, Architectural Heritage, Creative process.

1. El dibujo a mano alzada como herramienta de investigación

La práctica del dibujo a mano alzada representa una metodología fundamental para la investigación del patrimonio arquitectónico, permitiendo una comprensión más profunda de sus complejidades y promoviendo el desarrollo de proyectos arquitectónicos perfectamente inmersos en la realidad. En un momento en que las herramientas digitales dominan el panorama creativo, el proceso creativo, habilitado por el dibujo manual, sigue siendo un enfoque poderoso y atemporal. Embarcándose en el viaje de la investigación arquitectónica a través del dibujo a mano alzada, los diseñadores se sumergen en una experiencia sensorial que trasciende el simple acto de observación. A través de la observación aguda y la conexión táctil entre la mano y el papel, los detalles intrincados cobran vida, revelando narrativas ocultas y matices sutiles que pueden pasar desapercibidos a través de otros medios de documentación.

El proceso comienza con la exploración deliberada del patrimonio arquitectónico, donde el artista deambula por calles históricas, monumentos grandiosos o estructuras humildes, absorbiendo su esencia. Mientras que el ojo captura la esencia del entorno construido, la mano interpreta y traduce el lenguaje arquitectónico en papel, dibujando líneas, sombras y texturas. En esta relación simbiótica, el artista no solo registra lo que se ve, sino que también experimenta la resonancia emocional del espacio, capturando su ritmo, escala y carácter. El dibujo a mano alzada permite al artista interactuar con el patrimonio arquitectónico a nivel personal, fomentando una conexión profunda entre el creador y el sujeto. Fomenta una presencia consciente, agudizando la percepción y promoviendo un mayor sentido de conciencia. Cada trazo de la pluma o lápiz se convierte en un acto deliberado de interpretación, un reflejo de la perspectiva única del artista. Más allá de su papel como forma de documentación, el dibujo a mano alzada sirve como un catalizador creativo para el diseño arquitectónico. El acto de dibujar permite al diseñador desentrañar las complejidades del entorno construido, revelando su estructura subyacente y descubriendo oportunidades de diseño. A través de la exploración táctil de varios elementos de diseño, como la forma, la proporción y la materialidad, el artista comienza a imaginar posibilidades y refinar conceptos. Además, el dibujo a mano alzada fomenta un enfoque más intuitivo y exploratorio del diseño, libre de las limitaciones de la precisión digital. Da rienda suelta a la imaginación, permitiendo una ideación e iteración suaves. Al abrazar las imperfecciones y abrazar la belleza cruda de las líneas dibujadas a mano, el artista puede capturar el espíritu esquivo de un lugar, convirtiéndolo en una fuente de inspiración para el diseño futuro.

En conclusión, la práctica de investigar el patrimonio arquitectónico a través del dibujo a mano alzada proporciona una puerta de entrada al pasado al tiempo que nutre las semillas de la creatividad futura. Cultiva una profunda conexión entre el artista, el sujeto arquitectónico y el proceso de diseño. Al abrazar el arte del dibujo a mano alzada, los diseñadores desbloquean un reino de exploración, reflexión e inspiración, lo que lleva al desarrollo de proyectos arquitectónicos verdaderamente notables. Este método de investigación trasciende los límites de la mera observación. Permite a los profesionales conectar con la esencia de un edificio, plasmando su espíritu y esencia en papel. Al examinar y recrear cuidadosamente elementos arquitectónicos, como fachadas ornamentadas, arcos elaborados y delicada tracería, es posible desentrañar la compleja interacción de forma, función y simbolismo que define la identidad de una estructura.

El dibujo a mano alzada como medio de investigación arquitectónica es un proceso holístico que involucra todos los sentidos. Además de su papel como herramienta de investigación, también sirve como catalizador para el pensamiento de diseño creativo.

Permite a los arquitectos interactuar con el patrimonio arquitectónico de una manera más íntima y personal, fomentando una conexión genuina con el pasado (Fig. 1).

1.1. Metodología operativa del dibujo

El dibujo a mano alzada es la primera herramienta útil para conocer la realidad. Es esencial utilizar el dibujo manual para trabajos de diseño arquitectónico y de infraestructura, intervenciones de conservación, construcción y topografía urbana. El acto de representar al sujeto elegido en el momento permite filtrar la información necesaria y los datos deducibles de la realidad.

El advenimiento de la instrumentación informática había generado la ilusión de que era posible aprender el lenguaje gráfico o adquirir la capacidad de diseñar y analizar la arquitectura, la ciudad y el paisaje, sin pasar por un largo, pero esencial camino teórico-práctico. Estas creencias demostraron ser infundadas y el valor del dibujo manual y la representación arquitectónica, dentro del escenario italiano, fue reconocido como una prioridad y fundamento para la formación de futuros diseñadores.

Desde el punto de vista educativo, el diseño esencial para el arquitecto es aquel en el que el significado y la claridad de la lectura prevalecen sobre otros personajes ilusorios presentes en otros dos tipos de dibujo: uno vinculado a la realidad (fotorrealista), el otro condicionado por una carga simbólica (simbólico). Entre estos dos extremos se encuentra el diseño desde lo verdaderamente esencial. La adhesión a la verdad se logra siguiendo una correcta configuración de perspectiva, una representación gráfica clara, proporciones tonales adecuadas y la posición y proporción correctas entre los diversos elementos representados.

Básicamente, la metodología de aplicación para la realización de un dibujo de la vida consta de cuatro fases principales, ya sea para retratar un entorno arquitectónico o urbano en particular, o si elige representar un paisaje más o menos antropizado. La primera fase, por tanto, es la de la elección del punto de vista y del cono óptico relativo, con respecto al sujeto y a los principales elementos a representar. Si es posible, este último debe verse desde un ángulo de caracterización para tener un tipo de imagen bien definida y fácil de leer. La segunda fase se refiere a la delimitación del sector que debe representarse, el trazado de la línea del horizonte, la elección de los elementos que deben mejorarse, la identificación de los puntos de fuga fundamentales y la determinación de la posición, en realidad e imagen, de las partes más significativas. La tercera fase es la de la definición lineal de los elementos principales, es decir, de los que definen la profundidad, y de la redacción de los valores tonales básicos. La última fase se refiere a la representación de materiales, detalles arquitectónicos y paisajísticos, la representación de valores tonales, desde aquellos en luz brillante hasta otros más oscuros.

1.2. Diseñar la arquitectura a través del dibujo

El primer dibujo manual útil para el diseñador con el propósito de conocimiento de la ciudad y su patrimonio arquitectónico está constituido por el dibujo preparatorio. Del griego *εἶδος* "apariencia, forma" y *τύπος* "tipo", el "eidotipo" o bosquejo representa un boceto en el que se reconocen las cualidades formales típicas del objeto del relieve. Este trabajo gráfico se realiza en la denominada fase de campaña de una encuesta, funcional al conocimiento previo del tema a representar y las medidas a tomar.

El bosquejo se presta al conocimiento del patrimonio arquitectónico, que es preparatorio para el proyecto arquitectónico. El proyecto de tesis titulado "*Rehabitar el patrimonio frágil*" quiere ser un intento de reconstruir la imagen identitaria del pequeño centro histórico de Pomarico (Basilicata, Italia) tras el episodio del deslizamiento de tierra. La definición de nuevos espacios capaces de contar la historia de un lugar suspendido en el vacío. Y es gracias al vacío que la arquitectura toma forma en un proyecto caracterizado por un

espacio urbano complejo articulado en varios niveles, escenario de espacios colectivos que albergan arquitectura doméstica y funciones para la comunidad.

La experiencia de diseño fue concebida gracias al estudio de las características identitarias de Pomarico, a partir de la conciencia de la morfología del territorio, hasta el estudio de los tipos que forman el tejido urbano. El diseño, aunque en dos significados diferentes, jugó un papel fundamental en la fase preliminar de análisis que en la fase de diseño.

En las inspecciones y estudios del patrimonio arquitectónico existente, se prefirió el dibujo manual: bosquejos, bocetos realizados en el campo (Fig. 2, 3, 4) permitieron un conocimiento profundo del tipo de edificio de la casa adosada (básica o unicelular) y su variante (doble altura). La identificación del tipo de edificio es, en cambio, el resultado de una conciencia crítica que, a posteriori, nos confronta con la realidad mediante la implementación de una clasificación. Su pertenencia a un momento temporal y a un lugar específico es una condición de historicidad, ya que de esto deriva el sistema de reciprocidad de conexiones con otros objetos, en sucesión espacial y temporal. La interpretación morfológica de las estructuras urbanas y los tejidos constructivos se divide en campos de investigación relacionados con diferentes escalas, desde la territorial a la urbana, pasando por la propiamente de la tipología edificatoria, hasta la del lenguaje arquitectónico.

El dibujo manual deja cada vez más espacio para el dibujo digital a la hora de llegar al corazón del proyecto (Fig. 5, 6, 7), en el que se permite la adhesión a la realidad gracias a las sabias marcas dejadas por el lápiz en el papel que ahora forman parte de la memoria y la conciencia del arquitecto que es capaz de responder a ciertas preguntas. Cada diseño debe ser la respuesta a una razón que se nos ha planteado, para entender un aspecto o una parte de la realidad que nos rodea. El dibujo de la vida establece como condición fundamental el contacto directo con la arquitectura o el paisaje a graficar, la elección del sistema de signos capaces de traducir los caracteres de la realidad en una imagen y el examen de las formas, proporciones, posición, luz, etc., de todo, para llegar a una síntesis gráfica fuertemente caracterizada.

El objetivo es llegar a la esencia de las cosas con el menor número de signos y, por lo tanto, con la mayor simplificación posible y para lograr este fin, el dibujo es una de las herramientas más importantes.



Fig. 1. Tipo de edificio antiguo de la "casa adosada" en Pomarico, Basilicata, Italia.

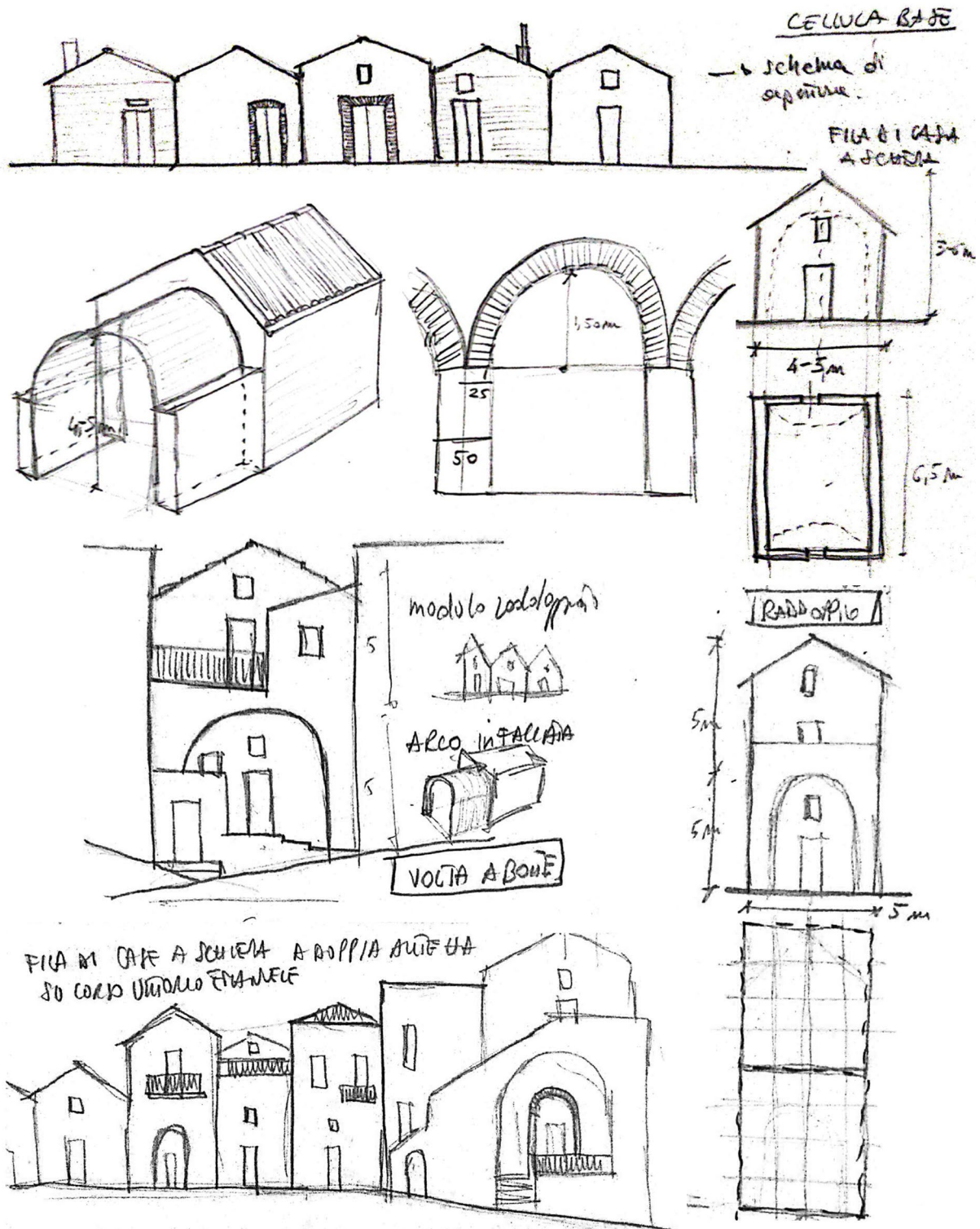


Fig. 2. Croquis arquitectónico de estudio del tipo de edificio de la casa adosada.

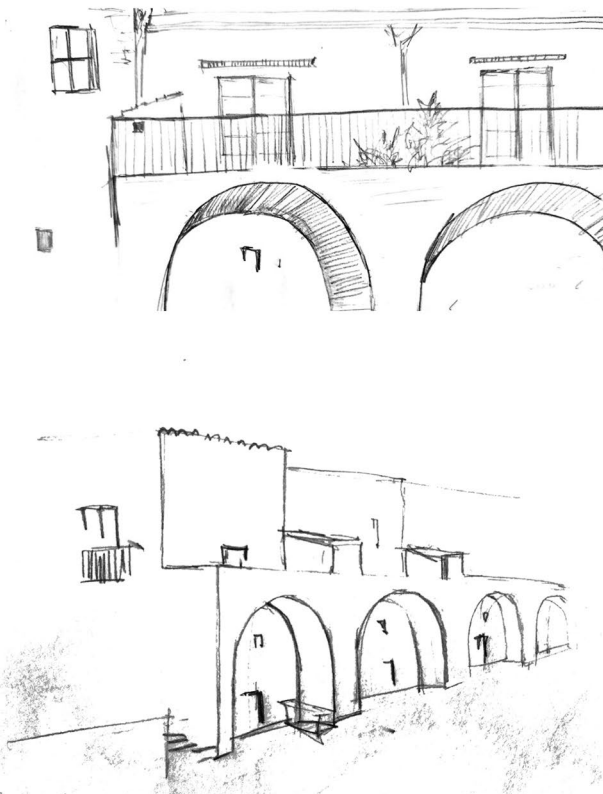
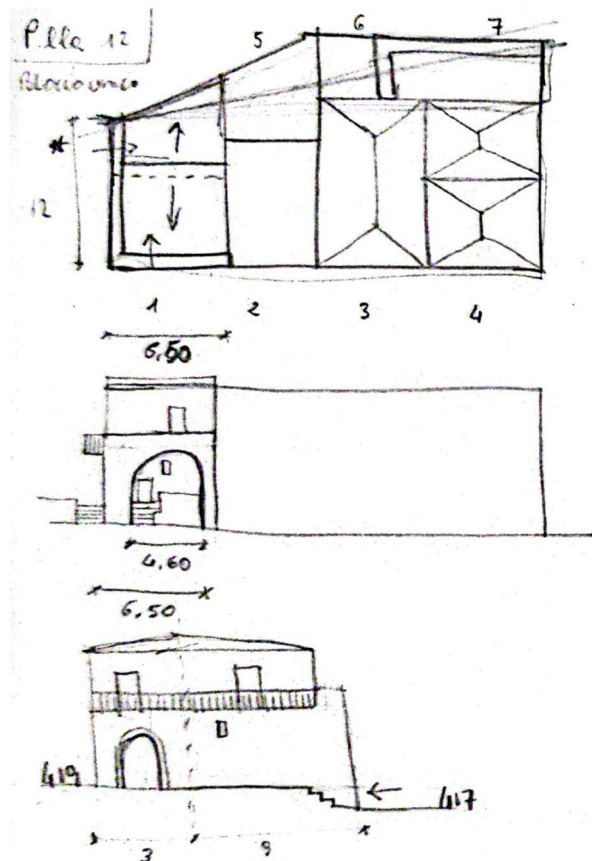
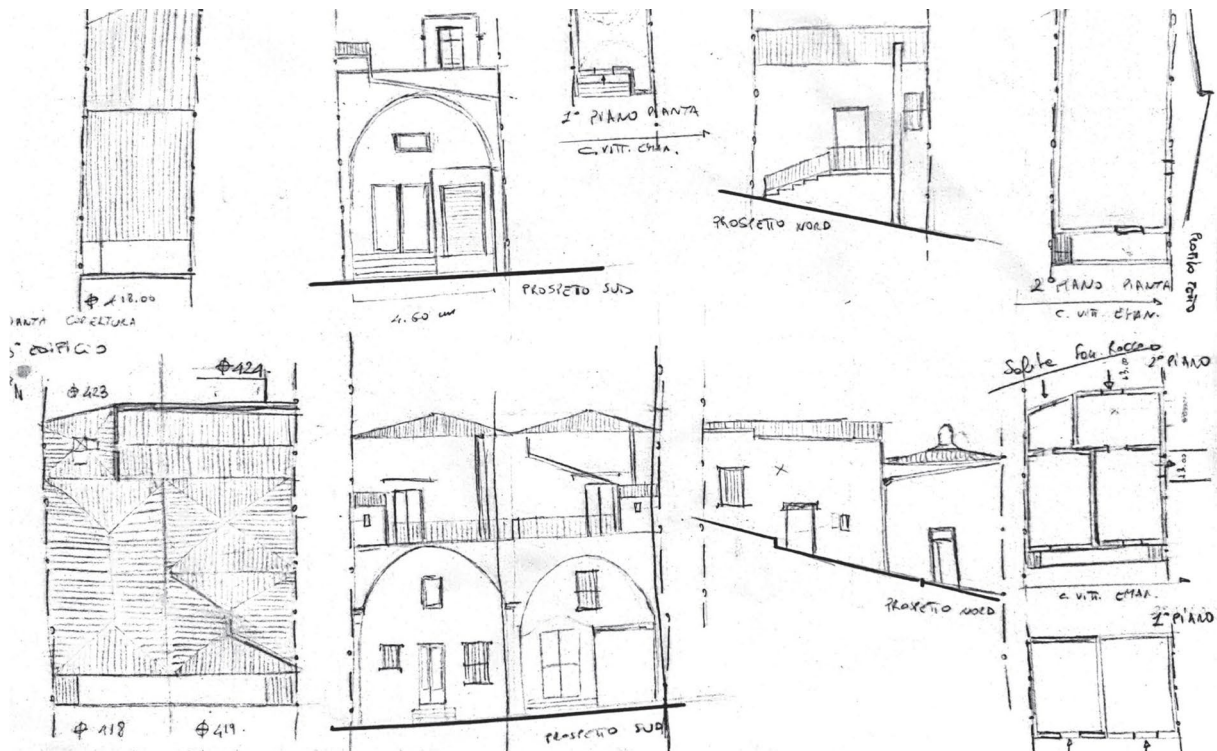


Fig. 3. Croquis arquitectónico de levantamiento arquitectónico.

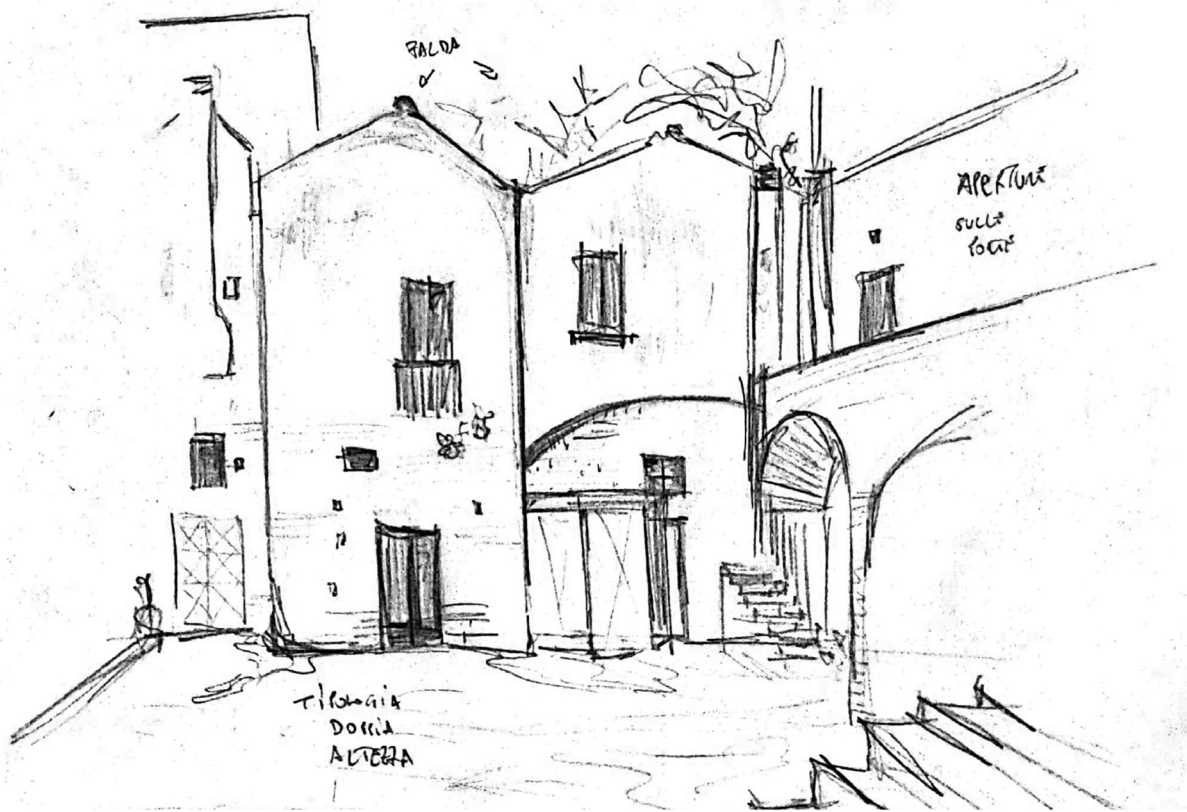


Fig. 4. Croquis arquitectónico de la 'camera urbana'.



Fig. 5. Residencias artísticas, proyecto para el pueblo de Pomarico.

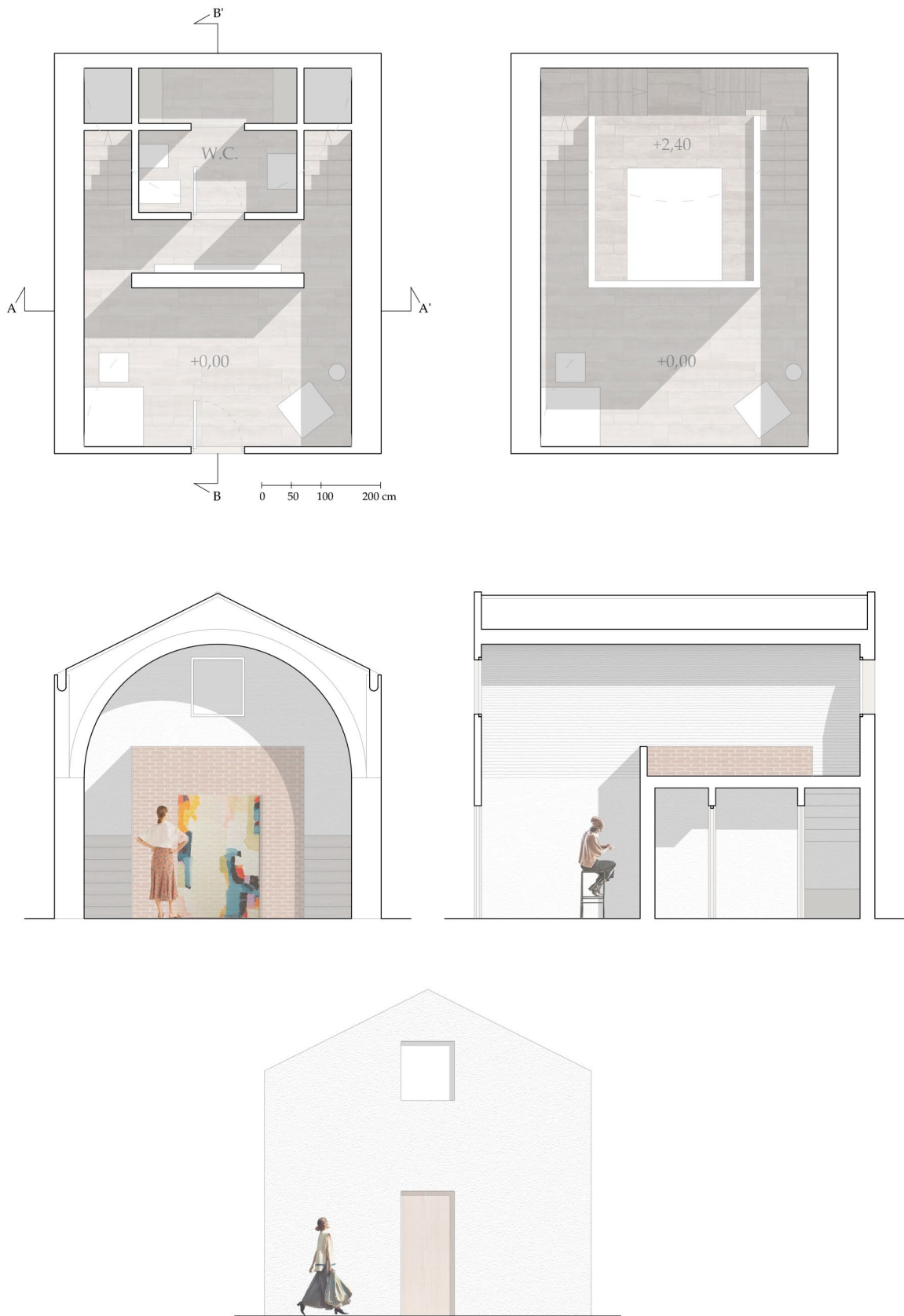


Fig. 6. Proyecto de una residencia artística (vivienda unicelular).

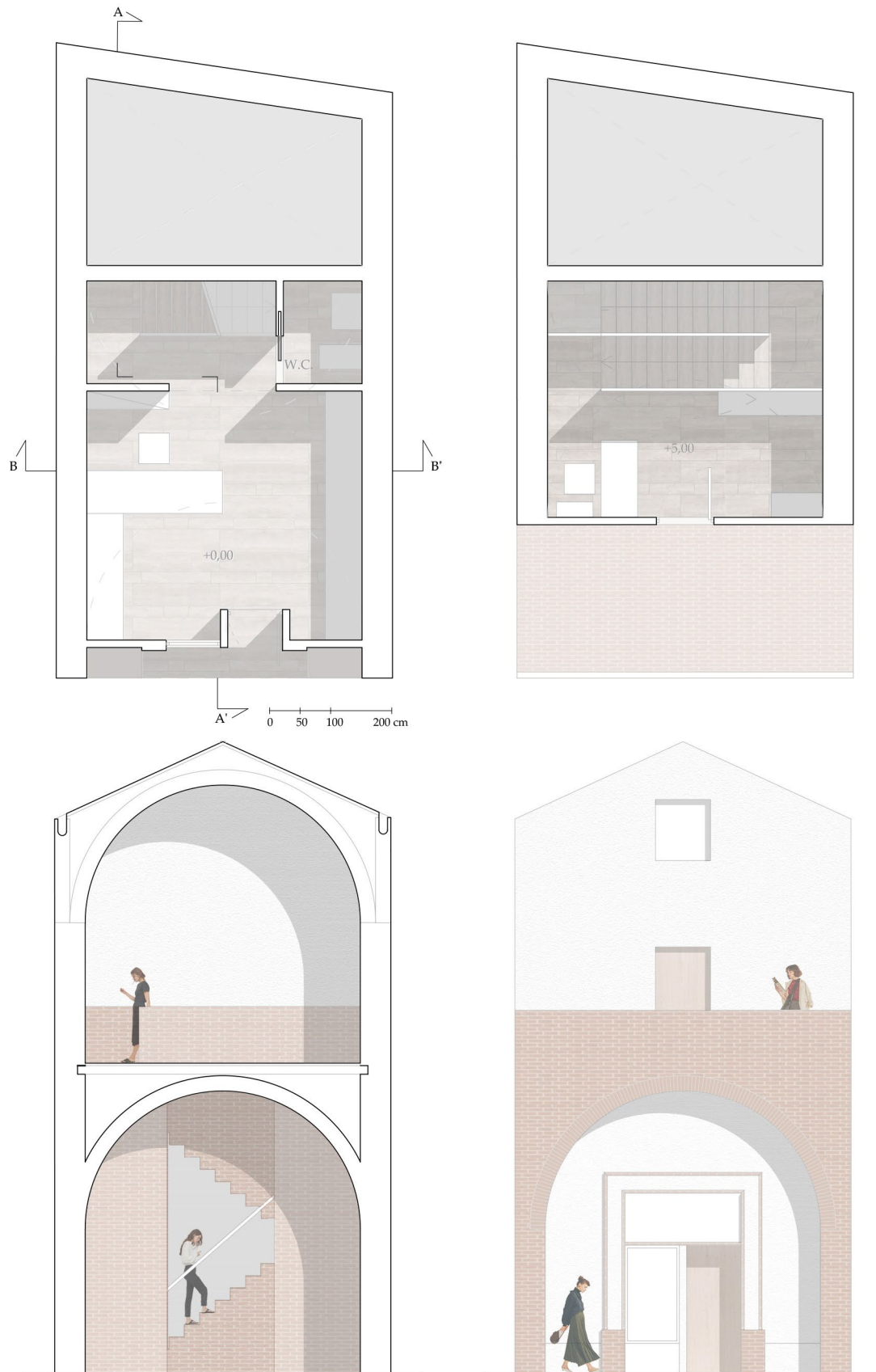


Fig. 7. Proyecto de una tienda de artesanía (unidad multicelular).

2. Resultados y Conclusiones

El dibujo a mano alzada es la herramienta más poderosa que tiene el arquitecto para investigar y aprender sobre la realidad urbana y transformarla en el acto del proyecto. Actúa como catalizador de la innovación y como punto de partida para las intervenciones de diseño que caracterizan nuestros lugares.

El arquitecto traza líneas, formas y texturas en papel, imaginando nuevos espacios y formas dentro de ellos, redefiniendo la forma en que interactuamos con los entornos construidos. El dibujo a mano alzada libera a los arquitectos de las limitaciones de la precisión técnica, permitiéndoles pensar libremente y crear soluciones de diseño únicas que empujan los límites de la convención.

En conclusión, gracias al dibujo que manifiesta la conexión más profunda de ideas abstractas y manifestaciones físicas, entre ficción y realidad, entre el hombre y el lugar de vida. A través del acto de dibujar, los arquitectos obtienen una comprensión total del mundo, capturando el espíritu del lugar y, en última instancia, dando forma al entorno construido para que resuene con las experiencias humanas. El dibujo a mano alzada es, y seguirá siendo, una parte indispensable de la práctica arquitectónica.

3. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Caniggia G. & Maffei G. L. (1979). *Composizione architettonica e tipologia edilizia. Lettura dell'edilizia di base*. Venezia: Marsilio.
- [2] Docci, M. & Maestri, D. (1994). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Bari: Laterza.
- [3] Follesa, S. (2016). *Sull'Abitare*. Milano: FrancoAngeli.
- [4] Lynch, K. (1969). *L'immagine della Città*. Padova: Marsilio.
- [5] Quaroni, L. (1997). *Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura*. Milano: Mazzotta.
- [6] Rogers, E. N. (1997). *Esperienza dell'architettura*. Milano: Skira.
- Ugo, V. (2008). *Μίμησις mímēsis. Sulla critica della rappresentazione dell'architettura*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore.
- [7] Borsci, E., & Guida, A. (2021). *Ri-abitare patrimoni fragili (Tesis de pregrado)*. Università degli Studi della Basilicata, Matera, Italia.

CHATGPT. IMPLICACIONES EN INGENIERÍA Y ARQUITECTURA TEACHING

CHATGPT. IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA Y EDIFICACIÓN

Elena Cabrera Revuelta^a, José Antonio Barrera Vera^b, Ángel José Fernández Álvarez^c

^a Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

^a Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^a Universidade da Coruña, A Coruña, Spain

^a elena.cabrera@uca.es, ^b barrera@us.es, ^c angel.fernandez.alvarez@udc.es

How to cite: Cabrera Revuelta, E.; Barrera Vera, J. A.; Fernández Álvarez, A. J. (2024). *ChatGPT. Implications in engineering and architecture teaching*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 62-69.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

Teachers from three Spanish universities participated in this study and shared their thoughts on how cutting-edge AI technology such as ChatGPT could disrupt the teaching and learning process in areas normally taught in technical degrees.

In three disciplines, a methodology for testing both ChatGPT and students answers to different topics and questions will be proposed and implemented.

The research yields intriguing findings that offer up a new window for teachers to focus their teaching methodologies in order to take benefit of AI rather than prevent students from using it.

Since the study is constrained only to three technical schools and just three subjects, the results must be viewed as an experience that can be replicated by other universities and subjects so that a complete record of cases can be used to provide a more accurate reference for teachers.

Considering these results, colleges can adapt their teaching methods to the new environment that the provided reflection has highlighted.

The sudden emergence of ChatGPT as an outstanding application has left teachers unable to act or respond to the new circumstances. No epistemology about the topic has been published, therefore, this study can be considered a start.

Keywords: Artificial Intelligence, ChatGPT, Architectural graphics, Engineering teaching.

Resumen

Se trata de un estudio realizado en tres universidades como aproximación a lo que puede suponer el impacto de la inteligencia artificial, de la mano de CHATGPT, en la enseñanza de asignaturas normalmente impartidas en titulaciones universitarias técnicas.

Se ha diseñado un modelo de encuesta para comparar las respuestas de los alumnos con las de CHATGPT en cuestiones que afectan a tres asignaturas.

Se han obtenido resultados sorprendentes que han de servir para que el profesorado se replantee su metodología de enseñanza con objeto de aprovechar el potencial de

CHATGPT en lugar de preocuparse por su posible utilización del alumnado con fines indeseados.

Puesto que el estudio experimental se reduce a tres Universidades y tres asignaturas, ha de verse como una experiencia que puede replicarse en otras universidades y asignaturas para conseguir una base de datos más completa que pueda servir como referencia a los profesores universitarios de enseñanzas técnicas.

A partir de esta aproximación los profesores pueden tener una referencia para adaptar sus metodologías al nuevo paradigma que estamos viviendo.

La repentina aparición de este nuevo paradigma, en muchos casos, ha sorprendido al profesorado desprovisto de capacidad de respuesta sin que contemos con suficiente epistemología científica para afrontar este reto. Este estudio supone un comienzo en nuestra área.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, ChatGPT, Expresión gráfica arquitectónica, Enseñanzas técnicas.

1. Introduction

Artificial intelligence (AI) refers to the ability of a machine to imitate human brain functions, including tasks such as recognizing patterns, acquiring knowledge from past encounters, and solving problems. It encompasses the field of creating machines that possess human-like thinking and behavior (fig.1). One of the techniques that AI implement is Machine learning which is an approach that utilizes statistical methods to enable computers to learn from available data rather than relying solely on explicit instructions or commands. [1] [2]

The emergence of chat GPT (Generative Pre-trained Transformer) technology has been a game-changer in the field of AI. This technology allows machines to process natural language and provide useful insights in real-time. Among the fields in which this technology can have a tremendous impact, we can reckon engineering and building engineering.

The exponential increase in the computing capacity of transistors in microchips, which doubles every year following Moore's Law, is the driving force behind the advancement of AI. However, precisely the advancement of AI is much greater: it doubles every 6 months. [3] [4] [5]

In this scenario, teachers are strongly preoccupied about the bias that ChatGPT could cause in the training and, especially, in the assessment process. But we think the benefits go further than drawbacks. Eventually we should deeply know the AI tools in order to act in consequence.

Engineering students use ChatGPT to overcome many challenges in their day-to-day activities. They can use ChatGPT applications to have rapid communication with others in their team, and to find information sources faster than they would typically be able to. They can also use the technology to enhance their problem-solving skills, providing them with essential insights or techniques that might have otherwise been unreachable.

One of the most significant implications of using ChatGPT by engineering students is that it enables them to complete tasks much faster than before. By automating some of the previously manual tasks, students can work faster and more effectively than ever before. This, in turn, will lead to improved overall project efficiency, making it easier for students to complete tasks and projects on time, even when juggling many other responsibilities.

Another implication of using ChatGPT by engineering students is the increase in collaboration capabilities across the board. With such technology, students can have seamless informal

conversations, brainstorm, and review/provide feedback before submitting assignments, further enhancing their teamwork and communication skills as a result.

The use of GPT chat technology by students could also be a valuable resource in assisting lecturers in identifying areas to improve, for example, if any question or concept confuses students, the technology offers detailed reports that might help instructors in knowing the best way to troubleshoot any difficulty their students face.

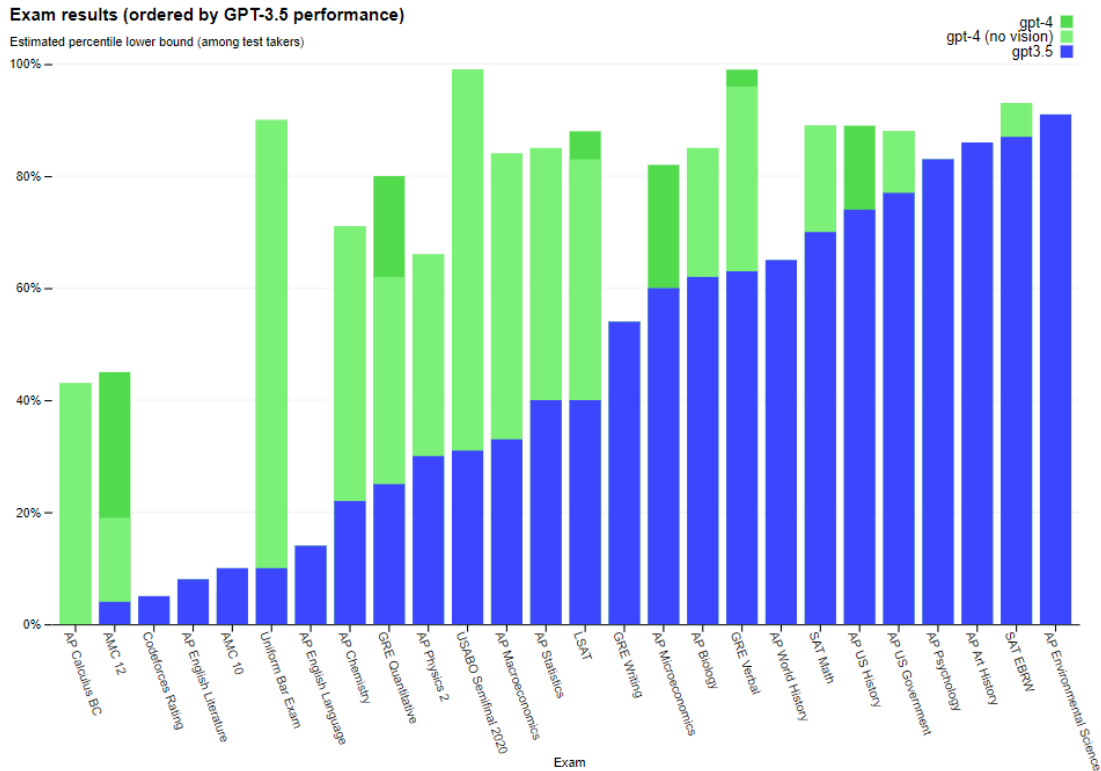


Fig. 1. ChatGPT exams results [4]

2. Objectives

The aim of this paper is to shed light about how building engineering studies are being affected by AI. To do that a review of the state-of-the-art about the topic is carried out. Additionally, an experiment that compare the answer of different AI applications with real students' has been designed and the outcome is discussed.

3. Method and Research Process

1.1. 3.1. AI and education. The case of graphical subjects

AI has produced new teaching and learning solutions that are now undergoing testing in different contexts [3]. Intermediate skill jobs as we know them are fast disappearing as their tasks are systematically automated, and individuals are increasingly likely to encounter AI technology in their everyday lives [6].

According to UNESCO, AI has the potential to address some of the biggest challenges facing education today, innovate teaching and learning practices, and accelerate progress towards Sustainable Development Goal (SDG 4 targets) in education [7].

AI in education offers numerous possibilities to add more value to students, facilitate the teaching-learning process, and improve the positioning of educational institutions [6].

Years before ChatGPT had been released, Human-centered Artificial Intelligence (HAI) Spring Conference at Stanford University, which examines how AI advancements in education can super-charge teachers and rethink outdated instruction, discusses advances of AI in empowering teachers, leveraging learning-research insights, delivering education in low-infrastructure regions, and scaling workplace learning. An experiment in education using AI to assist and augment teachers by providing students automated grading and support scalable, more equitable teacher training, has been presented [8]. Since ChatGPT, and especially ChatGPT-4, the more and more training and educational apps that integrate AI to improve their functionality are emerging. We can name some of them for general purpose:

- Gradescope: an AI tool that enables students to assess each other while providing feedback, which are often time-consuming tasks without AI technology. It relies on a combination of ML and AI to make it easier to grade, which saves time and energy.
- Nuance's Dragon Speech Recognition: a speech recognition software that can be used by both students and faculty. It can transcribe up to 160 words per minute, helping students who find it difficult to write or type.
- Ivy Chatbot: a set of chatbot AI tools that were specifically designed for universities and colleges. They assist in many parts of the university process, such as application forms, enrollment, tuition costs, deadlines, and more.

Gradually, AI is being integrated into commercial software within the orbit of technical drawings and design. The integration of AI technologies in CAD software aims to improve productivity, automate repetitive tasks, provide intelligent design suggestions, and streamline the overall design process [9] [10]. We have examined the most popular of them and selected four whose AI capabilities are remarkably interesting thinking in its use for teacher and students:

- Siemens NX: It features the **Convergent Modeling**, which leverages AI algorithms to automatically recognize and convert scanned data, such as point clouds or mesh models, into editable CAD geometry. This AI-powered functionality streamlines the process of integrating real-world data into the design process [11].
- PTC Creo: It offers the **Creo Design Exploration Extension**, which utilizes AI algorithms to automatically generate and evaluate multiple design alternatives based on specified objectives. This enables designers to explore and optimize their designs more efficiently [12].
- Dassault Systèmes CATIA: It incorporates AI-based functionalities such as **Generative Design**, which uses AI algorithms to explore and generate optimized design solutions based on user-defined constraints. This AI-driven approach enables designers to explore innovative design possibilities quickly [13].
- SolidWorks: It includes features like **SolidWorks Simulation**, which utilizes AI algorithms for finite element analysis, allowing designers to simulate and analyze the performance of their designs accurately. SolidWorks also offers AI-driven tools for automated cost estimation, material selection, and assembly planning [14].

However, it is very unusual to find apps specifically designed for graphical purposes, even less for learning engineering drawing. We have evaluated apps such as Visual ChatGPT in order to determine if it can be used as a learning tool.

Visual ChatGPT is an advanced conversational AI model that combines natural language processing with visual understanding capabilities. It leverages deep learning techniques to generate human-like responses in text format based on the given visual input and conversational context, i.e., it is designed to comprehend and generate meaningful answers in response to visual stimuli.

The concept of Visual ChatGPT revolves around bridging the gap between visual information and conversational understanding. By integrating computer vision algorithms with language processing models, Visual ChatGPT can analyze and interpret visual data, including images, videos, and other visual inputs. This fusion of vision and language enables the model to understand visual context and generate contextually relevant responses.

The skills of Visual ChatGPT encompass several key aspects. First, the model possesses the ability to recognize objects, scenes, and other visual elements within an image or video. It can identify and understand the content of visual stimuli, allowing it to engage in meaningful conversations related to the visual input. Second, Visual ChatGPT can generate descriptive and informative captions for images, providing textual representations of the visual content. This skill enables the model to describe images accurately and facilitate discussions around them.

Furthermore, Visual ChatGPT exhibits contextual understanding by incorporating the visual information into its responses. It can generate responses that take into account both the visual input and the ongoing conversation, providing coherent and relevant answers. The model also demonstrates the capability to answer questions and provide explanations about the visual content, leveraging its comprehension of both images and textual context.



Fig. 2. Image generated by Visual ChatGPT.

The development and advancement of Visual ChatGPT open up possibilities for various applications that can enhance tremendously human-computer interactions. But, unfortunately for educational community, the implement of cutting-edge technologies tends to affect social media platforms, development of intelligent virtual assistants, and other profitable business. Despite the impressive graphic communication skills demonstrated by Visual ChatGPT, the current development in this area is primarily focused on commercial and leisure applications. In fact, our tests related to technical matters have not produced satisfactory results so far. It is evident that in the near future, we will be able to engage in

graphical communication with ChatGPT. However, at present, none of the applications we have explored are capable of accurately interpreting technical drawings. Suffice as an example the accompanying image that illustrates the limitations of the visual output produced by Visual ChatGPT when asked to draw a coherent elevation and plan of a hexagonal prism (fig. 2).

1.2. 3.2. Test design

Plenty of researcher's quizzes have been tested AI, mainly ChatGPT since November 2020, trying to check IA capabilities and its impact in university sector [15] [16]. However, no specific building engineering-oriented tests have been published so far.

In order to test different kind of knowledge and skills, a selection of question has been discussed by three professor that teach in three engineering schools at the University of A Coruña, University of Cádiz and University of Seville. As a result, 9 questions related to Descriptive Geometry, Land Surveying and Architectural Surveying has been selected:

1. In the orthographic projection system, how is it drawn a straight line that is perpendicular to a plane?
2. Determine the radius of a sphere whose diameter is 10 cm in these two types of representation:
 - a. Isometric drawing (without applying reduction coefficient to the axes of the system)
 - b. Isometric projection (applying reduction coefficient to the axes of the system)
3. In orthographic projection system, a straight line whose front view (vertical projection) forms 30° with the horizontal plane, and its top view (horizontal projection) forms 20° with the vertical plane, how many degrees does it form with both projection planes?
4. Transform polar coordinates into Cartesian coordinates of a point whose polar coordinates are $(12,4\pi/3)$
5. Difference between open traverse and closed traverse
6. Given the coordinates of three points A, B and C. Find the coordinates of a point P, by resection, knowing that the interior angles formed by the sights towards the two points are:
 $\alpha=61.030$ g, angle APB; $\beta=67.910$ g, BPC angle
A = (1000, 1000); B= (1242.200, 1134.094); C (1494.460, 940.129). Dimensions in meters.
7. Definition of photogrammetry
8. Difference between precision and accuracy in surveying
9. Difference between time of flight and phase shift in laser measurements

As the questions and topics are concerned, it should be noted that they don't try to be representative of the whole knowledge or subjects that an engineering degree could consist of, and yet, we just want to take a probe that could serve to assess some specific AI skills and compare them with student proficiencies. That's why we are chosen just topics in our area of expertise but choosing different levels of communications skills, including graphical and writing reasoning so that we can assess properly AI performance in our area of knowledge.

The quiz has been released by means google forms and a total of 12 students had fulfilled it. The sample is bigger enough taking into account that it represents approximately the third part of the mean of the usual number of students in a classroom.

The answer has been assessed by the different teachers and each question has been given with the mean of the three scores. The same questions have been asked to both, ChatGPT and BingChat, obtaining two new marks for each question by following the same procedure.

4. Results and Conclusions

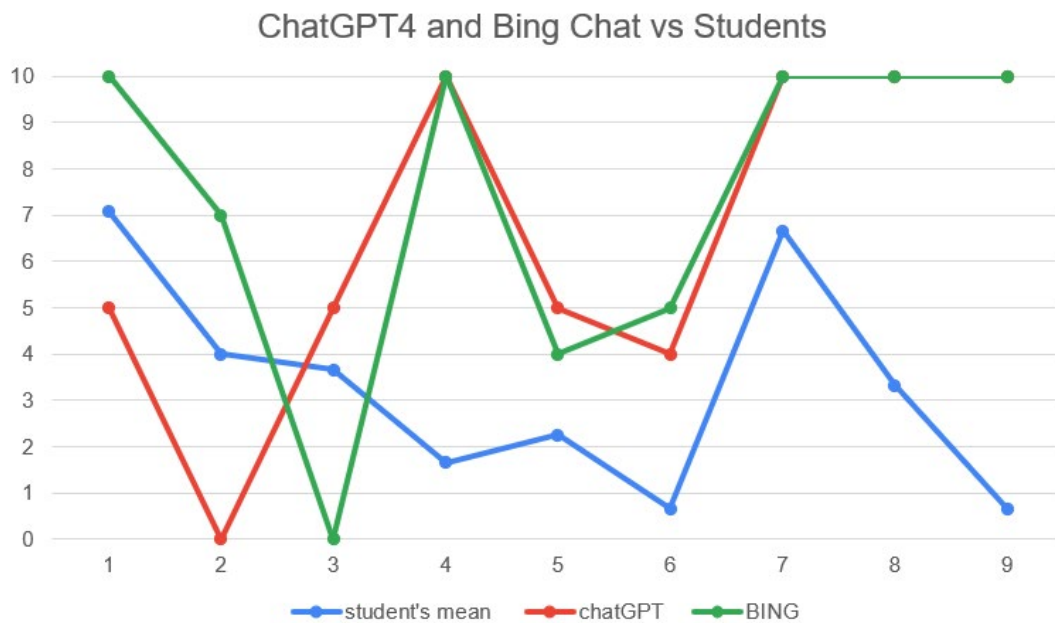


Fig. 3. ChatGPT, Bing Chat and students' performance. Authors

As shown (fig. 3) AI overcomes the mean mark obtained by students in most of the questions except 1, 2 and 3 that focus its enquiry on a graphical reasoning. Questions 4 to 6 shed a better score for AI, although the difference is not as big as the three first cases, considering that we must read the student's curve knowing that represent mean values. However, it is very evident that questions based on memory such as theoretical topics like questions 8 and 9 the performance of AI is extremely better than student's.

Comparing ChatGPT and Bing Chat we must point out that Bing Chat achieved better results. This is due to the fact that Bing is connected to the Internet while ChatGPT use a database that, even being enormous, is not as updated as the Web.

About AI apps that could help students and teachers by using technical drawings, Visual ChatGPT represents a significant breakthrough in conversational AI by integrating visual understanding capabilities. With its skills in visual recognition, caption generation, contextual understanding, and question answering, the model showcases the potential for more sophisticated and immersive interactions between humans and AI systems, so it is for sure that specific app will be released in a near future.

In conclusion, AI technology is significantly changing how engineering students work and learn. It enables them to complete tasks effectively and quickly, collaborate better, and work more productively. Further, it's a technology that is broadly accessible, requiring minimal investment, as most apps are affordable or free. Thus, for students, using ChatGPT or any other AI resource is an innovative tool that they must integrate into their day-to-day lives. It is our responsibility as professors and researchers give them tools and indications to tackle the new learning scenario.

In the context of future research, it is crucial to acknowledge that the incorporation of AI tools in university education presents significant ethical implications. These implications are closely tied to the concepts of authorship and intellectual property, as well as the risks associated with potential cognitive and social skill degradation, challenges in process understanding and knowledge transfer, and the emergence of personal insecurities related to one's creative and intellectual capabilities.

5. Quotations and Bibliographical References

- [1] Sevilla, J. et alii (2022). Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning. International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2202.05924v2, págs. 1-25. Padua, Italy, 2022, pp. 1-8, doi: 10.1109/IJCNN55064.2022.9891914.
- [2] Barrera-Vera, J.A.; León Franco. D. (2021) «Machine learning aplicada a la corrección automatizada de ejercicios gráficos,» en *Redibujando el futuro de la Expresión Gráfica aplicada a la edificación*, Tirant Humanidades, pp. 1223-1240.
- [3] Shiohira, K. (2021) Understanding the impact of artificial intelligence on skills development, UNESCO-UNEVOC International Centre for Technical and Vocational Education and Training.
- [4] «GPT-4 Technical Report,» eprint arXiv:2303.08774, 2023.
- [5] Erard, G. (2023) «GPT-4 destroza a ChatGPT en exámenes universitarios, ¿pero realmente importa?» 15 3. [En línea]. Available: <https://hipertextual.com/2023/03/gpt-4-supera-chatgpt-examenes-universitarios>.
- [6] Forero, T. «Conoce los principales impactos de la inteligencia artificial (IA) en la educación y sus posibilidades futuras.» 19 3 2020. [En línea]. Available: <https://rockcontent.com/es/blog/inteligencia-artificial-en-la-educacion/>. [Último acceso: 12 12 2022].
- [7] «La Inteligencia Artificial en la Educación,» [En línea]. Available: <https://es.unesco.org/themes/tic-educacion/inteligencia-artificial>. [Último acceso: 12 6 2023].
- [8] Waikar, S. (2021) «AI in Education: Augmenting Teachers, Scaling Workplace Training,» 1 4. [En línea]. Available: <https://hai.stanford.edu/news/ai-education-augmenting-teachers-scaling-workplace-training>.
- [9] «Making the Case for Artificial Intelligence and Machine Learning in Engineering,» 6 4 2023. [En línea]. Available: <https://www.digitalengineering247.com/download/making-the-case-for-artificial-intelligence-and-machine-learning-in-engineering/generative-design>. [Último acceso: 8 4 2023].
- [10] Chatzimpampas et alii, (2020) «The State of the Art in Enhancing Trust in Machine Learning Models with the Use of Visualizations,» *EUROVIS 2020*, vol. 39, nº 3, pp. 713-716.
- [11] «Convergent Modeling,» siemens, [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/convergent-modeling/24461>. [Último acceso: 5 6 2023].
- [12] «<https://pdsvision.com/cad/creo/>,» [En línea]. Available: https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/usascii/index.html#page/design_exploration/design_exploration.html#ID0E1NAE. [Último acceso: 1 6 2023].
- [13] «GENERATIVE DESIGN ENGINEERING,» [En línea]. Available: <https://events.3ds.com/generative-design-engineering>. [Último acceso: 5 6 2023].
- [14] «SolidWorks Simulation,» [En línea]. Available: <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-simulation>. [Último acceso: 2 6 2023].
- [15] Casado Gorgas, M. et alii (2023) «ChatGPT: «Las universidades tendrán que enseñar a los estudiantes las habilidades necesarias para hacer frente a los retos que plantea la inteligencia artificial,» 17 4. [En línea]. Available: <https://blogs.uoc.edu/elearning-innovation-center/es/chatgpt-las-universidades-tendran-que-ensenar-a-los-estudiantes-las-habilidades-necesarias-para-hacer-frente-a-los-retos-que-plantea-la-inteligencia-artificial/>. [Último acceso: 10 5 2023].
- [16] Rodríguez-Serrano, J.A. (2023) «ChatGPT: un incentivo para repensar cómo evaluamos a nuestros alumnos,» 11 enero. [En línea]. Available: <https://dobetter.esade.edu/es/chatgpt-educacion>. [Último acceso: 2 6 2023].

LEVANTAMIENTO DE CONSTRUCCIONES LINEALES CON SISTEMAS DE ESCÁNER LÁSER DINÁMICO PORTÁTIL (WMMS). OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA OBTENER LA GEOMETRÍA DE UN TRAMO DEL ACUEDUCTO DE USSEIRA, PORTUGAL

SURVEY OF LINEAR CONSTRUCTIONS WITH PORTABLE DYNAMIC LASER SCANNER SYSTEMS (WMMS). OPTIMISATION OF THE PROCESS TO OBTAIN THE GEOMETRY OF A SECTION OF THE USSEIRA AQUEDUCT, PORTUGAL

Francisco Javier Chorro Domínguez^{ac}, María José Marín Miranda^{ad}, Paula Redweik^{be}, José Juan de Sanjosé Blasco^{af}

^a Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain

^b Faculdade de Ciências, Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal
^c fjchorro@unex.es, ^d mjmarin@unex.es, ^e pmredweik@ciencias.ulisboa.pt, ^f jjblasco@unex.es

How to cite: Chorro Domínguez, F. J.; Marín Miranda, M. J.; Redweik, P.; Sanjosé Blasco, J. J. (2024). *Survey of linear constructions with portable dynamic laser scanner systems (wmms). Optimisation of the process to obtain the geometry of a section of the Usseira aqueduct, Portugal.* In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023.* Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 70-77. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

El levantamiento geométrico de elementos patrimoniales resulta de gran valor tanto para el conocimiento constructivo como para el estudio de lesiones y operaciones de intervención y mantenimiento. Mediante el empleo de técnicas geomáticas como TLS (Terrestrial Laser Scanner) se puede obtener una gran cantidad de información geométrica de forma rápida y precisa. El uso de equipos de WMMS (Wearable Mobile Mapping System) permite reducir aún más los tiempos de toma de datos, al captar la información de forma continua mientras se realiza un recorrido. No obstante, estos equipos no ofrecen los mismos niveles de precisión, por lo que es necesario planificar de la forma más eficiente los recorridos en función de las características geométricas del elemento a levantar, así como del entorno directo. En esta comunicación, se presenta el trabajo de obtención de las coberturas teóricas del equipo, tanto en planta como en alzado, para optimizar la planificación del trazado, previamente al levantamiento con WMMS. Se toma como caso de estudio el Acueducto de Usseira (1570), localizado en Óbidos (Portugal), reconocido como Inmueble de Interés Público desde 1962. Se estudia un tramo de unos 240 metros de longitud con una altura media de 6 metros y una única fila de arcos de medio punto.

Palabras clave: Acueducto, Patrimonio, WMMS.

Abstract

The geometric survey of heritage elements is of great value both for constructive knowledge and for the study of damage and intervention and maintenance operations. By using geomatic techniques such as TLS (Terrestrial Laser Scanner), a large amount of geometric information can be obtained quickly and accurately. The use of WMMS (Wearable Mobile Mapping System) equipment can further reduce data collection times by capturing information continuously while on the move. However, this equipment does not offer the same levels of accuracy, so it is necessary to plan the most efficient way to plan the routes according to the geometric characteristics of the element to be surveyed, as well as the

direct environment. In this communication, the work to obtain the theoretical coverage of the equipment is presented, both in plan and elevation, to optimize the planning of the layout. This result will be applied for the survey with WMMS of the Usseira Aqueduct (1570), located in Óbidos (Portugal), that was recognized as a Property of Public Interest since 1962. A section of about 240 meters in length with an average height of 6 meters and a single row of semicircular arches is being studied.

Keywords: Aqueduct, Heritage, WMMS.

1. Introducción

La restauración, intervención o mantenimiento en edificios patrimoniales requiere del conocimiento histórico, geométrico, constructivo y material, así como de las actuaciones anteriores realizadas en el mismo. La evolución de las técnicas geomáticas en las últimas décadas ha permitido la obtención de modelos digitales de edificios del patrimonio cultural [1] [2]. La digitalización de los edificios permite generar modelos 3D para la realización de análisis de los mismos.

La toma de datos mediante escáner láser terrestre (TLS) permite generar modelos de nubes de puntos 3D con un alto nivel de detalle y precisión [3]. Esto ha supuesto que sea una de las técnicas más utilizadas para el levantamiento de edificios patrimoniales. Para que la captura de datos sea eficaz es importante optimizar los procesos definiendo el número de posiciones mínimas que garanticen la máxima cobertura, de manera que se reduzca el número de posiciones de los escaneos [4].

La utilización de equipos móviles WMMS (Wearable Mobile Mapping System) para la obtención de modelos de nubes de puntos 3D permite captar información de los elementos de forma continua mientras se realiza un recorrido. La toma de datos con estos sistemas requiere planificar los recorridos atendiendo tanto a los requisitos de los equipos – resolución y alcance –, como al recorrido óptimo para la corrección de errores de cierre. Cuando los edificios son complejos, es necesario realizar planificaciones para evitar duplicidad en los datos, reducir los recorridos y para aprovechar al máximo la autonomía de los sistemas [4], [5].

El objetivo de este trabajo es determinar la forma óptima de realizar el levantamiento de una estructura lineal, concretamente del acueducto de Usseira (Portugal) con un equipo WMMS. Se presenta en esta comunicación el estudio geométrico realizado de las áreas de cobertura del equipo y la precisión en relación con la distancia al elemento.

2. Método y Proceso de investigación

Previo al levantamiento del acueducto de Usseira (Portugal) con un equipo WMMS, se ha realizado un estudio geométrico gráfico de la zona de cobertura y barrido del láser en función de la distancia al elemento del cual se quiere obtener un modelo 3D, para determinar la distancia óptima a la que realizar la toma de datos.

Características del equipo El equipo con el que se realiza la toma de datos es un HERON AC-2 Color. Se trata de un equipo WMMS con un rango de medida entre 1 y 70 metros, con un ángulo vertical de +10.67 a -30.67 grados y un ángulo horizontal de 360 grados.

Caso de estudio

El acueducto de Usseira, también conocido como acueducto de Óbidos, tiene una extensión de unos seis kilómetros, siendo el tramo de Usseira hasta la fuente de la plaza de Santa María de Óbidos subterráneo. Fue mandado a construir por la reina Catarina de

Austria en el siglo XVI, para el abastecimiento de agua de la ciudad de Óbidos. Está clasificado como Inmueble de Interés Público desde 1962.

La zona de estudio tiene una longitud de 243 m, con una altura media de 6.30 m. Está compuesta por 63 arcos de medio punto de 2.30 m de luz apoyados sobre pilastras de 1.30 m de longitud y 1.00 m de ancho, siendo su espesor de 80 cm en la zona de la canalización. Para mejorar la estabilidad, cada grupo de 10 arcos cuenta con una pilastra con planta en cruz, excepto en los extremos norte y sur, donde los tramos son de 11 y 12 arcos respectivamente (Fig. 1).



Fig. 1. Acueducto de Usseira (Portugal)

Estudio gráfico de cobertura LIDAR

Como análisis previo a la planificación de la toma de datos, se analizan de forma gráfica las coberturas en planta y alzado del equipo, así como las precisiones obtenidas en función de las características de éste. Se tienen en cuenta las limitaciones del entorno para analizar los posibles recorridos y estrategias, de forma que la cobertura y precisión sean adecuados para el levantamiento.

Puesto que el LIDAR empleado en el equipo tiene una cobertura horizontal de 360° y vertical de $+10.67$ a -30.67 grados, con unos rangos de alcance del láser entre 1 y 70 m, la zona cubierta es un cuerpo de revolución en torno al eje vertical en el que se ubica el equipo (Fig. 2). El centro del cuerpo de revolución se considera a 2 m de altura respecto al plano del suelo (altura del equipo para un usuario de 1.75 m de altura).

Mediante el cálculo de la intersección entre el cuerpo de revolución y el plano del acueducto podemos determinar la zona cubierta por el equipo a diferentes distancias (Fig. 3).

Teniendo en cuenta que la precisión teórica del LIDAR es de 2 cm a 25 m, se calculan las superficies cubiertas en función de la distancia del emisor al elemento a representar. Se agrupan en tolerancias de 1 cm, para los valores comprendidos entre precisiones inferiores a 1 cm y superiores a 5 cm, lo que supone un total de 6 niveles.

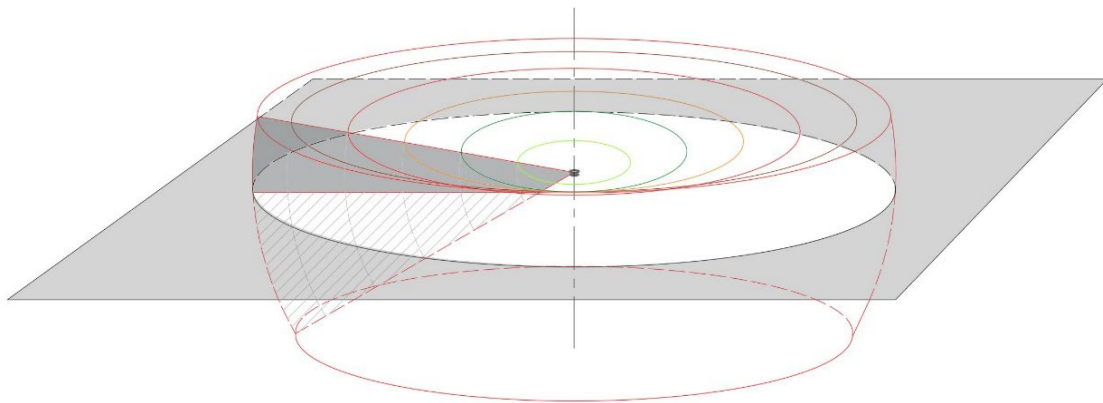


Fig. 2. Imagen de la geometría en revolución de la zona de cobertura del equipo

Debido a la geometría del elemento a representar, se considera que el recorrido óptimo es paralelo al elemento, atravesando los arcos iniciales y final de modo que se inicie y finalice el recorrido en el mismo punto en el que se ha comenzado. Por tanto, se parte de esa hipótesis para calcular las zonas cubiertas.

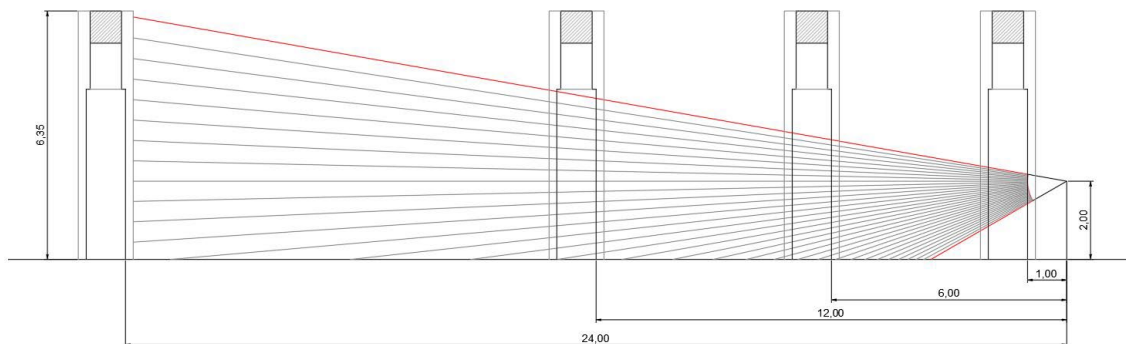


Fig. 3. Proyección de la trayectoria del LIDAR perpendicular al acueducto

Para abarcar las posibles opciones de recorridos, se parte de una distancia de 1 m, al ser la distancia mínima de trabajo del LIDAR y 24 m por estar en el límite de precisión que se ha considerado necesaria para el levantamiento (< 2 cm). Como distancias intermedias se han establecido 6 m y 12 m, por lo que se estudiarán un total de 4 distancias.

3. Resultados

Para analizar los resultados se representan gráficamente las zonas de cobertura, así como los niveles de precisión sobre un tramo de 140 m, coincidiendo con la cobertura máxima teórica del equipo (70+70 m) sobre un alzado hipotético obtenido a partir de la geometría idealizada del acueducto. Para ello, se realiza un levantamiento simplificado en planta y alzado, a partir del cual se realiza el estudio de coberturas (Fig. 4).

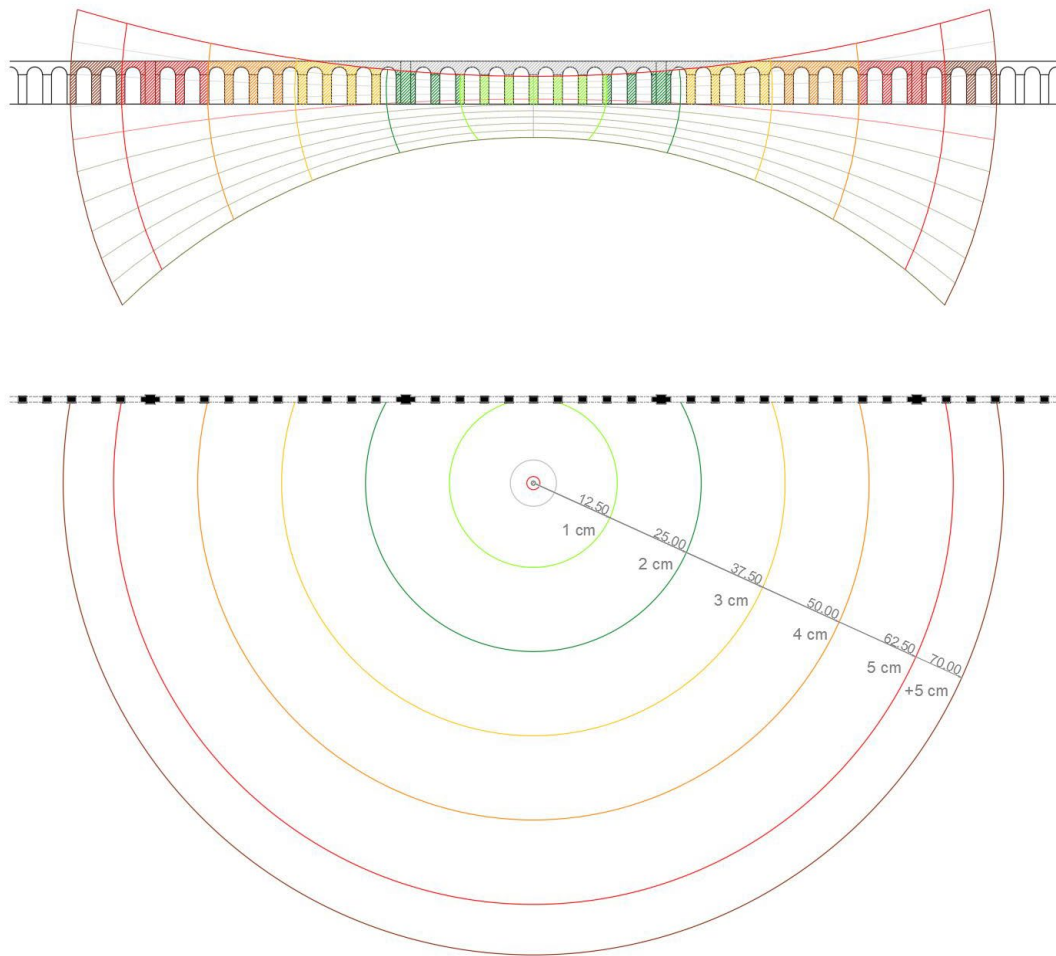


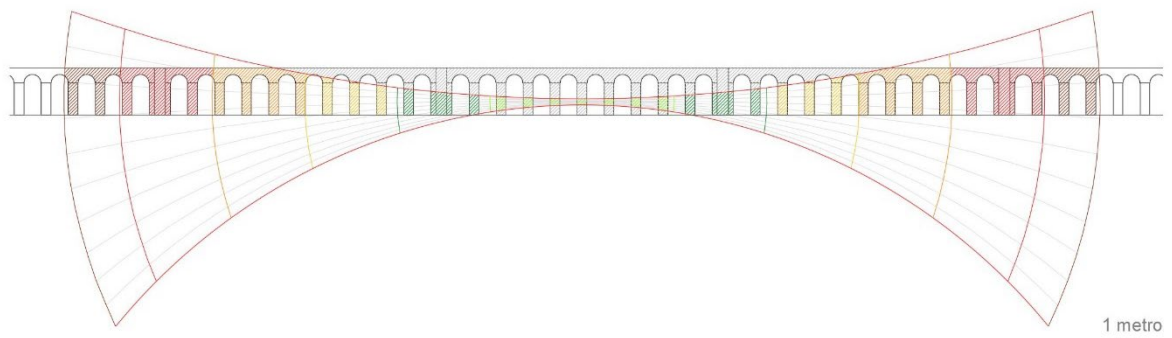
Fig. 4. Estudio de la zona de coberturas en planta y alzado a 12 m de distancia del acueducto

A continuación, se representa la geometría resultante de la intersección entre la pieza en revolución del recorrido del LIDAR y del levantamiento para cada una de las hipótesis de recorrido, considerando la distancia en paralelo respecto al acueducto. La codificación de color indica los distintos valores de precisión teórica (Fig. 5).

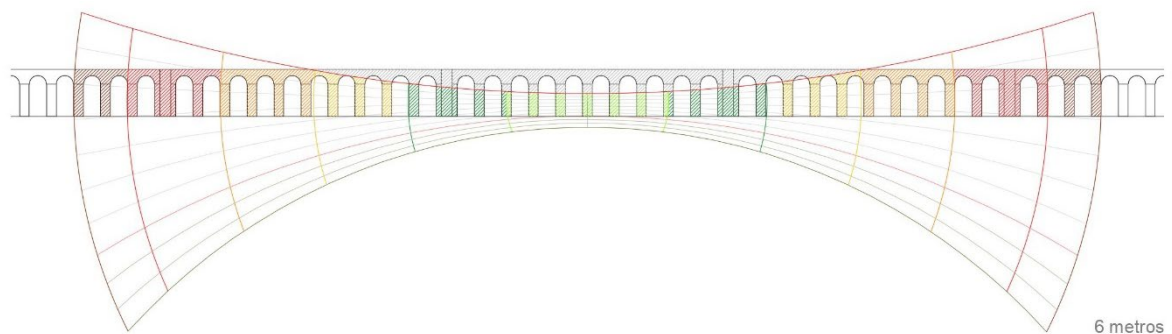
Para facilitar el análisis de las distintas opciones, se calculan los porcentajes de zona cubierta con cada uno de los mismos (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de zonas cubiertas en función de la distancia y la precisión

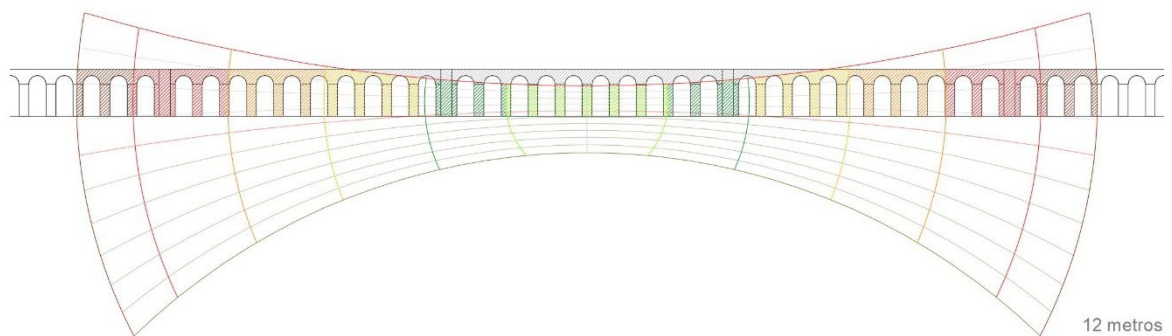
Distancia del recorrido	Porcentaje de cobertura en función de la precisión						sin cobertura
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	+5 cm	
1 m	3,35%	8,46%	12,84%	17,52%	17,89%	10,73%	29,22%
6 m	7,80%	11,49%	15,13%	18,20%	18,14%	10,38%	18,87%
12 m	10,45%	11,80%	18,12%	18,90%	18,58%	11,07%	11,07%
24 m	0,00%	10,61%	35,79%	24,44%	22,47%	6,53%	0,16%



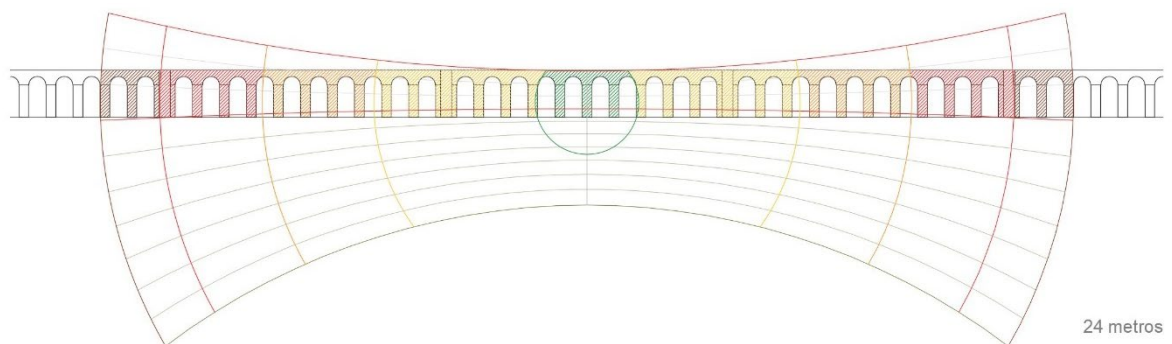
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5. Zona de cobertura en función de la precisión teórica realizando el recorrido a 1 m (a), 6 m (b), 12 m (c) y 24 m (d) de distancia del acueducto. En verde claro la zona con precisión de 1 cm, en verde oscuro con precisión de 2 cm, en amarillo y naranja con precisión de 3 y 4 cm respectivamente, en rojo con precisión de 5 cm y en marrón con precisión inferior a 5 cm. En gris la zona no cubierta a esa distancia cuando el equipo está perpendicular al elemento

A partir de los resultados obtenidos, podemos observar que realizando un recorrido a 24 m de distancia (Fig. 5d) se pueden obtener precisiones por debajo de los 2 cm en toda la altura del acueducto, si bien en ninguna zona se obtienen precisiones superiores a 1 cm.

Realizando un recorrido paralelo a una distancia de 12 m (Fig. 5c), contamos con un mayor equilibrio entre la precisión mínima establecida para la geometrización (< 2 cm), cubriendo también una zona considerable (hasta el arranque de los arcos) con precisiones superiores a 1 cm. Considerando que los posibles desplomes deberían ser perceptibles en estos elementos, el compromiso entre precisión y cobertura resulta bastante equilibrado.

En el caso de realizar recorridos más cercanos al acueducto (Fig. 5a y Fig. 5b), la zona cubierta con precisión superior a los 2 cm es muy escasa, no alcanzando en ningún caso el punto de arranque de los arcos, por lo que el modelo final obtenido no ofrecería garantía de alcanzar una precisión geométrica suficiente.

5. Conclusiones

Si bien el empleo de WMMS permite reducir considerablemente los tiempos necesarios de trabajo en campo con respecto a equipos estáticos, dada la limitación de cobertura del equipo empleado, especialmente en vertical, su empleo para levantamiento de elementos con alturas superiores a los 6 m supone una importante limitación de precisión, lo cual puede suponer que no sean idóneos para este tipo de trabajos. Para el caso de estudio empleado, con una altura máxima de 6.30 m, se considera que la capacidad del equipo es válida para estudios geométricos, pero está limitada para la obtención de precisiones mínimas que permitan el análisis de lesiones.

Como línea de trabajo futura, una vez realizados los levantamientos con los recorridos estudiados en este trabajo, sería interesante comprobar tanto las coberturas y precisiones de las nubes de puntos obtenidas, como la deriva del equipo. Esto permitirá comprobar tanto si se consigue la previsión de precisión y cobertura estimadas, como la necesidad de tomar puntos de referencia con equipos GNSS o estacionamientos georreferenciados fijos para corregir posibles desviaciones.

6. Referencias bibliográficas

- [1] Allegra, V., Di Paola, F., Lo Brutto, M., & Vinci, C. (2020). Scan to BIM for the management of heritage buildings: The case study of the Castle of Maredolce (Palermo, Italy). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 43(B2), 1355–1362. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1355-2020>
- [2] Di Stefano, F., Chiappini, S., Piccinini, F., & Pierdica, R. (2019). Integration and Assessment Between 3D Data from Different Geomatics Techniques. Case Study: The Ancient City Walls of San Ginesio (Italy). In *R3 in Geomatics: Research, Results and Review* (pp. 186–197). <http://www.springer.com/series/7899>
- [3] Ebolese, D., Dardanelli, G., Lo Brutto, M., & Sciortino, R. (2018). 3D survey in complex archaeological environments: An approach by terrestrial laser scanning. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2), 325–330. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-325-2018>
- [4] Frías, E., Previtali, M., Díaz-Vilariño, L., Scaioni, M., & Lorenzo, H. (2022). Optimal scan planning for surveying large sites with static and mobile mapping systems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 192, 13–32. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.07.025>

- [5] Kim, S. H., Li, K. J., & Cho, H. G. (2020). A flexible framework for covering and partitioning problems in indoor spaces. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/ijgi9110618>

CARTOGRAFÍAS EXPERIENCIALES: TRAZAR LO SENSORIAL, LO AFECTIVO Y LO DINÁMICO

EXPERIENTIAL CARTOGRAPHIES: MAPPING THE SENSORY, THE AFFECTIVE AND THE DYNAMIC

Virginia De Jorge Huertas^a, Raúl Torres Guzmán^b

Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, Spain

^avirginia.dejorge@urjc.es, ^braul.torres@urjc.es

How to cite: De Jorge Huertas, V.; Torres Guzmán, R. (2024). *Experiential cartographies: mapping the sensory, the affective and the dynamic*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 78-88. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Graficar el entorno y sus características, más allá de lo visual, significa desarrollar unas aptitudes cartográficas en planos y estratos diversos. La "cartografía experiencial" es una herramienta de trabajo de campo para estudiantes y profesionales que buscan realizar un registro de la experiencia en un lugar. Su aplicación, vinculada o no a una intención proyectual, se plantea en una fase anterior al proyecto. Tiene lugar durante la toma de contacto con el entorno, bien en el lugar donde se desarrollará un proyecto, o bien en cualquier entorno susceptible de desencadenar impresiones trasladables a un futuro proyecto. Esta comunicación plantea una vía de generación de imágenes desglosable en tres estratos de percepción. Se plantean los niveles sensoriales, superando el "ocularcentrismo" (Pallasmaa, J. 2005; Wieczorek, I. 2015), los afectivos, valorando la apreciación subjetiva (Corraliza, J. A. 1987), y los temporales (Michaux, H.), tomando conciencia de lo particular del momento y su movimiento. La producción de estos "mapas experienciales" constituyen, por tanto, una abstracción gráfica de la experiencia del propio lugar. Algunos de los resultados de estos mapas provienen del taller realizado en Aranjuez con 30 estudiantes de arquitectura que atiende a este planteamiento: escuchar, oler, tocar, detectar movimientos, densidades temporales, elementos intrusos, atender a sensaciones pretéritas y presentes y su graficado de forma conjunta. Este planteamiento sigue a la necesidad de registrar la poética del lugar y hacerla partícipe del proceso de concepción proyectual. La implicación social y práctica de esta tentativa se traduce en un valor "humanizador" añadido al proyecto subsecuente.

Palabras clave: Bitácora de viaje, Expresión Gráfica, Mapas sensoriales, Lugar.

Abstract

Charting the environment and its features, beyond the visual, means developing cartographic skills in a variety of planes and layers. "Experiential mapping" is a fieldwork tool for students and professionals seeking to record the experience of a place. Its application, whether or not it is linked to a design intention, is considered in a phase prior to the project. It takes place during the very first contact with the environment, either in the place where a project will be developed, or in any environment likely to trigger impressions prone to be transferred to a future project. This communication proposes a way of generating images that can be broken down into three layers of perception. Sensorial levels are considered, overcoming "ocularcentrism" (Pallasmaa, J. 2005; Wieczorek, I. 2015), affective levels, valuing subjective appreciation (Corraliza, J. A. 1987), and temporal levels (Michaux, H.), becoming

aware of the particularity of the moment and its movement. The production of these "experiential maps" constitutes, therefore, a graphic abstraction of the experience of the place itself. Some of the results of these maps come from the workshop held in Aranjuez with 30 architecture students, which follows this approach: listening, smelling, touching, detecting movements, temporal densities, intrusive elements, attending to past and present sensations and plotting them together. This approach follows the need to register the poetics of the place and make it part of the design conception process. The social and practical implication of this attempt translates into a "humanising" value added to the subsequent project.

Keywords: Travel Notebook, Graphic Expression, Sensory Mapping, Place.

1. Introducción: Cartografías y Experiencias

La cartografía es considerada tanto una ciencia como un arte que estudia los mapas geográficos. En esta experiencia didáctica efímera, el significado es mutable y considera también aquello invisible de Calvino [1] de las trazas urbanas y, en particular, aquellas periféricas y olvidadas.

Objetivos y métodos

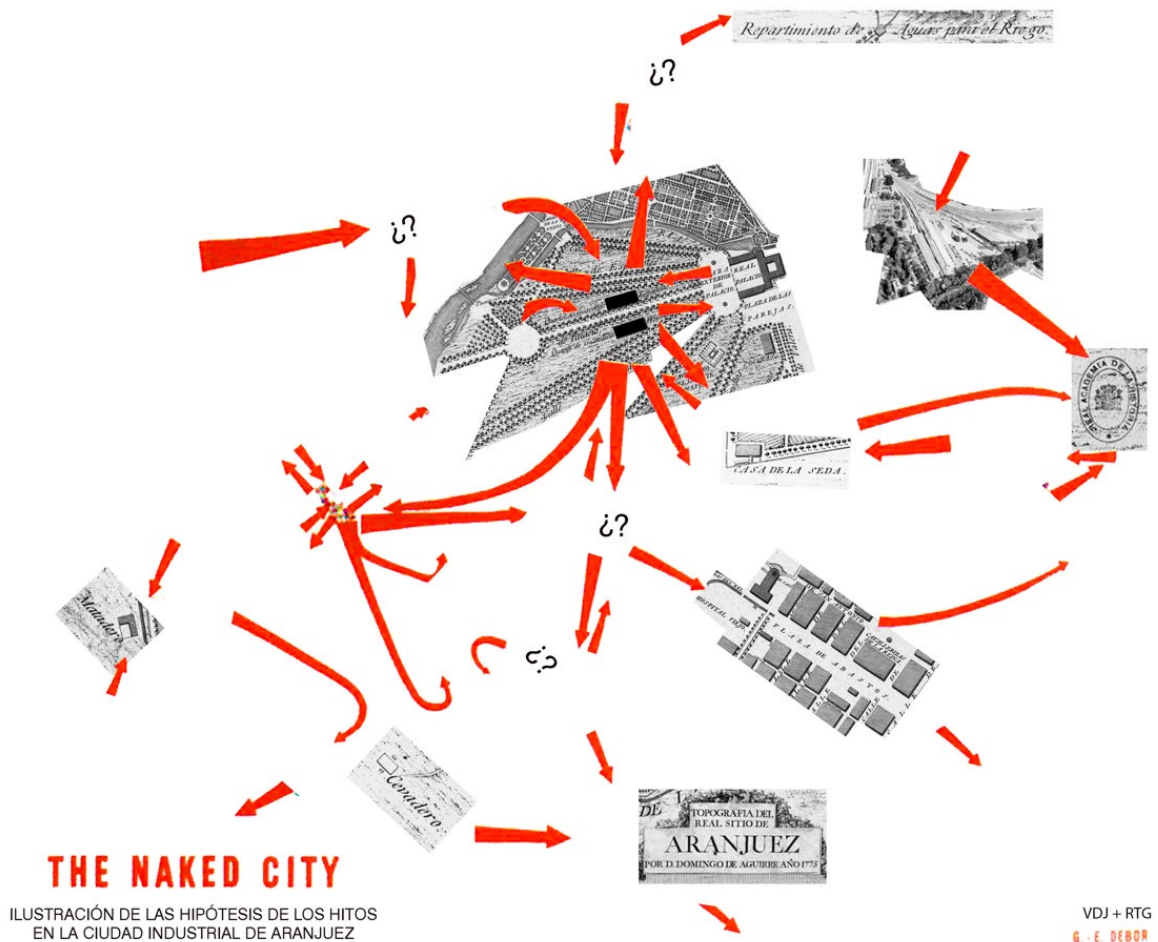


Fig. 1. Cartel para el taller "Deriva Dibujada en Aranjuez", abril 2023. Autores: Homónimos de la comunicación.

El objeto de esta investigación se ha apoyado en la realización de un taller denominado "Deriva Dibujada en Aranjuez" (Fig.1), de carácter optativo, como parte de una actividad transversal fomentada desde el área de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Fue realizado con estudiantes de primer y segundo curso del grado de Arquitectura, el doble grado con Paisajismo y el doble grado con Diseño de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. La metodología estaba centrada en derivar y dibujar de forma simbiótica y simbólica, aprovechando la inercia de caminar sin un hipotético objetivo específico, aunque sí con un planteamiento programático asociado a mirar "de otra forma", una manera de experimentar y reflexionar acerca de "la periferia" o "lo limítrofe" sobre entornos urbanos y arquitecturas monumentales en una ciudad como Aranjuez.

Procesos de investigación

El taller, coordinado por las personas autoras de la presente comunicación, consistió en dibujar "lo periférico" desde tres puntos de vista: "lo sensorial y perceptivo" [2,3], "lo afectivo" [4] y "lo dinámico" [5] en la ciudad de Aranjuez. El método y el proceso de investigación utilizados han sido, respectivamente, el taller y el dibujo. El formato utilizado de "taller", se entiende, en su sentido literal, según su definición como el hogar del artesano. Un espacio de escala y trabajo humano en el cual la vida y el trabajo se entremezclan. Según Sennett [6], el taller es, a su vez, una "institución social" que motiva a los artesanos. Por ello el objetivo de nuestro taller era precisamente este, motivar a los estudiantes, promover en ellos la intención de creer en el dibujo como herramienta artesana de construcción de la arquitectura; generar una de las semillas propedéuticas de la disciplina, el dibujo, tanto figurativo como abstracto (Gráficos 1 a 10). Una herramienta de experimentación desde "lo artesanal" en su sentido literal, de la mano conectada a una herramienta gráfica y al papel en su conexión directa con la mente y sus traslaciones. En este caso, mediante la mirada crítica a un tejido urbano olvidado en una ciudad monumental como es Aranjuez, patrimonio cultural mundial y referencia de construcción de ciudades y trazos urbanos como Washington.

Kahn exponía que "...para cualquier actividad humana constituida, el inicio es el momento más maravilloso pues en él está todo su espíritu, todas las potencialidades, de las que constantemente debemos sacar inspiración para las necesidades actuales" (Citado en [7]). Esta experiencia se enmarca en un "grado cero" de la actividad proyectual, en la toma de contacto con un entorno. En esta forma de relacionarse con el mundo tiene relevancia el "ser en el mundo" al que se refiere Heidegger, que determina la interacción del ser humano con un entorno en el que desarrollará sus aspiraciones, inquietudes, obsesiones o emociones. El objeto de esta experiencia es el lugar, entendiendo como tal cualquier situación o circunstancia susceptible de desencadenar una respuesta gráfica. El lugar se concibe, por tanto, como un concepto que trasciende lo material, lo real y que puede adentrarse en el ámbito de lo emocional o lo metafórico.

Por su parte, en esa trascendencia inmaterial, Debord [5] definía la deriva cómo: "...una técnica de pasos ininterrumpidos a través de ambientes diversos. El concepto de deriva está ligado indisolublemente al reconocimiento de efectos de naturaleza psicogeográfica y a la afirmación de un comportamiento lúdico-constructivo que la opone en todos los aspectos a las nociones clásicas de viaje y de paseo". Con ello presentamos el hilo conductor del taller (Fig.1) mediante una presentación de Patrimonio Industrial realizado por la profesora Elisa Bailliet y sucesivamente durante dos días, los profesores encargados del taller realizaron las actividades dedicadas a rescatar gráficamente la "naturaleza psicogeográfica" del patrimonio industrial e inmaterial de la ciudad patrimonio cultural de Aranjuez.

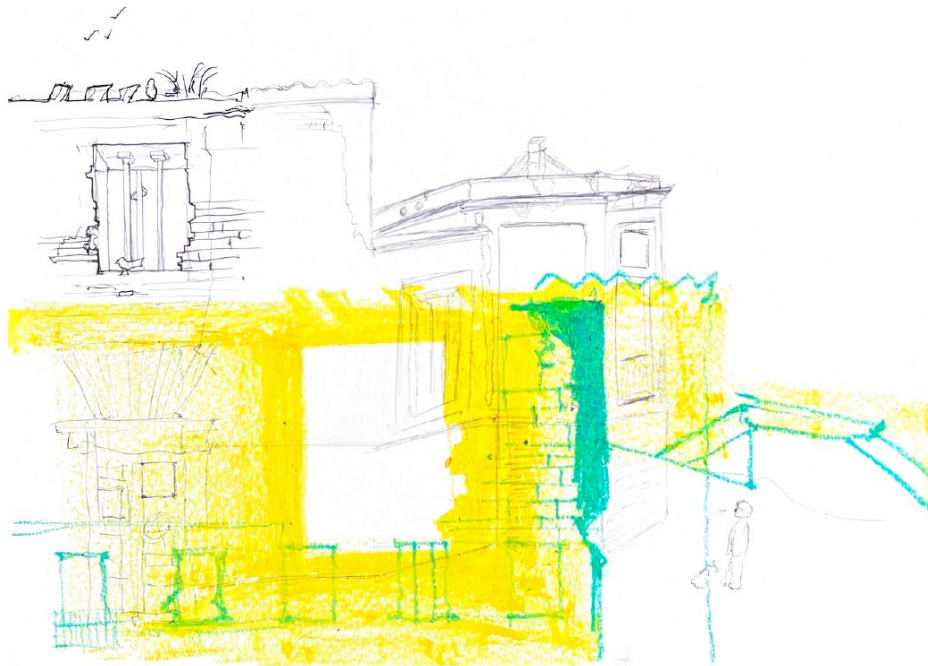


Gráfico 1. Cartografía lumínica del Antiguo Palacio de los Duques de Osuna abandonado. Autoras: Lucía Chamorro y Autora artículo



Gráfico 2. Antiguo Palacio de los Duques de Osuna abandonado. Autores: Carlos Paredes y Autor artículo

1.1. Trazar lo sensorial

De las capas que configuran la aprehensión del entorno, la que viene dada por los sentidos sería la primera, con un carácter más objetivo, directo y unívoco. De entre los cinco sentidos, el de la vista es considerado como aquel que aporta más información y de manera más fiel sobre lo que nos rodea. Esta supremacía de lo visual era defendida por autores como Le Corbusier, quien afirmaba que "La arquitectura es cosa plástica. La plástica es aquello que se ve y mide con los ojos". Sin embargo, este "ocularcentrismo" es cuestionado por la idea de que el ser humano realiza una valoración del entorno desde sus cinco sentidos y cada uno de sus sistemas desbloquea un nuevo nivel de información [8]. En "Los ojos de la piel" [9], Pallasmaa defiende la necesidad de que se produzca una experiencia multisensorial en arquitectura para que esta pueda ser conmovedora. Pallasmaa defiende el valor de lo háptico como el protagonista del proceso de percepción y cita para ello al antropólogo Ashley-Montagu: *"la piel es el más antiguo y sensible de nuestros órganos, nuestro primer medio de comunicación y protector más eficaz (...) El tacto es el padre de nuestros ojos, orejas, narices y bocas (...) 'la madre de todos los sentidos'"*.

El sentido del olfato, por su parte, participa en la creación de vínculos con sentimientos y emociones. A diferencia de los otros sentidos, el canal de entrada de los olores se dirige directamente al tálamo y comparte vías cerebrales con función de emoción y memoria como la amígdala (emociones básicas, miedos excitación, disgusto), la corteza entorrinal y el hipocampo (memorias y recuerdos) [10]. Por este motivo, la aportación del sentido del olfato, más allá de lo sensorial, entraría en el campo de lo afectivo. La interpretación gráfica del entorno se convierte en una tarea subjetiva que extrae rasgos identificativos, percibidos a través de canales sensoriales diversos. Esta mirada compleja determina la manifestación creadora posterior. Del mismo modo, los resultados que se van obteniendo durante la producción gráfica sesgan la subsecuente actitud hacia el entorno y fuerzan la aparición de detonantes de nuevas ideas [11].

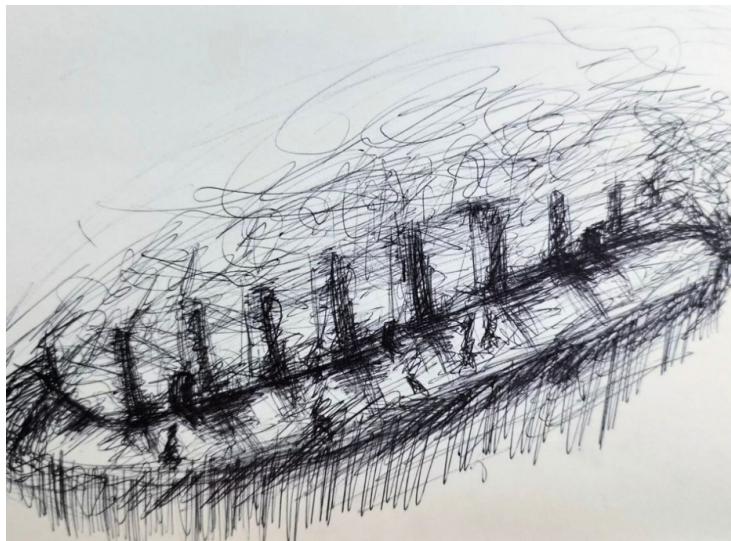


Gráfico 3. Cartografía sensorial. Mercado de Abastos. Autor: Richard Chaupin.

Esta transición desde la percepción al grafismo se puso en práctica en el taller realizando dibujos entre 2 o 3 personas, bien tomando turnos para dibujar sobre el mismo papel o bien haciéndolo de forma simultánea (gráficos 1, 2, 5,8 y 10). En estos dibujos vemos cómo las referencias visuales comienzan a deconstruirse, apenas se reconocen y se generan juegos de interacción entre las partes aportadas por cada estudiante. Durante el transcurso del taller se realizaron ejercicios que, como el descrito anteriormente, buscaban obviar lo visual para poner el foco en otros aspectos sensoriales. Los ejercicios fueron de una duración máxima de 15 minutos con el fin de evitar representaciones del entorno en las que, por

agotamiento de recursos gráficos alternativos, se acabase “contaminando” el dibujo con aspectos meramente visuales. Los entornos seleccionados para este fin fueron: el Mercado de Abastos de Aranjuez, donde las conversaciones de las personas, ruidos y olores de mercancías debían primar sobre la interesante arquitectura de ladrillo y acero del edificio (gráfico 3); la sala de estudio del C.C. Isabel de Farnesio, que sirvió como enclave para representar un silencio “manchado” con murmullos y sonidos ocasionales y dispersos (gráfico 5). En los ejercicios se puede apreciar cómo se abandonan registros gráficos conocidos para explorar gestualidades distintas que devienen en configuraciones novedosas y sorprendentes para quien las ejecuta.



Gráfico 4. Jardín del Príncipe. Autores: Realizando la obra colectiva en la fotografía de la izquierda: Marisa Cámara, Luisa Rodríguez, Silvia Caulin y Richard Chaupin.

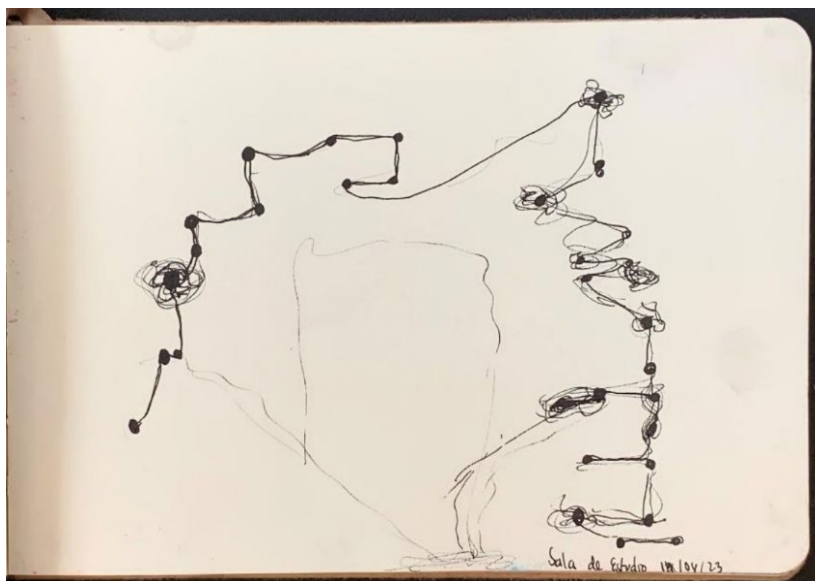


Gráfico 5. Cartografía sensorial. Autora: Luisa Rodríguez

1.2. Trazar lo afectivo

El entorno en el que nos encontramos puede evocar experiencias anteriores que produzcan una alteración de tipo afectivo sobre la experiencia presente. Esta nueva capa del proceso de aprehensión del lugar aporta el sesgo emocional, de carácter más o menos agradable, a la mirada de lo que nos rodea, como apunta Adriana Bisquert [12]. El vínculo personal creado modifica la percepción del lugar, se trasciende así el mundo de los sentidos para adentrarse en el de las emociones. Los tanteos gráficos de reconocimiento del lugar están igualmente influenciados por esta componente afectiva. Se generan así unas "imágenes mentales" [13], únicas para cada individuo, en las que intervienen las circunstancias personales como pueden ser la cultura, vivencias, personalidad u obsesiones del sujeto.

Conocer la historia del entorno con el que se interactúa es necesario para poder ponerlo en valor y tomar decisiones en consecuencia. Este conocimiento, además, puede ser un factor activador de sensaciones pretéritas en quien dibuja y potenciador de una empatía que module la actitud con la que se va a dibujar. Durante el taller, y, previamente a la realización de los dibujos, se recibió una charla por parte de la profesora Elisa Bailliet sobre patrimonio industrial y se recabó información sobre la actividad o presencia de algunos edificios en la vida de la ciudad de Aranjuez. Con esta información como fondo se dibujaron los Cuarteles de Guardias Walonas y Españolas (gráfico 6), abandonado y en la lista roja de Patrimonio Industrial; el Mercado de Abastos (gráfico 3), reformado, pero con escasa actividad; o el Palacio de Osuna (gráficos 1, 2 y 7), víctima de un incendio en 2018 y en situación de abandono desde entonces.

La práctica del dibujo experiencial se concibe como una actividad in situ. Desde hace algún tiempo, la conexión a internet permanente permite acceso inmediato a cualquier tipo de imagen que puede ser objeto de un dibujo. Esta referencia para el dibujo, no obstante, resulta únicamente visual y digital, exenta de otros fenómenos sensoriales que la enriquezcan y completen. Su incidencia en una posible respuesta gráfica se limita a mera mimesis o interpretación conforme a otros valores ya aprendidos en otros contextos. No interviene ese concepto de lugar subjetivo descrito anteriormente. Acometer el dibujo in situ, sin referencias que no provengan del entorno físico o de la subjetividad propia, es una de las pautas fundamentales para que esta práctica resulte provechosa y, por tanto, una instrucción fundamental de este taller.



Gráfico 6. Cuarteles de Guardias Walonas. Autores: Paula Puente, Inés Peiró y Carlos Paredes

1.1. Trazar lo dinámico

El dibujo en movimiento viene determinado en arquitectura por algunas referencias en torno a la Teoría de la deriva de 1958 del cineasta, filósofo y escritor francés Guy Debord. En el trazo de lo dinámico como experiencia didáctica, la técnica de Debord se basa en representar el tránsito fugaz a partir de experiencias y ambientes cambiantes. Una de sus contribuciones más tentadoras, como aquella vinculada al "vagar", traza recorridos de carácter psicológico según las heterogéneas experiencias urbanas. En este caso, en el taller propuesto se realizaron ejercicios con los estudiantes de 10 a 15 minutos por el mercado efímero de Aranjuez. En concreto, el gráfico 8D refleja su interpretación de la deriva a partir de cromatismos diversos y una línea negra. Las indicaciones fueron separar lo "fijo" de "lo dinámico" – temporal [14]. En este caso la autora representa su propio "mapa psicogeográfico" y separa ambos trazos a partir de la línea monocroma de los colores a tinta. La expresión gráfica del silencio y el ruido, como dualismos, es representada por sus diversos autores de forma sugestiva, no hay una aparente diferencia visual entre el "silencio" (Gráfico 8, A y B) y el "ruido" (Gráfico 8, D). En algunos dibujos, el 'silencio' aparente es representado por sus autores como un ruido interno asociado al dinamismo del pensamiento, como refleja una de sus autoras en la memoria del taller. Sin embargo, uno de los dibujos podría vincularse incluso a los croquis preliminares de Peter Zumthor para las Termas de Vals (Gráfico 8, C) reflejando en armonía, equilibrio y monocromía una paz visual y atmosférica marcada por los trazos sencillos y pausados.

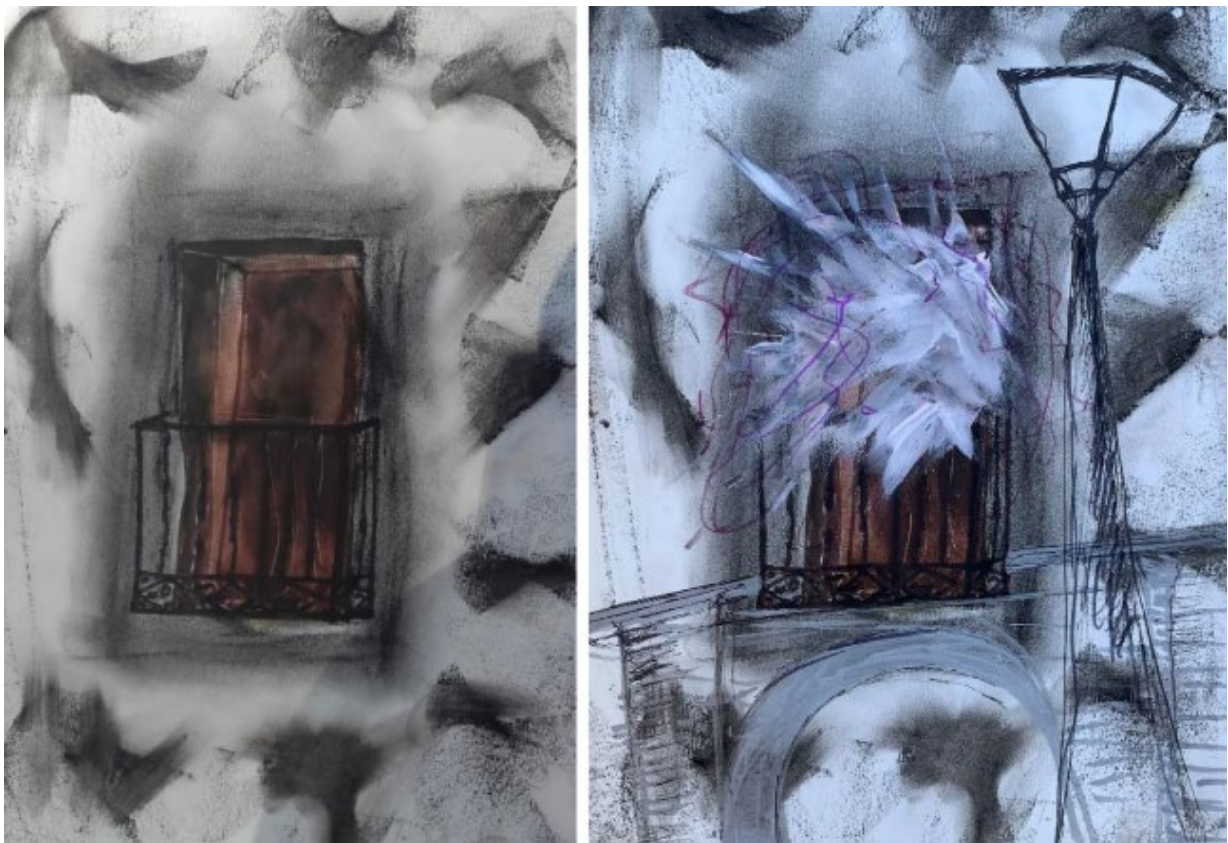


Gráfico 7. Cartografía afectiva y dinámica. Autoras: iniciado por Luisa Rodríguez y terminado por varias estudiantes.

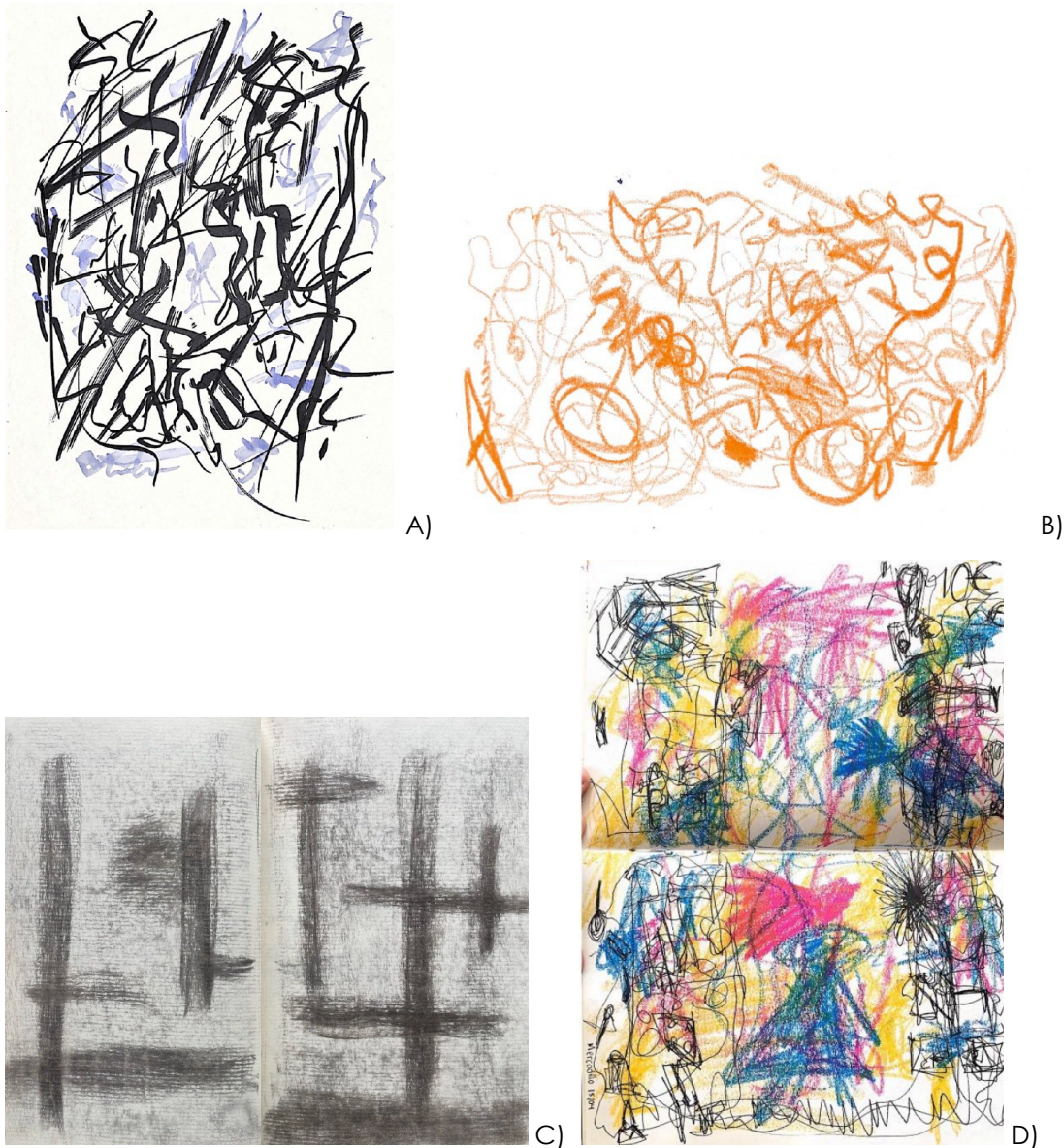


Gráfico 8. Cartografías dinámicas y sensoriales. El silencio (A - C) y el Ruido en (D). Autores: A) Carlos Paredes. B) Lucía Chamorro. C) Inés Peiró y D) Ana Abad.

EL taller se llevó a cabo proponiendo dinámicas de trabajo de naturaleza diversa. A través de ellas se ha ejercitado desde el dibujo de un trazo continuo y en movimiento de un espacio interior en quietud, hasta un dibujo en movimiento con dos técnicas distintas en un contexto exterior dinámico y efímero en paralelo. Se experimentó en torno a las cartografías sensoriales en parejas y en tiempos distintos, construyendo con ello un proyecto gráfico común a partir de realidades compartidas.

2. Resultados y Conclusiones

Los resultados del taller llevaron a los estudiantes a crear una experiencia de dibujo inmersiva a partir de diferentes técnicas de representación gráfica arquitectónica, expresándose desde lo abstracto a lo figurativo. Realizaron siete ejercicios de dibujo experimentales de muy variada naturaleza en cuanto a tiempos, técnicas y modos de participación. En primer

lugar y con el fin de dejar atrás ideas preconcebidas sobre el croquis, dibujaron de forma individual durante 10 minutos, recorriendo cíclicamente el pasillo del Cuartel de Pavía de Aranjuez, utilizando una sola técnica mientras caminaban, con la condición de no levantar la mano y no dejar de caminar a velocidad constante. El siguiente ejercicio se centró en dedicar aproximadamente 40 minutos a crear varios dibujos en la bitácora de aspectos particulares y/o ambientales del Mercado de Abastos. El tercer ejercicio consistió en dibujar lo afectivo de la biblioteca del Centro Cultural Isabel de Farnesio, para ello se les pidió dibujar valores y sensaciones asociados al silencio. El cuarto ejercicio radicó en cartografiar la Calle Postas (tramo peatonal) y la Plaza de San Antonio en un formato de papel de mayor dimensión, en DIN A3 y con técnica mixta, incluyendo la húmeda. El quinto ejercicio, en el Raso de la Estrella, se centró en dibujar los cuarteles en ruinas de las Guardias Españolas y Walonas. En este caso el planteamiento era emplear una herramienta libre y formato de papel mínimo A3. El sexto fue una secuencia de dibujos, diferenciando lo dinámico de lo estático, mediante técnicas disímiles. El séptimo, y último, se basó en dibujar, a seis u ocho manos, una cartografía *psicogeográfica* en los Jardines del Príncipe con el objetivo de crear un proyecto de expresión gráfica colectiva mediante trazos dinámicos coordinados espontáneamente en paralelo.

Al finalizar el taller se realizó, en exposición pública, una sesión crítica sobre los dibujos en los Jardines del Príncipe y se propuso a los estudiantes crear un tablón dinámico y “corcho móvil” vía una cuenta compartida del taller en Instagram [15] para colaborar y aprender de sus propios dibujos y de los realizados por el resto de las personas participantes. En definitiva, este taller permitió tomar conciencia del amplio rango de posibilidades del dibujo como herramienta de análisis, crítica, expresión y creación.

Si bien los ejercicios tenían ciertas pautas establecidas, el planteamiento era abierto. La componente subjetiva y experiencial planteada permitió que las respuestas gráficas obtenidas presentasen configuraciones muy diversas. Las puestas en común de estos resultados revelaron actitudes y aproximaciones al entorno muy diversas. La libertad de expresión gráfica no sujeta al rigor de representaciones únicamente academicistas, fue la responsable de que los resultados obtenidos distasen considerablemente de los registros gráficos alcanzados por los participantes previamente al taller. Igualmente, las distintas dinámicas de trabajo aplicadas posibilitaron que emergiera esta actitud alternativa hacia el entorno y cómo grafiarlo.

Consideramos que el método experimentado ha propiciado una observación más aguda del entorno por parte de quienes han participado en el taller, obviando lecturas básicas o poco incisivas. Este tipo de alumnado, de primer curso de Grado y con procedimientos de dibujo poco establecidos aún, se ha abierto fácilmente a la experimentación con escaso temor al fracaso. Se plantea la posibilidad de repetir la experiencia en cursos superiores del Grado, con alumnado más experimentado en su producción gráfica, y contrastar la eficiencia de la metodología en este caso.



Gráfico 9. Síntesis del taller. Autores: Marisa Cámara, Luisa Rodríguez, Silvia Caulin y Richard Chaupin.

3. Referencias bibliográficas

- [1] Calvino, I. (2013). *Le città invisibili*. Milán: Oscar Mondadori.
 - [2] Wiczorek, Izabela (2015). *Perception in Architecture. Here and Now*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.
 - [3] Autor/a. (2017). Hacia las ciudades in-visibles: dibujo y percepción. *Ángulo Recto. Revista de estudios sobre la ciudad como espacio plural*, 9(1), 63-82. DOI: 10.5209/ANRE.57066
 - [4] Corraliza, J. A. (1987). *La experiencia del ambiente. Percepción y significado del medio construido*. Madrid: Tecnos.
 - [5] Debord, G. (1958). *Théorie de la dérive*. Paris: Internationale Situationniste
 - [6] Sennett, R. (2008). *The Craftsman*. New Heaven: Yale University Press
 - [7] Lapuerta, J. M. (1997). *El croquis. Proyecto y Arquitectura (Scintilla Divinitatis)*. Madrid: Celeste Ediciones.
 - [8] Palacios, M. D. (2014). *Cuerpo, distancias y arquitectura. La percepción del espacio a través de los sentidos*. Tesis doctoral. E. T. S. Arquitectura (UPM). Madrid.
 - [9] Pallasmaa, J. (2005). *Los ojos de la piel. La arquitectura y los sentidos*. Barcelona: Gustavo Gili
 - [10] Davis, R. L. (2004). *Olfactory Learning*. Houston, Texas. Baylor College of Medicine.
 - [11] Vigotsky, L. (2007) *La imaginación y el arte en la infancia. Ensayo psicológico*.
 - [12] Bisquert, A. (1998) *Sincretismo y Creación*. Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
 - [13] Arroyo, I. (1997). *Creación de imágenes mentales según la naturaleza y las formas de los estímulos*. Tesis doctoral. Madrid. Universidad Complutense.
 - [14] Michaux, H. (1994). *Movimientos Yantra*. Buenos Aires: La Marca Editora.
- AA.VV. (2023). Taller de Dibujo "Deriva Dibujada en Aranjuez". Recuperado de: https://www.instagram.com/deriva_aranjuez/

DESCUBRIENDO LA BELLEZA. ARQUITECTURA EN LAS IGLESIAS DE LA PROVINCIA DE CUENCA

DISCOVERING BEAUTY. ARCHITECTURE IN THE CHURCHES OF THE PROVINCE OF CUENCA

Juan José de Julián Muelas

Escuela Politécnica de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, Spain
jjdejulian@gmail.com

How to cite: de Julián Muelas, J. J. (2024). Discovering beauty. *Architecture in the churches of the province of Cuenca*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 89-100.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La belleza la encontramos en cada uno de los pasos que realizamos. La naturaleza nos concede la belleza como obra de la creación. La humanidad la ha plasmado en obras de arte. Uno de los aspectos del arte, ha sido el arte de construir, la arquitectura, con la que se han construido desde la más remota antigüedad, monumentos singulares: mausoleos, tumbas conmemorativas, templos, arcos de triunfo, edificios de todo tipo.

En nuestra provincia de Cuenca, no solamente tenemos la naturaleza como atractivo singular. También existe en cada pueblo un punto importante: la Plaza Mayor, en la que existen dos edificios singulares: el ayuntamiento y el templo cristiano considerado por sus habitantes como su casa.

En este trabajo realizado a lo largo de 7 años, con una dedicación casi completa, se ha intentado plasmar de una forma fidedigna, el levantamiento planimétrico y la historia de 100 iglesias de la provincia de Cuenca. No han sido las más importantes de la provincia, pero sí las más significativas, porque están ubicadas en localidades de pequeña población.

Nuestra provincia está llena de monumentos histórico-religiosos que no todos sus habitantes conocen. Es objetivo de esta ponencia el dar a conocer el gran patrimonio arquitectónico que poseemos.

Este trabajo se ha visto plasmado en la edición de un libro (**DESCUBRIENDO LA BELLEZA**), editado por la Excm. Diputación Provincial de Cuenca.

Ha sido un trabajo de investigación científica en el sentido de estudio de las formas arquitectónicas. Histórica en el aspecto de recoger información histórica en archivos de la Diócesis.

Todo el trabajo es original. No existe en la provincia un estudio tan exhaustivo como el presentado en este libro. Todas las fotografías, croquis y planos en Autocad, han sido realizados por el autor.

Palabras clave: Templo, Arquitectura, Historia, Croquis.

Abstract

We find beauty in every step we take. Nature grants us beauty as a work of creation. Humanity has captured it in works of art. One of the aspects of art has been the art of

building, architecture, with which singular monuments have been built since the most remote antiquity: mausoleums, commemorative tombs, temples, triumphal arches, buildings of all kinds.

In our province of Cuenca, nature is not the only singular attraction. There is also an important point in each village: the Plaza Mayor, where there are two singular buildings: the town hall and the Christian temple considered by its inhabitants as their home.

In this work carried out over 7 years, with an almost complete dedication, we have tried to capture in a reliable way, the planimetric survey and the history of 100 churches in the province of Cuenca. They have not been the most important of the province, but the most significant, because they are located in small towns.

Our province is full of historical-religious monuments that not all its inhabitants know. The aim of this paper is to make known the great architectural heritage that we have.

This work has been reflected in the edition of a book (DISCOVERING THE BEAUTY), published by the Provincial Council of Cuenca.

It has been a scientific research work in the sense of studying the architectural forms. Historical in the aspect of collecting historical information in the archives of the Diocese.

All the work is original. There is no other study in the province as exhaustive as the one presented in this book. All the photographs, sketches and plans in Autocad, have been made by the author.

Keywords: Temple, Architecture, History, Sketches.

1. Introducción

Desde la más remota antigüedad, la humanidad ha creído en un ser superior en cuyo honor se han levantado hermosos templos que han servido de referencia para el estudio de la arquitectura universal. Mesopotamia, Egipto, Grecia, Roma y todo Occidente, son testigos de esta iniciativa de la humanidad, cuyos ejemplos todavía hoy perduran.

El advenimiento del cristianismo, como comunidad que sigue el ejemplo de Jesucristo, tiene su origen a principios de nuestra era; los cristianos se reunían por las tardes para celebrar la “fracción del pan”; estas reuniones se definían como ECCLESIA que significa “asamblea” de cuyo origen deriva la palabra IGLESIA que es el edificio espiritual formado por el conjunto de los cristianos y también el templo de Dios.

Las creencias de los cristianos se han visto reflejadas en templos levantados con formas y estilos acordes con épocas diferentes, construidos con materiales nobles que han servido de referencia en Occidente para clasificar los estilos arquitectónicos.

El templo cristiano ofrecerá variadas modalidades, destacando entre ellas, el tipo de **basílica** (Fig 1). Al comienzo de su vida como comunidad, las reuniones de los cristianos se celebraban en casas particulares típicas de la época romana, formadas por varias habitaciones con un atrio o patio porticado interior, al que dan todas las habitaciones; este **atrio** porticado disponía en su centro del **Complubium** para la iluminación interior y del **impluvium** para la recogida de las aguas. Cuando las comunidades fueron numerosas, las casas particulares no fueron suficientes, necesitando un edificio propio para sus celebraciones.

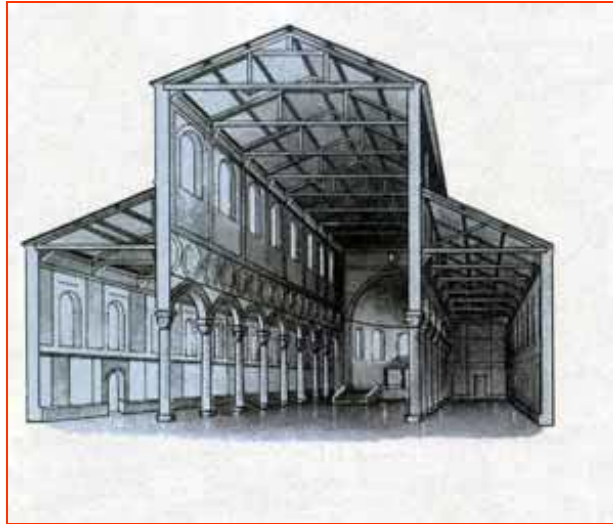


Fig. 1. Sección esquemática de la basílica de S. Pedro en Roma.

En cualquier caso, el templo responderá a la necesidad de la celebración del culto en las asambleas cristianas, en las que se fundan aspectos diversos: por una parte, la necesidad de la "cella memoriae" y el martyrium para la cabecera y la gran basílica romana como lugar de reunión para el cuerpo del templo. Es indudable que todo el edificio corresponde al esquema de la casa romana, en la que se reunían los primeros cristianos para la oración, celebración de la "fracción del pan" y el ágape o comida fraternal.

Desde el siglo IV al VI, la basílica fue, tanto en oriente como en occidente, el tipo de iglesia adoptado, admitiendo diversas variables: podía tener tres o cinco naves, separadas por columnatas que recibían arquería o arquivoltas, sobre los que se levantaban muros donde disponer los ventanales de iluminación; desde muy temprano, a la cabecera se le añadió un **transepto**; el ábside semicircular en el interior podía estar terminado en el exterior por un muro semicircular, poligonal recto.

La basílica se dividía en tres partes: zona pública, semipública y privada. La zona pública constaba de un atrio o patio con una fuente en el centro, al que se accedía por el vestíbulo o zaguán; el patio disponía de galerías alrededor, denominándose **nártex** la que da paso al templo, sirviendo como pórtico de la iglesia y lugar donde se situaban los catecúmenos cuando se celebraban las ceremonias en las que éstos no podían intervenir.

2. Simbología del templo cristiano

La planta

Existen iglesias con planta centralizada, o con forma de cruz, latina o griega (Fig. 2). Esta forma de cruz simboliza el signo cristiano por excelencia: la cruz en la que Cristo murió. Sobre el crucero se levanta generalmente una cúpula, muchas veces sobre un cimborrio cúbico o sobre tambor cilíndrico; la cúpula sobre tambor tiene un claro simbolismo: en la simbología bíblica la forma cúbica representa a la tierra mientras que la forma esférica de la cúpula representa el movimiento eterno de Dios; al unir la cúpula con el cubo, el edificio encarna la unidad del cielo con la tierra.

La planta de la iglesia se orienta hacia el Este, el sol naciente, símbolo de Cristo resucitado. Al disponer de varias naves, refleja un símbolo que convoca a la congregación religiosa a reunirse bajo la forma de Cristo crucificado. Las plantas reflejan un microcosmos de la vida cristiana: la procesión a través de la nave significa el viaje de una persona a lo largo de su

vida con un destino final en el presbiterio como imagen arquitectónica del cielo, y en el altar como imagen sacramental de Cristo. En algunas iglesias de la época románica, el ábside se encuentra ligeramente girado; algunos autores han querido ver en ello la inclinación de la cabeza de Cristo al morir en la cruz. Ejemplo de esta disposición del ábside lo tenemos en las iglesias de Arcas y de Buenache de Alarcón, con un giro de aproximadamente 9°.

En ocasiones, la planta de la iglesia tiene forma octogonal (Fig. 3), que simboliza la eternidad conocida simbólicamente como el "octavo día".

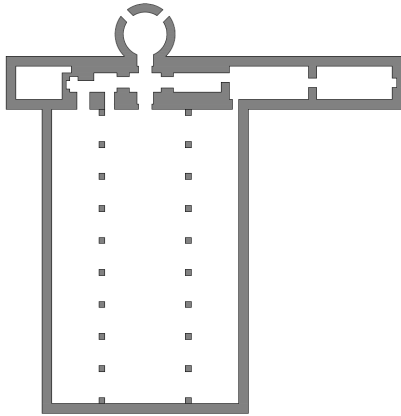


Fig. 2. Iglesia de Segóbriga, Cuenca.

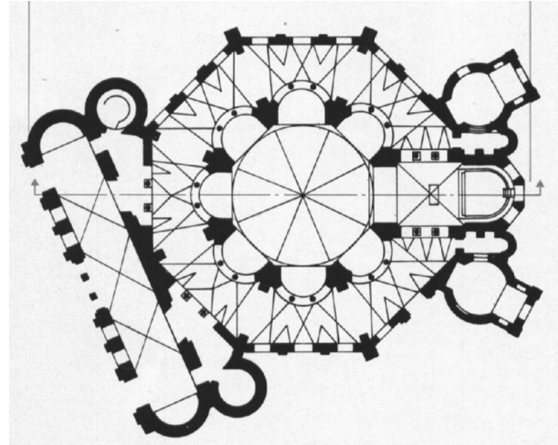


Fig. 3. Iglesia de San Vitale, Rávena.

3. Análisis arquitectónico. Historia y planimetría

Iglesia románica de Albalate de las Nogueras

Descripción

La iglesia Parroquial de Albalate de las Nogueras tiene planta de cruz latina, con cabecera rectangular, con crucero cubierto con cúpula semiesférica, dando un cuerpo central más elevado a modo de cimborrio, con dos pequeñas capillas de planta cuadrada, adosadas a los brazos del crucero, cubiertas con pequeñas cúpulas semiesféricas. La nave rectangular de tres cuerpos, de proporciones más reducidas que la cabecera, elegante espadaña a los pies y dos portadas de acceso, enfrentadas, en cada uno de los muros norte y sur de la nave. A los pies de la iglesia existe un coro elevado apoyado sobre arco carpanel y sobre los muros de la espadaña y de las fachadas norte y sur.

De época románica se conservan la nave de tres tramos, las dos portadas y la magnífica espadaña; la cabecera original fue sustituida por la que muestra en la actualidad, de época barroca, construida en el siglo XVII. Las dos capillas laterales de planta cuadrada y cubiertas con cúpula semiesférica sobre pechinas son de época más tardía, quizás del siglo XVIII o XIX, a juzgar por su mayor decoración. En este templo, es de destacar la serie de canecillos que adornan el alero de la nave longitudinal: en el muro norte existe una línea de veinticuatro canecillos con decoración vegetal, zoomórfica y antropomórfica; en el muro sur, el alero contiene un total de veintidós canecillos con decoración similar al muro norte.

La nave medieval se cubre con bóveda de cañón ligeramente apuntada, al modo cisterciense, encontrándose dividida en tres tramos mediante potentes arcos fajones de doble rosca, que descansan sobre pilares compuestos que se corresponden con la moldura de los arcos, las laterales en columnas adosadas al muro y la central en contrapilastra de mayor grosor que las columnas. Las columnas construidas con tambores cilíndricos se rematan con capiteles de variada decoración floral, predominando los grupos de pencas y hojas de

hiedra y de roble; uno de estos capiteles se decora con trenzado de cestería. En el arranque de la bóveda de cañón, corre una sencilla moldura a modo de imposta.

Análisis histórico

La iglesia de Albalate de las Nogueras es de estilo románico (Fig. 4), levantada en el siglo XIII, siglo de la repoblación en Castilla y particularmente de la provincia de Cuenca, tras su reconquista en 1177 [1].



Fig. 4. Iglesia de Albalate de las Nogueras. Vista norte.



Fig. 5. Detalle de puerta norte.

La influencia arquitectónica procedería de la provincia de Guadalajara, e incluso particularmente, del monasterio cisterciense de Monsalud. Sea como fuere, lo cierto es que la Iglesia Parroquial de Albalate es de estilo románico, con ampliaciones y reformas del siglo XVII. En la época románica tendría planta de una sola nave de tres cuerpos y una cabecera formada por nave longitudinal cubierta con bóveda de cañón y ábside semicircular cubierto con bóveda de horno.

La ampliación de la iglesia se realiza en la primera mitad del siglo XVII, por el Maestro Mayor de cantería y veedor general de las obras del Obispado de Cuenca, Francisco del Campo, quien con fecha 16 de noviembre de 1621 emite un informe en el que expone las obras de ampliación, siendo cura de la iglesia el Licenciado D. Luis Carrillo de Mendoza por un valor de 450 ducados. ((Fig. 7, Libros de Fábrica de la Iglesia. A.D.C. Nº 1759. Libro II. Folio 211. V. Año 1621). En el año 1660 se abonan a Juan del Pontón, Maestro de cantería, 442 maravedíes por obras de la iglesia. (Libros de Fábrica de la Iglesia. A.D.C. Nº 1760. Libro III. Folio 74. Año 1660).

Posteriormente, en los años 1680 y 1684, se construyeron la capilla sacristía adosada al muro norte y el coro elevado a los pies de la iglesia, como testimonian sendas fechas situadas en el dintel de la puerta de acceso a la capilla norte y en el frente del arco carpanel del coro. En el año 1685 estaba trabajando el maestro de obras Domingo Ruiz. (Libros de Fábrica de la iglesia. A. D. C. Libro III. Folio 123 v) En 1685 estas obras estaban terminadas, pues en ese mismo año, se abonan al maestro mayor del obispado 44 reales por "dar por buena la obra que se ha hecho en la parroquial de esta villa, por mandato del Sr. Provisor" (Libros de Fábrica de la iglesia. A. D. C. Libro III. Folio 131)

Las capillas laterales a derecha e izquierda de la nave románica fueron construidas en el siglo XVIII (Fig. 6); la de la derecha dedicada al Santísimo Cristo de la Vega y la de la izquierda a la Santísima Trinidad.

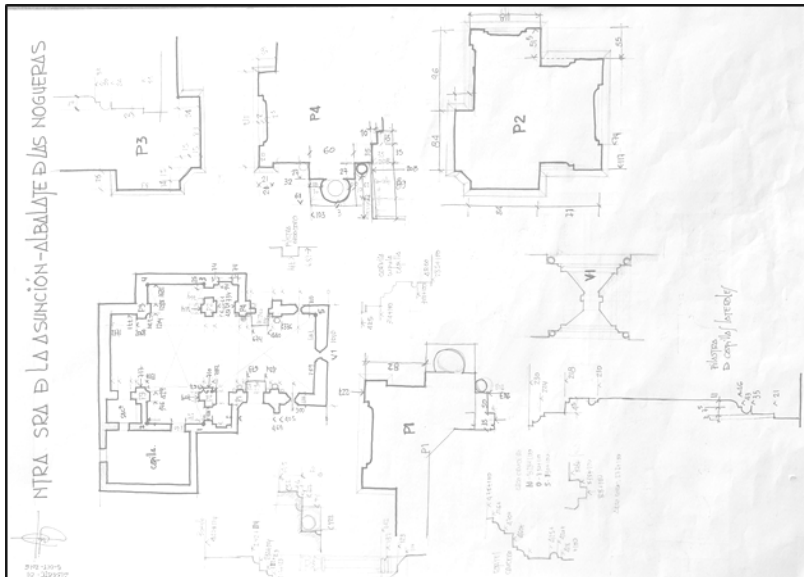


Fig. 6. Croquis de toma de datos.

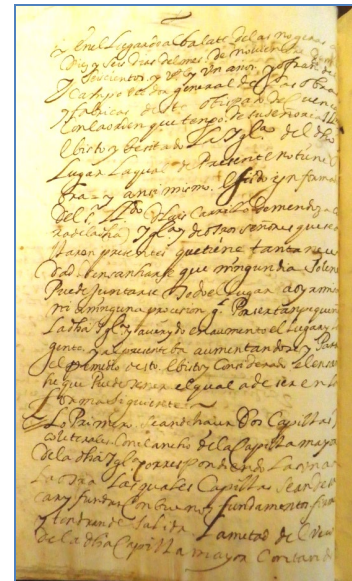


Fig. 7. Libro de fábrica.

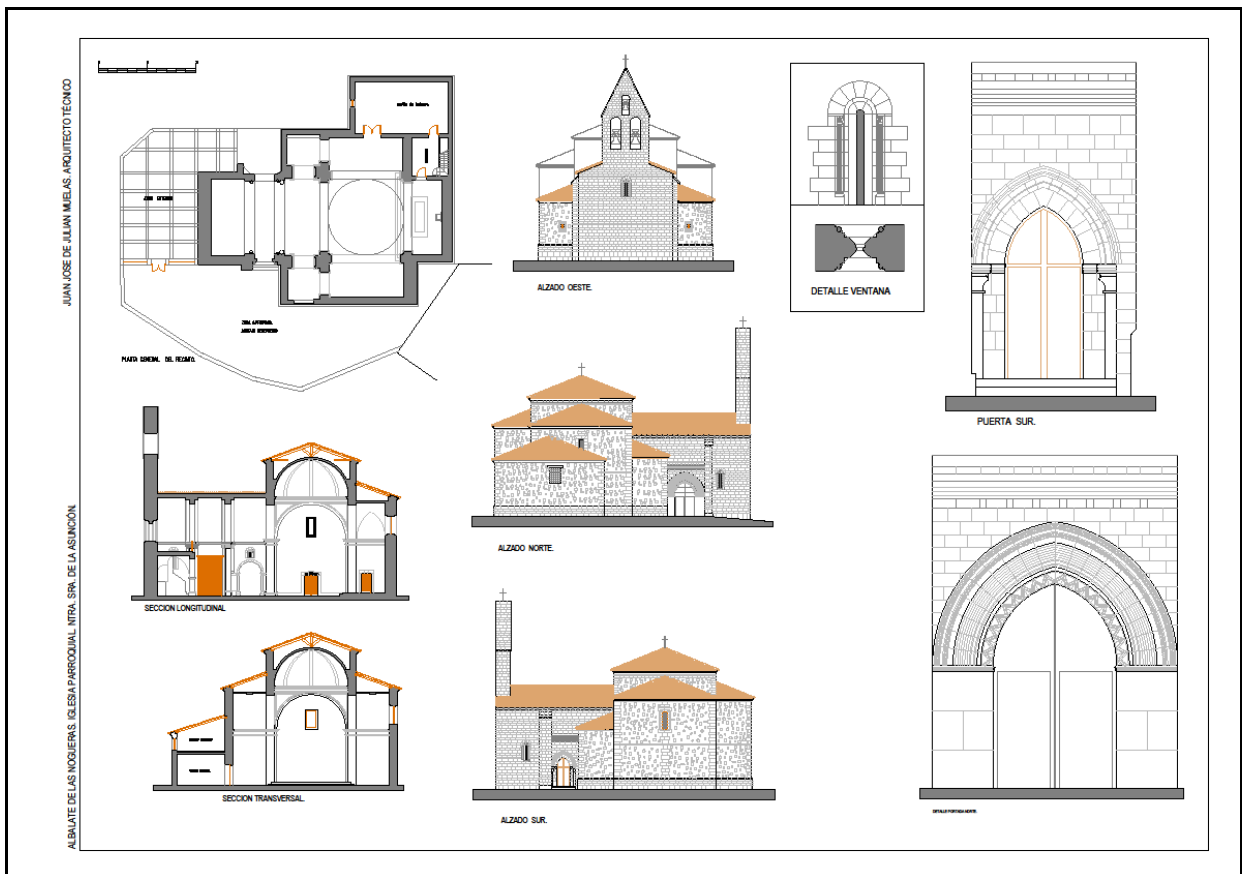


Fig. 8. Levantamiento gráfico de la iglesia de Albalate de las Nogueras.

Iglesia gótica de Tebar

Descripción

Templo de una sola nave (Fig. 9) de tres tramos cuadrados separados por arcos fajones apoyados sobre pilares moldurados y semicolumnas; el primero formando la cabecera con la capilla mayor a cuyos lados se disponen sendas capillas, la del norte rectangular y la del

sur de planta cuadrada; dos nuevas capillas adosadas a los muros norte y sur de planta rectangular; en el ángulo sur este se dispone la sacristía y en el ángulo noroeste la capilla del bautismo y una dependencia rectangular destinada a almacén.

Se cubre la nave rectangular con bóvedas estrelladas de nervaduras, las capillas de la cabecera con bóvedas de terceletes y las capillas laterales con bóvedas de cañón; la capilla de bautismo y el almacén con bóvedas de arista.

Exteriormente es de destacar la esbelta espadaña terminada en piñón agudo, calada con tres claros de medio punto en dos niveles; a su lado oriental se adosa el cuerpo de la escalera de caracol terminado por cuerpo cilíndrico rematado con cúpula semiesférica coronada con espigón de bola.



Fig. 9. Vista interior de la Iglesia de Tebar.



Fig. 10. Alzado occidental.

En el muro oriental se encuentra la portada de acceso al templo de dos cuerpos, toda ella de sillería: el primero con hueco de medio punto apoyado sobre imposta moldurada, con frente y jambas planas, enmarcada por orden arquitectónico formado por columnas estriadas sobre retropilastras, coronadas por capitel de volutas, que recibe entablamento con arquivada de platabandas, friso liso y cornisa. El segundo cuerpo lo conforma un edículo con hornacina avenerada de pilastras de frente rehundido sobre las que apoya entablamento y frontón triangular; el enlace entre los dos cuerpos se realiza por aletones laterales rematados inferiormente con volutas, a cuyo eje se disponen sendos pináculos de bolas.

Análisis histórico

A comienzos del siglo XVI existía un pequeño templo románico de una nave cuyo muro occidental (Fig. 10) se remataba por espadaña calada con dos claros de medio punto para las campanas; de este templo solamente queda una parte de la espadaña incluidos los claros para campanas.

El nuevo templo se construye en los siglos XVI y XVII, en varias etapas: en una primera etapa se construye la cabecera con la capilla mayor y dos capillas adosadas a los muros norte y sur todo ello en líneas góticas, con pilastras y arcos apuntados con baquetones, cubierta la capilla mayor con bóveda estrellada. La segunda fase se corresponde con el cuerpo central, construido en la segunda mitad del siglo XVI, con líneas renacentistas como lo prueban las semicolumnas adosadas a los muros coronadas por capiteles toscanos y arcos con frente e intradós rehundido, cubierto con bóvedas estrelladas y líneas reticulares. La

tercera fase a finales del siglo XVI se corresponde con el cierre del cuerpo occidental que había quedado cortado; en esta fase se terminaría la espadaña y se construiría la portada.

Posteriormente se construirían dos capillas de planta rectangular a ambos lados del cuerpo central, cubiertas con bóvedas de cañón, la capilla del bautismo y la sacristía.

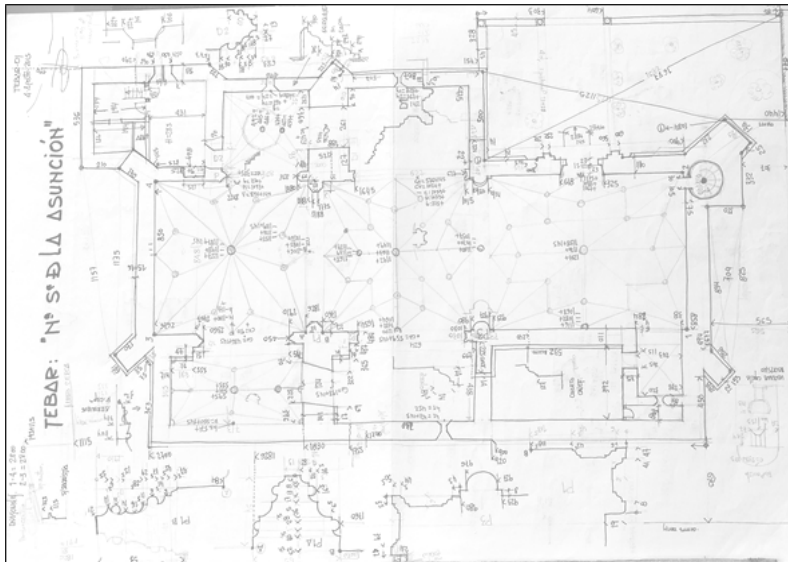


Fig. 11. Croquis de toma de datos. Planta.

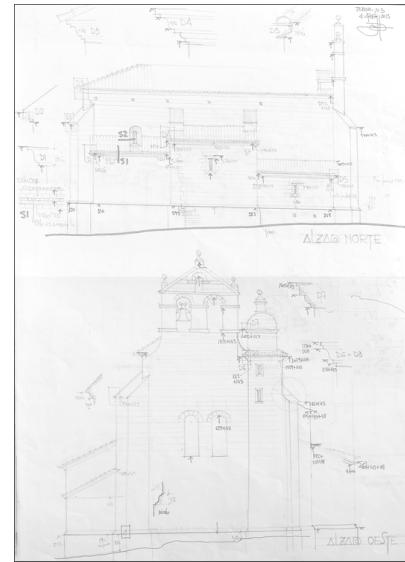


Fig. 12. Croquis. Alzados.

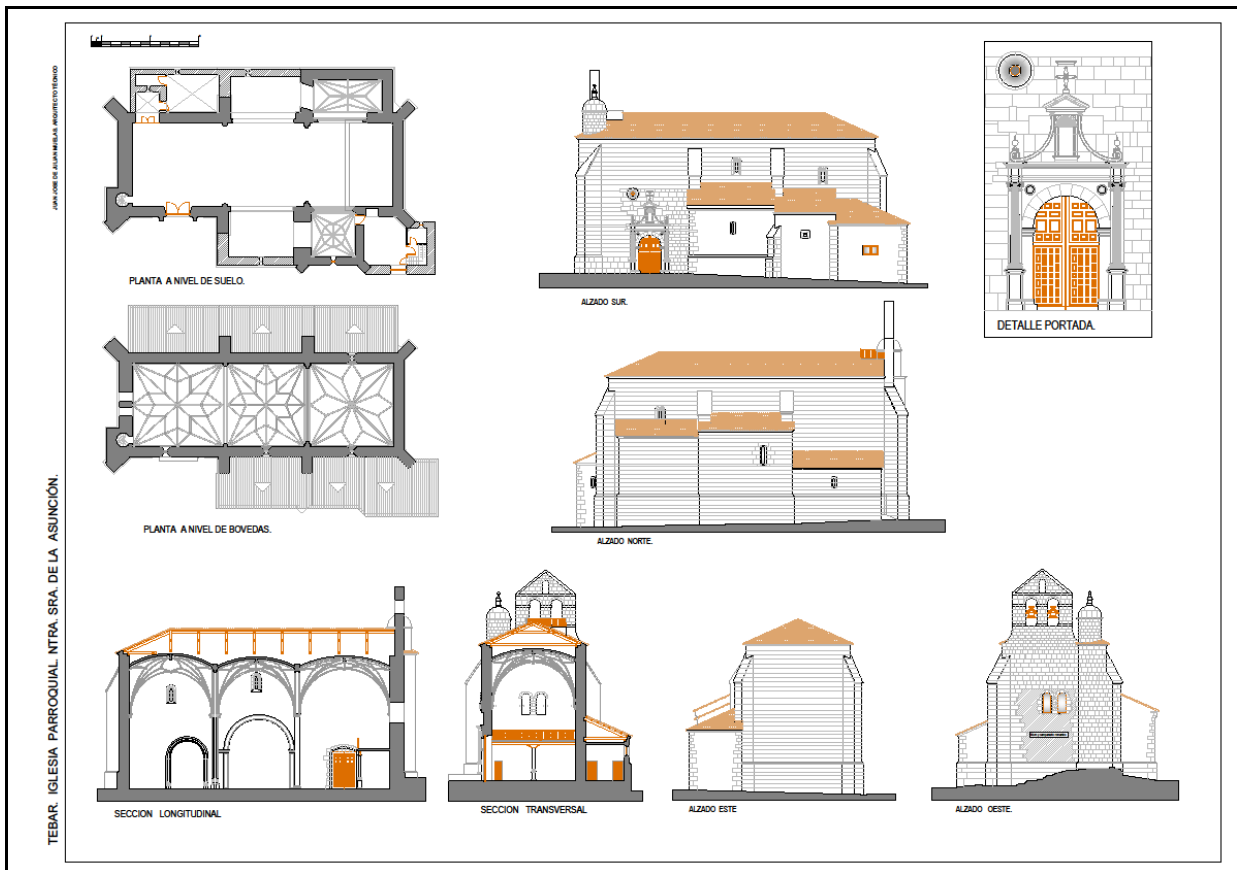


Fig. 13. Levantamiento gráfico de la iglesia de Tebar.

Iglesia de salón de Villaescusa de Haro

Descripción

Templo con planta de salón y columnaria, formado por tres naves, la central de doble anchura que las laterales, con cabecera plana singular que repite el diseño de las tres naves con la disposición de capillas laterales al presbiterio. Adosadas al muro sur, se disponen dos capillas de planta rectangular y la sacristía; Adosada al muro norte, capilla de la Asunción de Nuestra Señora de planta oblonga, con sacristía incorporada; a los pies, centrada, torre de planta sensiblemente cuadrada y a sus lados sendas capillas. Se cubre la iglesia con bóvedas de arista en la nave central y con bóvedas de cañón en las laterales, ambas con decoración geométrica; las capillas del lado sur se cubren con bóvedas de nervaduras y la capilla de La Asunción de N^ª S^ª con bóveda estrellada con combados curvos en su zona central.

La capilla de La Asunción de N^ª S^ª fue fundada por el obispo D. Diego Ramírez de Villaescusa en el año 1507 para el enterramiento de su familia. Aunque la fundación parece que se produjo en 1506, no será hasta 1507, cuando por bula del papa Julio II den comienzo las obras.



Fig. 14. Vista interior de la Iglesia.



Fig. 15. Detalle de reja acceso a capilla.

La fábrica es de estilo gótico tardío de la época de los Reyes Católicos, definido como gótico isabelino, a pesar de existir ya en nuestra diócesis formas arquitectónicas propias del plateresco.

Análisis histórico

Durante el siglo XVII y principios del XVIII las bóvedas y la cubierta de la iglesia estuvieron descubiertas por las obras que se llevaron a cabo, dando lugar al deterioro de parte de la fábrica del pórtico de acceso a la capilla.

El estado original de la capilla es debido a las obras de restauración que se llevaron a cabo en los primeros años de la década de 1970, en las que se eliminó el tejadillo que la cubría, dejando a la vista la cubierta de losas de piedra.

Todo el conjunto arquitectónico de iglesia y capilla fue declarado Monumento Nacional con fecha 10 de junio de 1931.

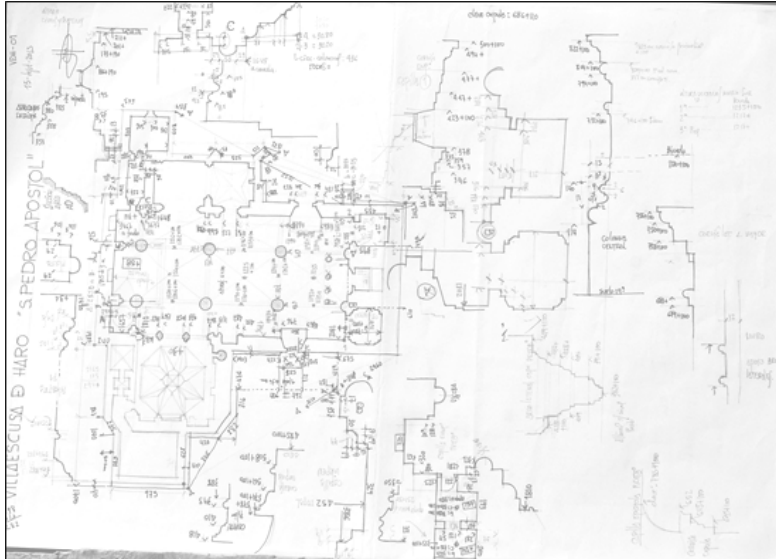


Fig. 16. Croquis de toma de datos. Planta y detalles.

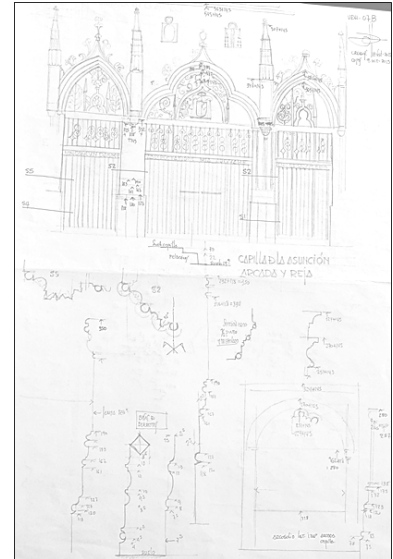


Fig. 17. Croquis. Capilla.

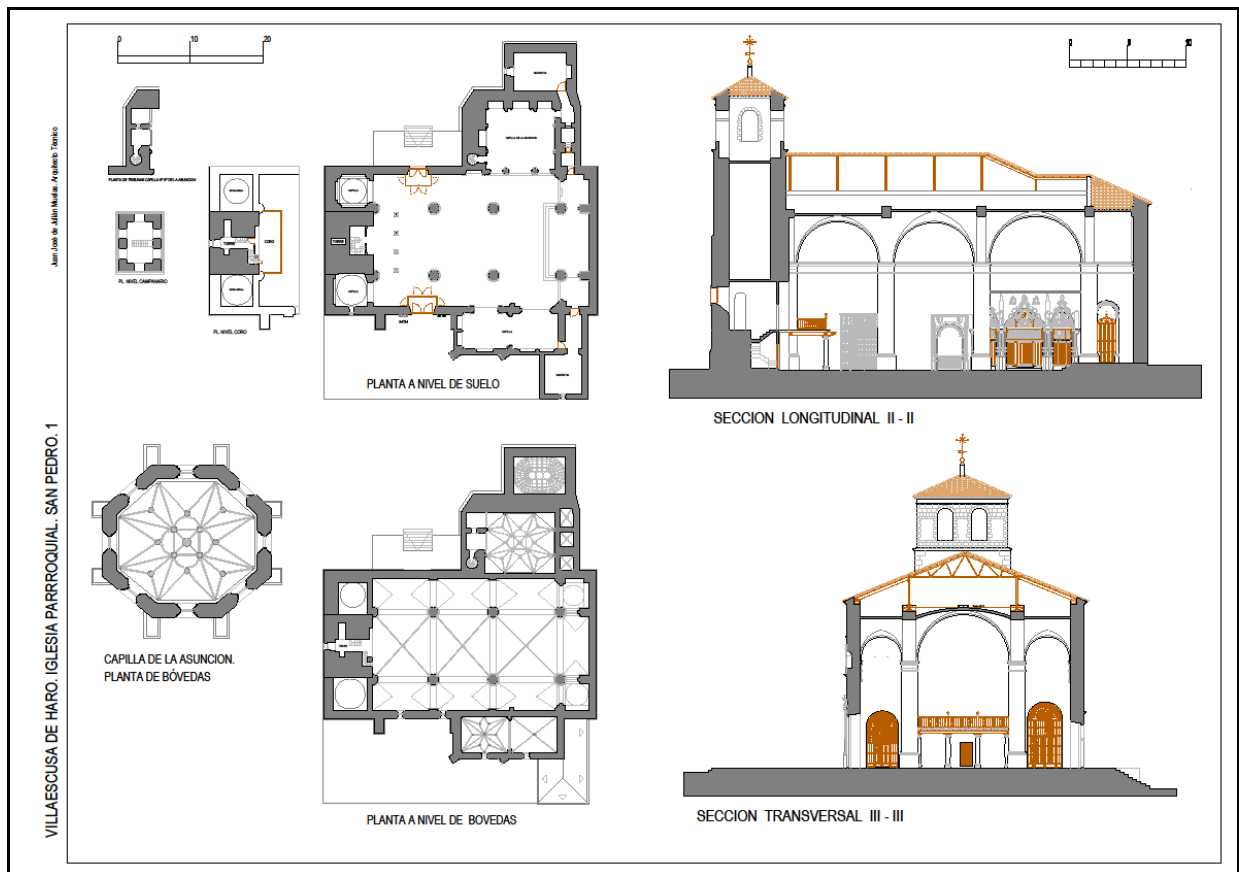


Fig. 18. Levantamiento gráfico de la iglesia de Villaescusa de Haro. Plantas y secciones.

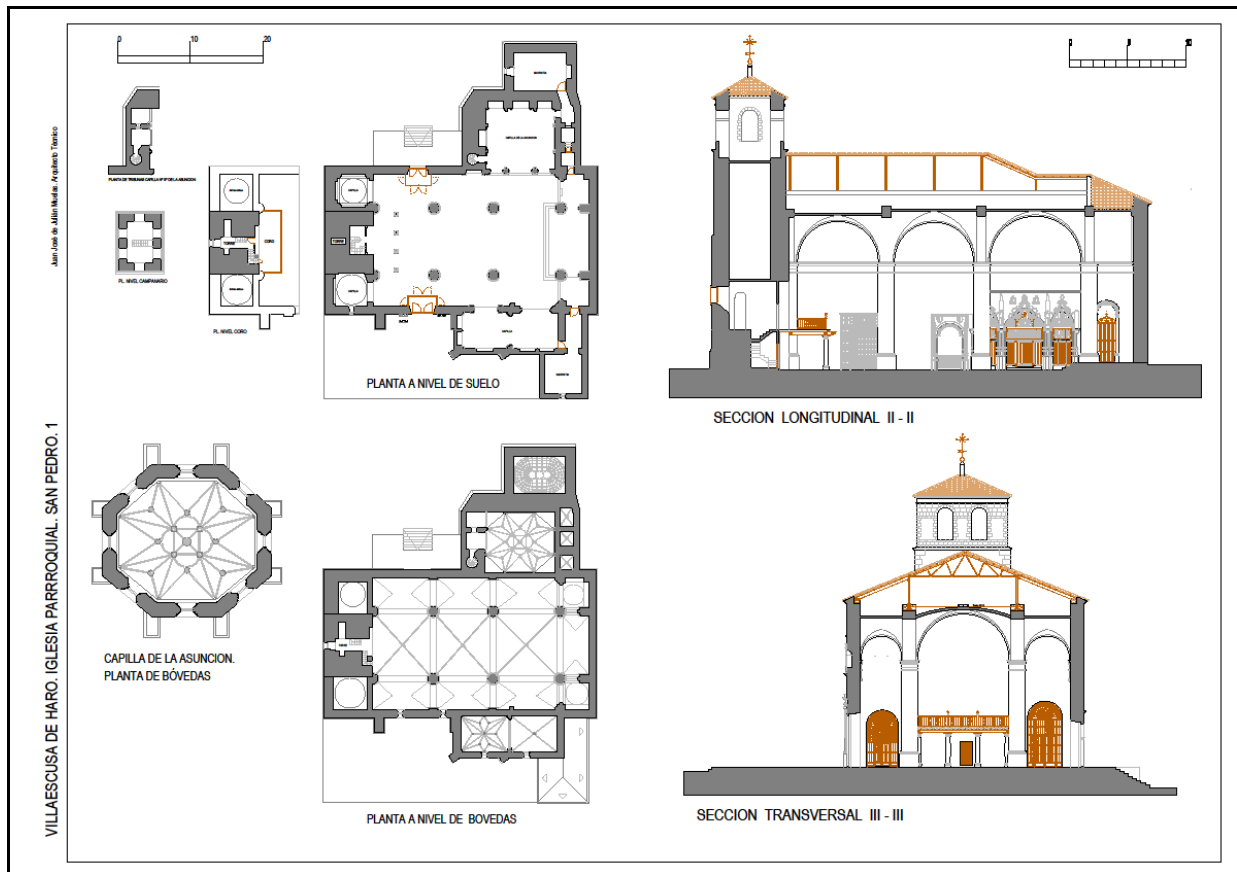


Fig. 19. Levantamiento gráfico de la iglesia de Villaescusa de Haro. Alzados.

4. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Blanco Niño, R. (1993). *Albalate de las Nogueras, perfiles de su historia*. ISBN: 84-604-7051-2, DL CU-176-199.
- [2] Rokiski Lázaro, M. L. (1985). *Arquitectura del siglo XVI en Cuenca*. Excma. Diputación Provincial de Cuenca.
- [3] Kubler, G. (1982). *Arquitectura mexicana del siglo XVI*. Fondo Cultura Económica.
- [4] Braunfels, B. (1975). *La Arquitectura monacal en Occidente*. Barral Editores.
- [5] Krautheimer, R. (1984). *Arquitectura paleocristiana y bizantina*. Cátedra.
- [6] Müller, W., & Vagel, G. (1997). *Atlas de arquitectura I y II*. Alianza.
- [7] Belmans, T., Korac, V., & Suput, M. (1999). *Bizancio*. Lunweg.
- [8] Saiz, S., Martínez, A., & Fernández, S. A. (1987). *Catálogo monumental de la diócesis de Cuenca*. Excma. Diputación Provincial de Cuenca.
- [9] Ciagá, G. L. (2012). *Catedrales y basílicas*. Librería Universitaria.
- [10] Mcnamara, D. R. (2012). *Cómo leer iglesias*. Tursen.
- [11] Plaza Escudero, L. de (Ed.). (2012). *Diccionario visual de términos arquitectónicos*. Cátedra.
- [12] Millán Martínez, J. M., & Martínez Soria, C. J. (2009). *Diego Ramírez de Villaescusa. Obispo y mecenas*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

- [13] Coclei, A., Gandolfo, F., Piva, P., & Thies, H. (2008). *El alma de la piedra*. Lunweg.
- [14] Bottinean, I. (1991). *El arte barroco*. Akal.
- [15] Espérazza, R. T. (2022). *El arte en la Italia del Renacimiento*. Akal.
- [16] Castellfranchi Vegas, L. (1994). *El arte en la Edad Media*. Moleiro.
- [17] Castellfranchi Vegas, L. (1997). *El arte en el Renacimiento*. Moleiro.
- [18] Toman, R. (1999). *El gótico*. Könemann.
- [19] Toman, R. (1996/96). *El románico*. Könemann.
- [20] Nieto Taberné, T., Alegre Carvajal, E., & Embid García, M. A. (2004). *El románico en Cuenca*. Lancia.

LOS EDIFICIOS DE LA EXPOSICIÓN DE 1929 COMO INSPIRACIÓN PARA EL DISEÑO DE LAS PORTADAS DE LA FERIA DE ABRIL DE SEVILLA

THE BUILDINGS OF THE 1929 EXHIBITION AS INSPIRATION FOR THE DESIGN OF THE GATEWAYS OF THE SEVILLE APRIL FAIR

Pablo Díaz Cañete^a, M. Luz Saracho Villalobos^b, M. Dolores Rincón Millán^c,
Rafael Esteve Pardal^d

Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^apdiaz@us.es, ^bluzsaracho@gmail.com, ^clola_rincon@us.es, ^dresteve@us.es

How to cite: Díaz Cañete, P.; Saracho Villalobos, M. L.; Rincón Millán, M. D.; Esteve Pardal, R. (2024). *The buildings of the 1929 exhibition as inspiration for the design of the gateways of the Seville april fair*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 101-111. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Son muchos los edificios que se han utilizado para diseñar las portadas de la Feria de Abril de Sevilla. Entre ellos podemos destacar los construidos para la Exposición Iberoamericana de 1929. Un grupo de edificaciones que, por tener diferentes estilos arquitectónicos, han sido muy recurrentes a la hora de servir de ejemplo para el diseño, decoración y ornato de las portadas de feria.

El objetivo de esta comunicación y su contenido se centra en dar a conocer los referentes arquitectónicos y decorativos de estos edificios que han servido de fuente de inspiración para las Portadas de la Feria de Abril.

Para aproximar a los ciudadanos los valores de estas arquitecturas temporales se ha diseñado una exposición con 17 paneles que nos lleva a conocer un gran número de edificaciones emblemáticas de la Exposición de 1929.

A través de estos paneles podemos reconocer los edificios y describir cuales han sido los elementos arquitectónicos que se han utilizado para el diseño de estas.

Con esta comunicación tratamos además de impulsar la transferencia del conocimiento y la cultura de la innovación, generando un fondo documental gráfico sobre la arquitectura de la Exposición Iberoamericana que ha quedado en el ideario sevillano gracias a la construcción efímera de las Portadas de la Feria de Sevilla.

Palabras clave: Portada de Feria, Feria de Sevilla, Arquitectura Efímera, Exposición Iberoamericana de 1929.

Abstract

Many buildings have been used to design the gateways of the Seville April Fair. Among them we can highlight those built for the Ibero-American Exhibition of 1929. A group of buildings that, because they have different architectural styles, have been very recurrent when serving as an example for the design, decoration and ornament of the fair gateways.

The aim of this communication and its content focus on making known the architectural and decorative references of these buildings that have become a source of inspiration for the Gateways of the Seville April Fair. An exhibition of 17 panels has been designed to bring

closer the values of these temporary architectures to citizens and leads us to know a large number of emblematic buildings of the 1929 Exhibition.

Through these panels we can recognize the buildings and describe which architectural elements have been used for the design of them.

With this communication we also aim to promote the transfer of knowledge and the culture of innovation, generating a graphic documentary background on the architecture of the Ibero-American Exhibition that has remained in the sevillian mindset thanks to the ephemeral construction of Gateways of the Seville April Fair.

Keywords: Gateway, Seville April Fair, Ephemeral Architecture, Ibero-America Exhibition of 1929.

1. Antecedentes

Las Portadas de la Feria de Sevilla son uno de los principales ejemplos de la arquitectura efímera sevillana. Se dan en ellas, desde sus orígenes, un compendio de especificaciones que las hacen auténticas estructuras efímeras por su temporalidad, su simbolismo, el carácter testimonial de la época en la que se construyen y por la condición novedosa y sorpresiva en su diseño. Bajo una perspectiva histórica se puede afirmar que las ideas y diseños plasmados en ellas han evolucionado para enriquecerse gracias a los múltiples referentes arquitectónicos y ornamentales que posee la ciudad de Sevilla [1].

Durante los años 1896 a 1920, la Pasarela, una estructura peatonal metálica, había sido el referente a modo de puerta de entrada al recinto ferial de Sevilla, ubicado por entonces en el Prado de San Sebastián. Con el inicio de las obras para la EIA (Exposición Iberoamericana de 1929), y por la necesidad de más espacio para la futura exposición, la Pasarela se desmonta para realizar el ensanche de esta zona de la ciudad.

Después de la exposición de 1929, la sociedad sevillana demanda la construcción de algún elemento que sirva de entrada al Real de la feria durante los días de fiesta. Se suceden en los siguientes años diversos diseños de fuentes, monolitos, torres, obeliscos, alegorías de acontecimientos, de personajes locales, o portadas circunstanciales reiterativas sin valor en sí mismas, pero en busca de un modelo formal que las definiera. Lo cierto es que con la demolición de la Pasarela es cuando verdaderamente nacen las primeras y provisionales portadas de feria en su enclave originario del Prado de San Sebastián, y que haría las veces de vestíbulo a la ciudad efímera [2].

Con la llegada de los cincuenta, las portadas inician un proceso de radical innovación en su configuración. Así, comienzan a predominar en su composición la reproducción inspirada en los edificios de la ciudad, o bien, elementos arquitectónicos parciales de éstos, siendo de gran satisfacción para el público de la época, y adquiriendo grandiosidad e importancia al cobijo de los Servicios Municipales de Ferias y Fiestas Mayores.

2. Objetivo

El objetivo de esta comunicación es dar a conocer tanto la cultura identitaria que representaron las edificaciones construidas para la EIA como el carácter de la fiesta sevillana a través de la arquitectura efímera que se muestra con las Portadas. Para ello se ha creado una muestra titulada "De la Exposición a la Feria", compuesta por 17 paneles que permite comparar el edificio y los elementos arquitectónicos utilizados, con el diseño creado para la Portada de Feria. A tal fin, se han estudiado con detalle cada una de las portadas que recurrieron en su diseño a las arquitecturas de la exposición de 1929. Se han identificado, descrito compositivamente, analizando las fuentes de inspiración de su diseño y de su decoración ornamental.

3. El legado de la Exposición Iberoamericana en las Portadas de la Feria

Décadas después de la Exposición Iberoamericana de 1929, las portadas de la ciudad empiezan a hacer uso en su diseño de elementos arquitectónicos levantados con motivo de la EIA.

AÑO	EDIFICIO FUENTE INSPIRADORA	AUTOR
1969	Plaza de España	Federico Ortiz Álvarez
1971	Plaza de España	
1976	Pabellón Mudéjar	
1983	Plaza de España	
1984	Pabellón de Sevilla y Casino de la Exposición	
1985	Pabellón Mudéjar	
1988	Pabellón de Colombia / Comandancia de Marina	
1989	Plaza de España, Casino de la Exposición y Teatro Lope de Vega.	
1990	Pabellón Mudéjar	
1995	Pabellón de Sevilla. Casino de la Exposición	
1997	Pabellón de Argentina	
2002	Plaza de España, Monasterio de la Cartuja	
2006	Palco del Príncipe. Plaza de Toros y Obeliscos entrada EIA 1929	
2013	Plaza de España	Miguel Ángel Pérez Cabo y Manuel J. Jiménez Varo
2016	Pabellón de Argentina	Eduardo Morón Espinosa
2019	Pabellón de Sevilla. Casino de la Exposición	Ángelo González Carvalho
2020	Hotel Alfonso XIII	Javier Navarro de Pablos

Tabla 1. Edificios de la EIA que han inspirado el diseño de las Portadas de la Feria de Sevilla.

La primera portada de feria que utiliza en su diseño elementos arquitectónicos de la Exposición Iberoamericana es la de **1969** (Fig. 1). Con referencias muy directas a los puentes que cruzan la ría de la **Plaza de España**. El esquema fundamental de la composición de su alzado principal está definido por tres cuerpos bien diferenciados. Uno central muy simple, con arco rebajado, que hace de eje de simetría con los cuerpos laterales, formados por arcos de grandes dimensiones, flanqueados por pilastras con farolas decorativas.

La Plaza de España, obra del arquitecto Aníbal González, representa el símbolo que identifica a la EIA en toda su grandeza y esplendor pues es y será el referente "romántico" por excelencia de la Exposición del 29 [3].

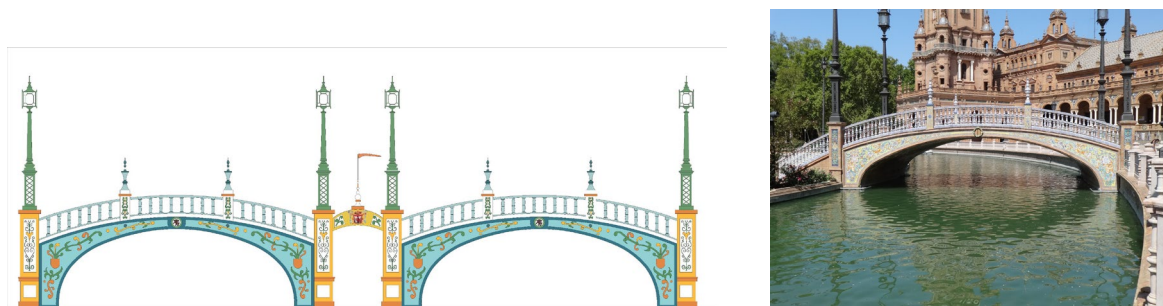


Fig. 1. Portada de 1969 y Puente de Aragón sobre la ría de la Plaza de España.

Los puentes de la Plaza de España, que representan los antiguos reinos de España: Castilla, León, Aragón y Navarra, se reflejan en esta portada de manera casi perfecta tanto en su trazado de tipo carpanel como los elementos compositivos: pilastras en ambos extremos

rematadas con farolas de forja; tres tramos de balaustrada cerámica con pilares intermedios coronados con jarrones; paneles frontales decorados con motivos florares imitando la azulejería real de los puentes y escudos centrados en los que se inserta el lema No&Do de la ciudad de Sevilla [4].

De manera cronológica sería en **1971** (Fig. 2) el siguiente año en el que de nuevo se utiliza la arquitectura de la EIA, con la **Plaza de España**, como inspiración para el diseño de la portada. En un intento por mejorar el diseño del año 69, se insiste en el uso de los puentes de la plaza e introduce centrada en la construcción una de las torres del mismo conjunto monumental. Cierran la composición en ambos extremos una pilastra de grandes dimensiones coronada con tambor y cupulín.



Fig. 2. Portada de 1971 y Puente de León sobre la ría de la Plaza de España.

Destacamos de esta portada el uso de una de las torres de la Plaza de España centrada como elemento de mayor atracción visual. Al igual que en las torres reales su alzado se divide en diferentes cuerpos que de manera simplificada van describiendo los mismos elementos arquitectónicos que constituyen la torre original.

A partir de 1973 la Feria se traslada al barrio de Los Remedios por la necesidad de más espacio para sus instalaciones [5]. Se reproduce una distribución urbana similar a la del Prado y traslada allí su portada. Si bien, la situación de esta en el nuevo recinto no estuvo inicialmente clara ni definida debido a la ausencia de tradición y de un trazado urbano definitivo que concretara su ubicación.

Para la portada de **1976** (Fig. 3) se usan como referente los arcos y torres de la fachada principal del **Pabellón Mudéjar**, actualmente Museo de Artes y Costumbres Populares.

El Pabellón Mudéjar, obra del arquitecto Aníbal González, fue en 1915 el primer edificio terminado para la Exposición Iberoamericana. Forma junto con el Pabellón Real y el Pabellón de Bellas Artes, también obras del mismo arquitecto, el conjunto monumental de la Plaza de América situado en el parque de María Luisa.

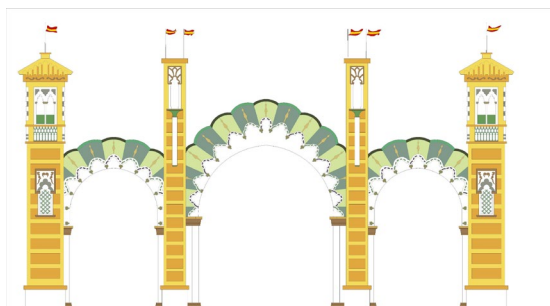


Fig. 3. Portada de 1976 y fachada principal del Pabellón Mudéjar.

Observando la Portada de este año la nota predominante la imprime la composición neomudéjar u orientalista [6] del modelo arquitectónico imitado, del cual reinterpreta los

arcos de la fachada y su decoración, así como las torres de los extremos, junto con los ventanales que existen en estas. Los tres arcos son lobulados por su trasdós y están decorados de forma que aparentan ser polilobulados por el intradós.

En **1983** (Fig. 4) se construye una portada reiterando como fuente de inspiración la **Plaza de España** de la que reinterpreta sus torres Norte y Sur, y uno de los puentes que cruza la ría. Su composición se basa en un grandioso arco flanqueado por dos torres de gran altura. La decoración es la propia de la arquitectura regionalista de la Plaza de España, con el uso del ladrillo y la cerámica como elementos predominantes.



Fig. 4. Portada de 1983 y torres Norte y Sur de la Plaza de España.

La portada de **1984** (Fig. 5) se inspira en el **Pabellón de Sevilla** también conocido como **Casino de la Exposición Iberoamericana**. El Pabellón de Sevilla obra de Vicente Traver Tomás (1889), ha sido considerado como "una de las obras más logradas del certamen" [7].



Fig. 5. Portada de 1984 y fachada principal del Pabellón de Sevilla.

La composición del alzado principal de la portada de este año queda definida por tres cuerpos esencialmente. Un arco central de grandes proporciones y dos torres laterales de mayor altura aún. El único arco de la portada representa de manera rectilínea el frontal de la fachada curva del pabellón que al igual que en el Casino se interrumpe centralmente con un frontón decorado. Las torres que flanquean la portada son producto del análisis de dos elementos arquitectónicos muy destacados del Casino, los balcones barrocos de la planta baja y la cúpula del vestíbulo principal.



Fig. 6. Portada de 1985 y arcos de la entrada principal del Pabellón Mudéjar.

La portada de **1985** (Fig. 6) toma para su diseño el **Pabellón Mudéjar** de la Plaza de América, así como elementos decorativos de la arquitectura orientalista. Mantiene el esquema compositivo de un arco central de grandes dimensiones y dos torres laterales de igual altura.

En esta ocasión el centro de atención es un gran arco polilobulado apuntado decorado con motivos florales barrocos. De igual manera las torres laterales imitan pilastras de sección cuadrada, siendo de igual altura que la clave del arco central al que se adosan mediante arco lobulado, y cuya base se apoya en las columnas pareadas antes referidas. El cuerpo de las torres se decora con la inclusión de una estilizada ménsula que recoge un arco de herradura apuntado rematándose superiormente con una cubierta de tejas árabes a cuatro aguas, asta y bandera.

La portada de **1988** (Fig. 7) es innovadora en su ideación, por primera vez se emplea para su inspiración uno de los pabellones internacionales de la EIA de 1929, se trata del **Pabellón de Colombia** (José Granados), el cual combina con el **Pabellón de Marina y Guerra** (Vicente Traver), muy próximos urbanísticamente.



Fig. 7. Portada de 1988 y fachadas principales de los Pabellones de Colombia y de Marina y Guerra.

Del que fuera Pabellón de Marina y Guerra durante la EIA se toma como fuente de inspiración la torre central, de la cual utiliza tanto su ordenación general en tres cuerpos como la decoración y otros elementos arquitectónicos formales. Los arcos y las torres laterales están inspiradas en el arco de la entrada principal y en las torres gemelas del Pabellón de Colombia, destacando la decoración iconográfica de la civilización Chibcha [8] y resaltando algunos elementos arquitectónicos del mismo, aunque de forma abreviada.

Al año siguiente en **1989** (Fig. 8), Federico Ortiz diseña la que sería su última portada para la Feria de Sevilla. Este año traslada al diseño elementos parciales de varios edificios de la ciudad: **Plaza de España**, **Casino de la Exposición** y **Teatro Lope de Vega**. Asimismo, se decora con formas barrocas y elementos florales extraídos de la azulejería sevillana.



Fig. 8. Portada de 1989, Plaza de España, Teatro Lope de Vega y Casino de la Exposición.

Para el diseño de la torre principal se estilizan y simplifican varios elementos arquitectónicos de la fachada lateral de las torres de la Plaza de España. Los arcos son una reinterpretación de la fachada trasera del Teatro Lope de Vega inspirándose en el pretil, de perfil moldurado,

de la azotea del teatro. En el cuerpo inferior de las torres laterales se incorpora un balcón con baranda de cerrajería y arco rebajado imitando al existente en las alas laterales del Casino.

Con el año **1990** (Fig. 9) comienza una nueva etapa en la que será Rafael Carretero Moragas, arquitecto técnico de la Delegación de Fiestas Mayores, el encargado de desarrollar con ingenio y vistosidad el diseño de las portadas de feria.

Para este año, con una composición formada por un gran arco central y dos torres de mayor altura, se diseña una portada inspirada en el **Pabellón Mudéjar** de la Plaza de América.

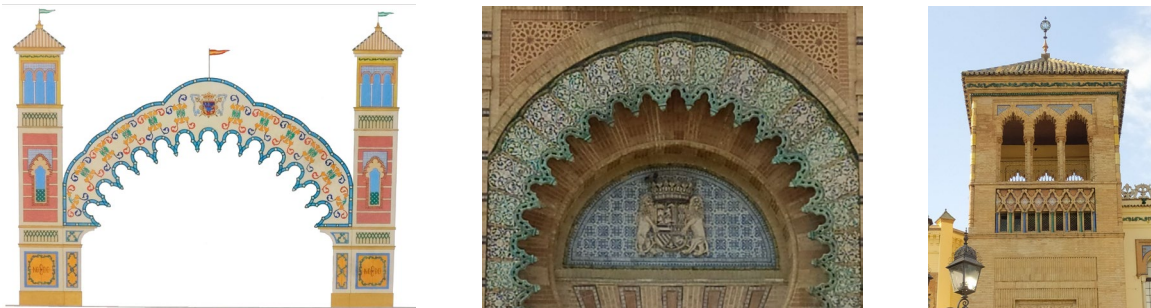


Fig. 9. Portada de 1990, arco de la entrada principal y torre lateral del Pabellón Mudéjar.

El único arco central de la portada obtiene su inspiración del arco existente sobre la entrada al pabellón, al igual que la decoración mudéjar del interior. Las torres laterales mantienen el mismo orden compositivo que en el original, una base con decoración cerámica, un fuste sobre el que se inserta a media altura un ventanal de arco lobulado con alfiz y celosía. Como remate de la torre se dispone un mirador de triple arco de medio punto, con balaustrada formada por arcos de herradura polilobulados, cubierto con tejas árabes a cuatro aguas.

La portada de **1995** (Fig. 10) se inspira en diversos elementos existentes en el **Casino de la Exposición**. El esquema compositivo lo forma un cuerpo central compuesto por tres arcos y dos torres laterales.

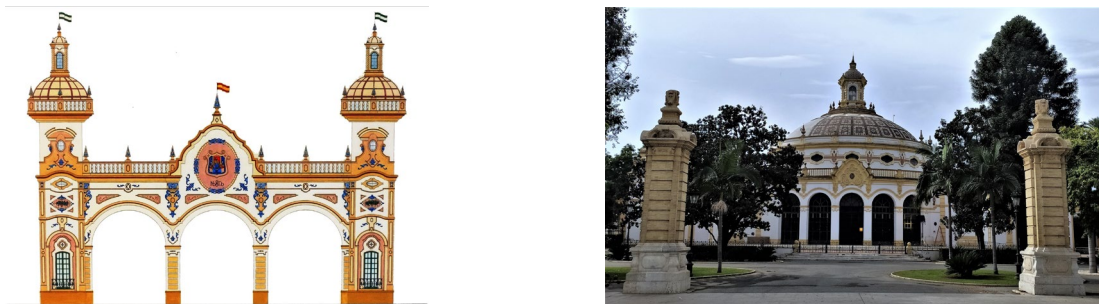


Fig. 10. Portada de 1995 y fachada principal del Pabellón de Sevilla.

La singular portada de este año consigue recoger sobre su diseño la fachada principal del pabellón mediante el uso de la arcada triple coronada con un penacho central y una balaustrada decorada con jarrones cerámicos. Las torres se organizan con la incorporación en su cuerpo principal de los elementos que componen el frontal de las alas laterales del edificio formado por un balcón enmarcado por molduras mixtilíneas, frontón curvo partido, pinjantes y esgrafiados. Superiormente se completa de manera simplificada por la cúpula rebajada, coronada por una linterna a modo de templete barroco [9].

La portada de **1997** (Fig. 11) se inspira en el **Pabellón de Argentina** de estilo neobarroco que construyó el arquitecto Martín San Noel como sede de la República de Argentina para la Exposición de 1929. El elemento predominante es un único arco central flanqueado por dos cuerpos laterales en forma de torres.



Fig. 11. Portada de 1997 y fachada principal del Pabellón de Argentina.

El trazado exterior del arco procede de la moldura curva superior del cuerpo central de la fachada, mientras que el de su intradós se extrae del arco existente sobre la puerta principal. Las torres laterales están compuestas por un ventanal de medio punto obtenido de la fachada principal, un balcón bíforo existente en la fachada trasera de la torre y un mirador de doble arcada coronado por una cúpula decorada en azul y blanco.

La portada de **2002** (Fig. 12) se inspira en dos edificios, la **Plaza de España** y otra edificación muy conocida en Sevilla, pero no perteneciente a los construidos para la EIA, se trata del **Monasterio de Santa María de las Cuevas**. En esta ocasión la portada aparenta ser un lienzo de fachada con una gran puerta de acceso y torres laterales en sus esquinas.



Fig. 12. Portada de 2002, puerta Monasterio Sta. María de las Cuevas y torres menores Plaza de España.

El arco central se diseña a partir de la Puerta Este que da acceso al monasterio frente al río, obra realizada por Diego Antonio Díaz en 1774. Las torres laterales y el cuerpo que las une con el arco central se obtienen de las torres menores existentes en los pabellones de los extremos Norte y Sur de la Plaza de España, de la cual también adquiere los detalles decorativos de azulejería que complementan el conjunto.

Con la portada de **2006** (Fig. 13) comienza un periodo nuevo y muy importante en la historia y diseño de la Portada de Feria, a partir de ahora el diseño base de las portadas se abre al conjunto del público sevillano y foráneo a través de la convocatoria de anuales concursos públicos de ideas que sirven de apoyo para la redacción del proyecto de la portada [2].

Obra del pintor sevillano Ricardo Suárez López y con el lema "Palco del Príncipe nº29", la portada de 2006 hace referencia expresa a la **Plaza de Toros de Sevilla**. El cuerpo central de la portada recoge, de forma más estilizada, el balcón central del coso taurino conocido con el nombre de "Palco del Príncipe". Las pilastras laterales están inspiradas en los grandes obeliscos que tuvieron la función de entrada al recinto de la Exposición Iberoamericana.



Fig. 13. Portada de 2006 y fachada principal de la Plaza de Toros de Sevilla.

La portada de **2013** (Fig. 14) obra de los arquitectos técnicos Manuel Jesús Jiménez Varo y Miguel Ángel Pérez Cabo y con el lema "... y en el verdor, el asombro", se inspira íntegramente en la **Plaza de España**.

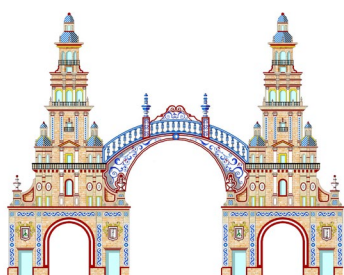


Fig. 14. Portada de 2013 y puente de Navarra sobre la ría de la Plaza de España.

De este conjunto monumental, se utilizan dos elementos muy representativos del imaginario sevillano, por un lado, las monumentales torres que situadas a cada extremo de plaza cierran el conjunto de Norte a Sur, y, por otro lado, uno de los cuatro puentes que salvan la ría de la citada plaza.

La portada de **2016** (Fig. 15) obra del diseñador gráfico Eduardo Morón Espinosa y con el lema "Sevilla, homenaje a la Danza", se inspira íntegramente en el que fuera **Pabellón de Argentina** para la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929.

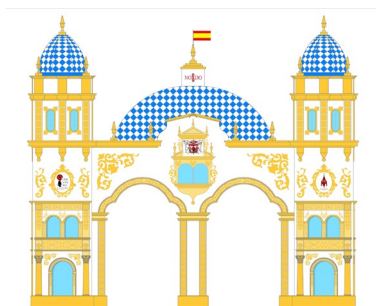


Fig. 15. Portada de 2016 y fachada principal del Pabellón de Argentina.

Los elementos arquitectónicos más importantes que componen la portada son: dos grandes arcos de paso que se obtienen del arco festoneado existente en la entrada principal el pabellón; una cúpula decorada con damero en azul y blanco que resulta de la abstracción de la cúpula del ala derecha del edificio; dos torres laterales iguales que imitan a la única torre del pabellón de la que copia con gran detalle la parte superior correspondiente al mirador, mientras que el nivel inferior lo establece a partir de una representación de la portada de acceso al patio interior del pabellón.

La portada de **2019** (Fig. 16), obra del delineante Ángel González Carvalho y con el lema "Sevilla, escenario de Arte, Cultura e Historia", se inspira fielmente en el que fuera **Pabellón de Sevilla**, diseñado por Vicente Traver, para la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929.



Fig. 16. Portada de 2019 y fachada principal del Pabellón de Sevilla.

La composición del cuerpo central representa la fachada de estilo neobarroco del gran salón con la cúpula. La arcada quintuple está coronada por un friso ornamental flanqueado con balaustrada en ambos lados. Las torres de los extremos se componen de una base recta decorada con grandes óvalos enmarcados extraídos de la decoración barroca del pabellón y un cuerpo superior en el que inserta el balcón de las alas laterales del edificio.

Finalmente, la portada de **2020** (Fig. 17) obra del arquitecto sevillano Francisco Javier Navarro de Pablos y con el lema "NODO XIII. Una historia de viajeros", recrea al **Hotel Alfonso XIII**.

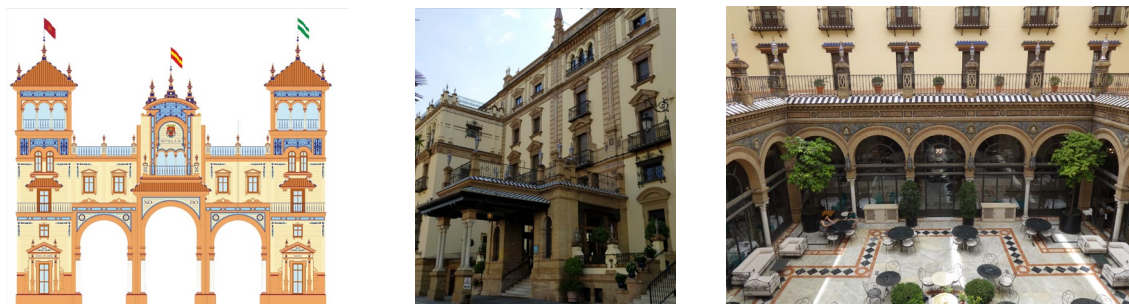


Fig. 17. Portada de 2020, entrada principal y patio central del Hotel Alfonso XIII.

Este hotel con más de 90 años de historia es uno de los edificios más representativos de la ciudad, paradigma de la arquitectura civil regionalista [9], fue creado para la EIA de la mano del arquitecto José Espiau y Muñoz y será la primera vez que se usa para el diseño de la Portada de la Feria de Abril.

El diseño de la portada que no llega a ser una traslación exacta de la fachada del mítico hotel se compone de un cuerpo principal, articulado en dos niveles y dos torres en los extremos que representan la emblemática torre situada en el ala Oeste del hotel. El cuerpo central formado por tres arcos hace referencia a las arcadas del patio de San Fernando, situado en el centro del edificio. Sobre el arco central se adelanta una marquesina que recuerda la entrada principal del hotel.

4. Resultados y Conclusiones

En nuestros días, desde los palcos de la plaza de San Francisco durante la Semana Santa sevillana, a las Portadas del Corpus Christi, para conmemorar uno de los jueves más grandes del año, en el mismo escenario urbano, pasando por las Portadas de la Feria de Abril, allí

donde muere la calle asunción; la arquitectura efímera se alza a la sevillanía y al ajeno con esplendor y expectación para enmarcar postales costumbristas que traspasan el umbral de lo local y se hace universal.

Esperamos de esta comunicación conseguir aproximar a los ciudadanos el valor cultural de estas arquitecturas efímeras que, aprovechando los elementos arquitectónicos de las edificaciones reales de la Exposición Iberoamericana de 1929, las engrandecen y contribuyen a su divulgación social.

Con la elaboración de la documentación tanto gráfica como histórica se ha logrado avanzar en el conocimiento de este tipo de arquitecturas efímeras, tan desconocida como tal y tan necesaria; y suplir en parte, la carencia de un material sobre la misma. Unificando documentación, recopilando, clasificando y evaluando todos los datos obtenidos.

Finalmente, con este trabajo hemos realizado una primera aproximación a la relación existente entre la arquitectura construida de la EIA de 1929 y la arquitectura efímera de las Portadas de la Feria de abril de Sevilla que posibilita desde la lectura más básica de consulta hasta aquella más especializada; al tiempo que abre nuevos horizontes en la forma de divulgación de nuestro patrimonio cultural con la utilización de nuevas tecnologías de comunicación.

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Díaz Cañete, P., "et al" (2012). Análisis de las Portadas de Feria de Sevilla: una arquitectura efímera para la fiesta. *Investigación Gráfica. Expresión Arquitectónica*. XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. (pp. 88-98). Valencia, España: APEGA
- [2] Díaz Cañete, P. (2017). *Las Portadas de la Feria de Abril de Sevilla. Los Concursos de Ideas de 2006 a 2017* (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla. Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la edificación, Sevilla, España.
- [3] Braojos Garrido, A., Villar Movellán, A., & Pérez Escolano, V. (1987). *La Exposición Iberoamericana de 1929: fondos de la Hemeroteca Municipal de Sevilla: [catálogo de la exposición organizada por] el Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Sevilla*. Sevilla: Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Sevilla.
- [4] Ortiz Álvarez, F., & Ortiz González, C. (1989). *Sevilla: Portadas de Feria: 1954-1989*. Sevilla: Junta de Andalucía Ayuntamiento
- [5] Burgos, A. (1972). *La feria de Sevilla*. León: Editorial Everest.
- [6] Chaza Chimeno, M. d. R. (2005). *Arquitectura neomudéjar en Sevilla 1880-1930. Análisis gráfico, formal y ornamental de fachadas sevillanas inspiradas en la arquitectura de origen árabe, durante el periodo de finales del siglo XIX y principios del siglo XX*. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la edificación, Sevilla, España.
- [7] Villar Movellán, A. (2007). *Introducción a la arquitectura regionalista: el modelo sevillano*. Córdoba. UCOPress Editorial Universidad de Córdoba. ISBN: 978-84-7801-864-2
- [8] Graciani García, A. (2010). *La participación internacional y colonial en la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929*. Sevilla: Departamento de publicaciones del ICAS del Ayuntamiento de Sevilla; Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- [9] Pérez Escolano, V. (1996). *Aníbal González: Arquitecto (1876-1929)* (2ª ed.). Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.
- [10] Villar Movellán, A. (2010). *Arquitectura del Regionalismo en Sevilla (1900-1935)* (2ª ed. Rev. ed.). Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.

HBIM APLICADO A LA DOCUMENTACIÓN DE LOS RETABLOS. EL RETABLO COMO RECURSO DIDÁCTICO

HBIM APPLIED TO THE DOCUMENTATION OF ALTARPIECES. THE ALTARPIECE AS A DIDACTIC RESOURCE

Silvia Díaz Parrilla^a, Antonio Jesús Sánchez Fernández^b

Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain

^aextsdiazpar@ull.edu.es, ^basanchez@ull.edu.es

How to cite: Díaz Parrilla, S.; Sánchez Fernández, A. J. (2024). *HBIM applied to the documentation of altarpieces. The altarpiece as a didactic resource*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 112-121. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La documentación de retablos se ha centrado tradicionalmente en su cara externa, donde la captura de su configuración física se ha hecho a través de sistemas de representación bidimensional. Sin embargo, es su naturaleza tridimensional y su condición de estructura la razón por la que se propone documentar los retablos a través de la metodología HBIM (Heritage Building Information Modeling). Así, la creación de la réplica digital del bien se convierte en contenedor de información.

Ese modelo HBIM estará formado por varios modelos digitales generados a partir de distintas técnicas, que varían según el interés por su estructura - softwares de modelado paramétrico- o de su superficie policroma -fotogrametría y tecnología LiDAR-. El uso de cada una de las técnicas estará condicionado a las características del bien y el tipo de información gráfica y no gráfica que se desee vincular.

Uno de los escenarios favorables para el estudio de los retablos, se da cuando son trasladados a un taller de restauración. Este es el caso del Retablo de San Cristóbal, al que se le ha generado un gemelo digital, convirtiéndose en recurso didáctico con el objeto de acercar al alumnado de la Universidad de La Laguna al conocimiento exhaustivo de la obra. A través de una metodología colaborativa, el estudiante es partícipe de su propio aprendizaje, y se convierte en responsable de generar información relativa al estado de conservación y las sucesivas intervenciones que se vayan realizando sobre el retablo.

Palabras clave: Conservación, Retablos, Documentación, HBIM.

Abstract

The documentation of altarpieces has traditionally been focused on their façade, where the capture of their physical configuration has been done through two-dimensional representation systems. However, it is their three-dimensional nature and their condition as a structure the reason why it is suggested to document altarpieces through the HBIM (Heritage Building Information Modeling) methodology. Thus, the creation of a digital replica of the altarpiece becomes an information support.

This HBIM model would be composed of several digital models generated from different techniques. The parametric modelling software is used to highlight the structure, and the photogrammetry and LiDAR technology are used to bring out the polychrome surface. The

application of each technique would be conditioned by the characteristics of the altarpiece and the type of graphic and non-graphic information to be linked.

One of the most favorable scenarios for the study of altarpieces takes place when they are transferred to a restoration workshop. This is the case of San Cristóbal Altarpiece, whose digital twin has turned into a didactic resource with the aim of approaching La Laguna University students to an exhaustive knowledge of the whole work. Through a collaborative methodology, the students themselves become participants in their own learning, and take their responsibility to generate information about the state of conservation and consecutive interventions on the altarpiece.

Keywords: Conservation, Altarpieces, Documentation, HBIM.

1. Introducción

El retablo es un bien patrimonial con características formales y técnicas propias de una época y ámbito geográfico determinados. En el archipiélago canario, aunque encontramos tipologías formales similares a las de la España Peninsular, no coinciden ni en su cronología ni en el uso de soluciones constructivas [1]. Esta particularidad hace necesario su registro [2], con el fin de preservar la información no solo geométrica, sino también histórica y material.

Si bien existen numerosos estudios técnicos relacionados con la retablística a nivel nacional y regional, la mayoría de ellos obvia la cara interna del retablo, su estructura, aun siendo ésta la responsable de la estabilidad del conjunto [3].

La dualidad entre bien mueble e inmueble ha caracterizado siempre al retablo [4]; aunque es un bien que se puede trasladar, la realidad es que en muchas ocasiones su unión al edificio que lo alberga es indisoluble. En estos casos, desmontar la obra podría llegar a comprometer su estabilidad, más aún cuando el retablo presenta un mal estado de conservación. La consideración de bien inmueble queda, por tanto, reforzada desde su construcción, pensada para una ubicación y dimensiones concretas.

En este sentido, muchos retablos mayores que hoy ocupan las capillas más importantes de las iglesias son registrables, por razones de funcionalidad, pero también de mantenimiento. Gracias a esos accesos a la cara interna del retablo, podemos estudiar la obra desde una perspectiva integral, poniendo en primer plano a la estructura y permitiendo identificar distintos sistemas constructivos.

Otra posibilidad de estudio se presenta cuando, debido a su estado de conservación, y siempre que sus dimensiones y morfología lo permitan, la pieza ha sido desmontada para su traslado a un taller de restauración. Esta situación implica el acceso a todas las partes del retablo, que en muchas ocasiones resulta compleja o imposible, al no ser registrables o bien al haberse eliminado o inutilizado los accesos a su interior.

Por toda la complejidad que va ligada al estudio de estas arquitecturas, es importante que la documentación que se genere cuando se den las condiciones óptimas, no se limite únicamente a la cara externa y aspectos técnicos relativos a la policromía y ornamentación del retablo. Hemos de tener en cuenta que todos los datos que obtengamos sobre la estructura podrán ser extrapolables a otras arquitecturas de morfología similar en las que no se den las condiciones para su estudio.

El traslado del retablo de San Cristóbal al taller de Conservación y Restauración de Retablos de la Facultad de Bellas Artes, en la Universidad de La Laguna, tiene como fin acercar al alumno al conocimiento de estos singulares bienes a través de un caso real. De este retablo se realiza una réplica digital que describe cada una de sus partes y materiales constituyentes, identifica un sistema constructivo -sistema mixto, propio de las Islas-, y posibilita el análisis de su estado de conservación, para posteriormente realizar propuestas

de intervención, que se llevarán a cabo en el seno de la asignatura de Conservación y Restauración de Retablos.

Este modelo de información será por tanto un recurso didáctico clave para implantar lo que se conoce como aprendizaje invertido o *flipped learning*; una estrategia en la que el concepto de aprendizaje en el aula es invertido [5]. Los estudiantes trabajarán con el material de aprendizaje -nuestro modelo de información- antes de la clase, y las sesiones presenciales se dedicarán a la aplicación del conocimiento adquirido -trabajo en el taller- y a solventar problemas y crear espacios de debate -aplicación de criterios de intervención-.

Bajo el paradigma de HBIM (Heritage Building Information Modelling), creamos un gemelo digital del retablo, que se convierte en un ejemplo didáctico de uso y documentación, en el que los alumnos pasan a ser parte interviniente en la creación de este modelo de información. Hablamos entonces de un modelo digital que se crea en un entorno colaborativo: por una parte, especialistas en digitalización 3D crean el modelo tridimensional -a través de fotogrametría, LiDAR y modelos 3D geométricos-, y por otra los alumnos, que contribuyen en la dotación de información semántica, coordinada por los autores, enriqueciendo un modelo que va más allá de la tridimensionalidad, pues no solo permite su visualización sino que es contenedor de información, con fines de investigación, difusión y divulgación, vinculada al bien que se pretende documentar.

2. Metodología aplicada

En la creación de estos modelos de información están implicados un conjunto de procesos, agentes intervinientes y multitud de opciones respecto a herramientas -*hardware* y *software*- que son utilizadas atendiendo a las necesidades del retablo.

No se trata únicamente de replicar la configuración física del bien patrimonial, sino de dotarlo de información, de manera que ésta pueda estar concentrada o vinculada a un mismo soporte [6]. Desde ahí se hará la gestión, actualización y divulgación de toda la información relativa al bien, accesible tanto para profesionales como no profesionales del campo de conservación y restauración de bienes culturales.

Se propone una metodología de documentación (Fig. 1) que atiende a la tridimensionalidad de la obra [7], a sus características formales y materiales, así como a las posibilidades de estudio que presenta el retablo -ubicación y estado de conservación-.



Fig. 1. Metodología a aplicar en la documentación de retablos.

2.1. Recopilación y toma de datos de la información gráfica y no gráfica del bien.

Dentro de los modelos BIM, podemos hablar de tres tipos de información [7]: información gráfica -réplica del objeto patrimonial-, no gráfica -caracterización de materiales y aspectos técnicos de la obra-, e información vinculada -informes histórico-artísticos, material audiovisual, etc.-.

Atendiendo a la ubicación y características concretas del caso de estudio, las herramientas y técnicas de documentación orientadas a la captura de su configuración física, así como el tipo de información a añadir en el modelo, variará.

La toma de datos sobre el retablo tiene como objetivo recoger la mayor cantidad de información sobre la geometría del bien para proceder a la realización de la réplica digital. Esta réplica estará constituida por un modelo superficial -que permite la observación completa de la apariencia del retablo, capa policroma y ornamentación- y un modelo estructural -destinado a definir su sistema constructivo-.

Poniendo en un primer plano a la estructura, y con el objetivo de poder modelar pieza a pieza los elementos que la conforman, recurriremos a la elaboración de croquis y dibujos acotados, mientras que la toma de datos a través de escaneado y fotogrametría de bajo detalle, nos ayudará a recordar la geometría cuando una vez que estemos trabajando en el modelado (tabla 1).

TÉCNICA	HERRAMIENTAS		PRODUCTO
	HARDWARE	SOFTWARE	
Croquis y toma de datos 2D y 3D	1. Instrumental de medición y toma de datos directa 2. cámaras fotográficas y dispositivos móviles (fotogrametría de bajo nivel de detalle).	Apps de dibujo para dispositivos móviles/ apps de escaneado y fotogrametría de bajo nivel de detalle.	Croquis y dibujos acotados. Modelos 3D de bajo nivel de detalle (Sketches 3D)
Escaneado 3D	1. Escáner (gran variedad de gamas) 2. Dispositivo móvil/Trípode 3. Ordenador	Herramientas de visualización, gestión y edición de nube de puntos.	Modelo 3D de nube de puntos
Fotogrametría	1. Cámara/dispositivo móvil 2. Objetivos-lente 3. Trípode/Disparador remoto 4. Colorchecker 5. Base giratoria 6. Ordenador	Herramientas de reconstrucción	Modelo 3D de nube de puntos y texturas

Tabla 1. Técnicas y herramientas utilizadas en la toma de datos sobre el retablo.

2.2. Creación del modelo digital e incorporación de la información.

Un modelo BIM del retablo, está constituido por una serie de modelos virtuales (tabla 2) -superficial y geométrico- que permiten generar la representación digital de las características físicas, y aquellas relacionadas con aspectos técnicos de la obra -elementos constitutivos y estado de conservación-.

Para la elaboración del modelo superficial, podemos recurrir a la fotogrametría de objeto cercano y escaneado 3D LiDAR de alta precisión. De la primera de las técnicas obtenemos, además del modelo fotogramétrico, un dossier fotográfico con calidad y detalle del bien a documentar. No obstante, las condiciones de iluminación y espacio son más exigentes que las que demanda el escaneado.

El modelo geométrico, creado a partir de los bocetos y la fotogrametría y escaneado de bajo nivel de detalle, se realiza con softwares de modelado paramétrico, cuyo modelo resultante permite extraer información gráfica de interés.

TÉCNICA	HERRAMIENTAS		PRODUCTO
	HARDWARE	SOFTWARE	
Modelado geométrico/estructural	Ordenador/ tablet	software de modelado paramétrico	Modelo 3D estructural o de ensamblaje
Modelado de superficie		software de modelado y edición de mallas (retopología de modelos)	Modelo 3D de superficie (malla)

Tabla 2. Técnicas y herramientas para la creación de modelos digitales.

2.3. Gestión del modelo HBIM federado. Visualización y difusión de los resultados.

Una vez creados los dos modelos digitales, procedemos a la Integración de la información en un entorno de gestión y visualización. Si se tratara de un proyecto de intervención que está en marcha, hay que decidir la gestión colaborativa de ese proyecto, definir quién tiene acceso a su edición, qué roles deben tener, así como dar pautas sobre cómo compartir la información.

Para la difusión de los resultados de un proyecto de documentación HBIM se usarán distintos formatos/recursos. En el caso del retablo, podremos recurrir a plataformas gratuitas, como usBIM, que además de ser el gestor del proyecto dispone de un visualizador muy completo que nos permite servir de interfaz de acceso a toda la información deseada para mostrar los resultados (dossiers en pdf, vídeos, planos técnicos, mapas de daños, modelos 3D parciales, ...) y que nos permite vincular el modelo 3D con otros dos visualizadores que se adaptan a los fines de difusión y divulgación de los resultados.

Para el modelo superficial resultante, podremos usar visualizadores como SketchFab (en su opción gratuita), que es el referente en visualización 3D de patrimonio y permite cierto grado de interacción y enriquecimiento semántico (en este visualizador podemos alojar los modelos 3D de mapas de daños, por ejemplo). Para el modelo estructural podemos utilizar el visualizador de la plataforma Autodesk Fusion 360, utilizado para la creación de este modelo (gratuito con fines educativos y académicos) que nos permite ver el desglose de componentes (elementos estructurales), así como las animaciones de montaje y desmontaje del conjunto que hayamos podido elaborar.

3. Proceso de investigación

El retablo de San Cristóbal, ubicado temporalmente en el taller de Conservación y Restauración de Retablos, de la Universidad de La Laguna, es actualmente objeto de intervención por parte de los alumnos de cuarto curso del Grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Supone el primer contacto del alumno con este bien patrimonial sobre el que, no obstante, se aplican tratamientos ya conocidos por el estudiante, al ser aplicados en otras tipologías como la escultura o la pintura sobre tabla.

Partiendo de la base de que el retablo ha sido desmontado para su traslado, la digitalización completa del mismo fue viable. La finalidad de esta digitalización es, entre otras, contextualizar el bien e identificar las partes que lo conforman, y conocer las características del edificio que lo alberga.

Además de la digitalización de la ermita, se colocaron dataloggers para medir humedad y temperatura del espacio y así conocer las condiciones medioambientales que afectaban y afectarán al retablo una vez sea devuelto a su ubicación original, y que influyen directamente sobre su estado de conservación.

En el caso de la réplica digital del modelo, se aplicó la metodología anteriormente expuesta, creando un modelo superficial -aplicando fotogrametría y escaneado- y uno geométrico, al darse con las condiciones óptimas para aplicar cada una de las técnicas.

MODELO FEDERADO	USO	SOFTWARE
Modelo 3D estructural o de ensamblaje	Reproduce la estructura del retablo, pieza a pieza, con el fin de identificar los elementos que definen su sistema constructivo.	Software paramétrico de modelado 3D: Autodesk Fusion 360
Modelado de superficie fotogrametría	Reproduce la "piel" del objeto patrimonio, enriquece la documentación relativa a la cara externa del retablo y de todos sus elementos ornamentales, que no se contemplan en el modelo geométrico.	Software de generación de mallas: Cloud compare, Agisoft
Modelo de superficie escaneado		

Tabla 3. Tipos de modelo. Uso y software utilizados.

El acceso a todas las partes del retablo favoreció la creación de réplicas de gran fiabilidad geométrica. Los modelos resultantes, además de aportar distinta información, también pueden complementarse; por ejemplo, la captura realizada a través de la fotogrametría facilitó la elaboración modelo geométrico en zonas concretas que se encontraban en mal estado, como la parte superior de la hornacina (Fig. 2).

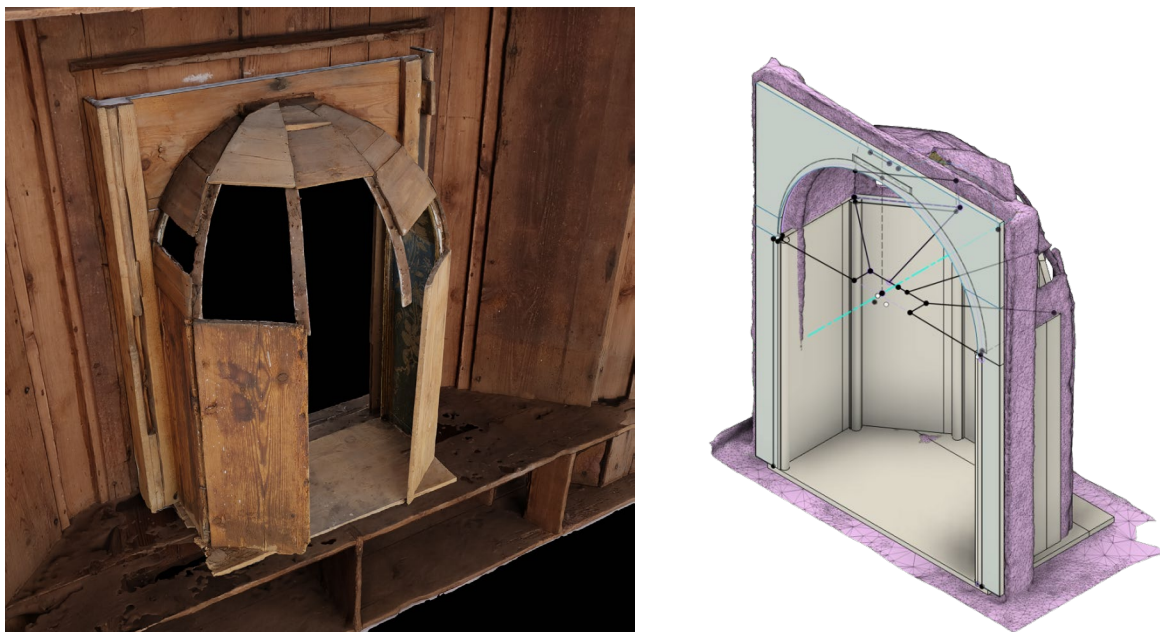


Fig. 2. Superposición del modelo superficial y el estructural para mejor definición de la geometría, dado el mal estado de conservación.

Una vez finalizados esos modelos digitales, procedimos a la creación de un modelo HBIM federado, localizado en un entorno de gestión y visualización común -usBIM-, y en el que fue

fundamental establecer qué tipo de información debía ser incluida, quién podía incluirla y de qué manera podía ser visualizada (Fig. 3).



Fig. 3. Esquema del modelo federado. Contenido, distribución de tareas y formas de visualización.

3.1. Recursos gráficos y material audiovisual.

Una vez el modelo federado está organizado y es accesible para el alumnado, comienza su aportación. La réplica del retablo se convierte en modelo de consulta para los estudiantes, a través del cual van a poder conocer el retablo y su estado de conservación en profundidad.

En este sentido, el modelo geométrico o estructural, nos permite generar recursos de interés que están enfocados a entender cómo se articula la estructura y definir su sistema constructivo, a través de animaciones que muestran las uniones entre las piezas. Además, nos brindan la oportunidad de generar documentación gráfica en 2D y 3D, imprescindible para la creación de mapas de alteraciones.

A partir de ese material gráfico, los alumnos generan sus propios mapas de alteraciones, con una leyenda de colores común. Para poder llevarlo a cabo, se les facilitan tutoriales para la realización de esos mapas en 2D y mapas en 3D a partir del modelo geométrico (Fig. 4).

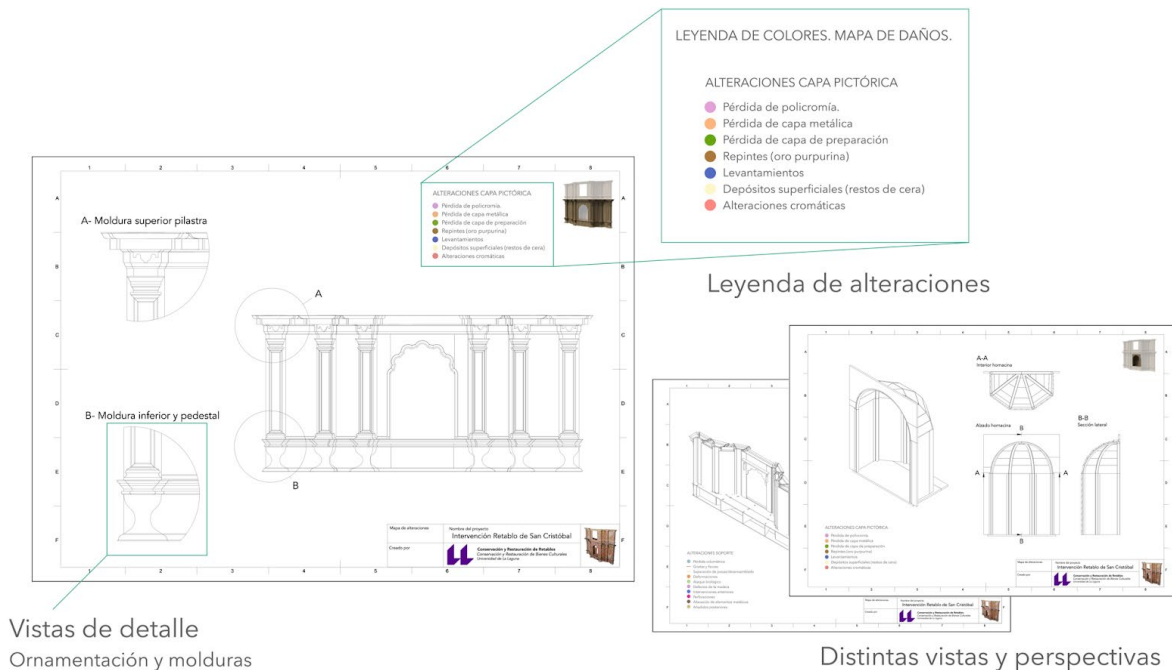


Fig. 4. Planos para la realización de mapas de alteraciones en 2D.

3.2. El alumno, agente interviniendo en la creación del modelo de información.

En el caso de los mapas 2D, el alumno realiza una toma de datos sobre el retablo, identificando alteraciones y localizándolas en el plano propuesto. Posteriormente, traslada esos datos a soporte digital. En este caso, proponemos Inkscape, editor de gráficos vectoriales libre y de código abierto, para el que les aportamos tutoriales para manejar las herramientas básicas, útiles para marcar esas alteraciones.

Del mismo modo, y dada la ya citada tridimensionalidad del retablo, proponemos la realización de mapas 3D a partir del modelo superficial, en el que aparecen texturas, que permite localizar daños como si de una fotografía se tratase. En este caso, el software Quixel Mixer, también open source, permite pintar la superficie en 3D atendiendo una vez más a la leyenda de colores propuesta. También ponemos a su disposición material docente de tipo audiovisual para que aprendan a manejar las herramientas básicas.

Ambos softwares son accesibles para el estudiante, y su uso es solo una propuesta, ya que pueden utilizar otros programas que tengan a su alcance, como el Procreate, de cómodo uso cuando se trabajan con tabletas digitales.

Además, la creación de mapas en los dos formatos no sería necesario porque se duplica información. No obstante, en el caso de entrega de informes en físico o formato pdf resulta más interesante una documentación en 2D, mientras que los mapas 3D nos permiten visualizar todos los daños en una sola captura. En este último caso, la realización de mapas en tres dimensiones es atractiva si puede consultarse a través de un visualizador, como Sketchfab, que a su vez nos permite incorporar descripciones de los daños y documentación fotográfica.

Una vez que el estudiante conoce el retablo y su estado de conservación, debe proponer los tratamientos a realizar. Para ello, también contará con un apoyo de material audiovisual docente que da pautas sobre materiales y pasos a seguir para que, una vez que tenga delante la pieza, o la zona a tratar, cuente con un conocimiento previo que le permitirá realizar la práctica con mayor seguridad. Este tipo de contenido también es útil para el

docente ya que las dudas que puedan tener los alumnos serán más concretas y éste podrá centrarse en supervisar la tarea.

Una vez realizado el tratamiento, se registrará la intervención, especificando qué productos se han utilizado y cuáles han sido los resultados, quedando subidos al entorno común de datos para uso y consulta de los futuros estudiantes que pasen por el taller (Fig 5). Esto también es de especial interés para futuros conservadores-restauradores, así como investigadores, que deseen conocer más sobre la obra o se enfrenten a un retablo de tipología constructiva similar que no pueda ser registrable.



Fig. 5. Metodología a aplicar en la documentación de retablos.

4. Resultados y Conclusiones

El uso del retablo como recurso didáctico en el taller de Conservación y Restauración de la Universidad de La Laguna, surge casi de manera espontánea al partir de una idea inicial, que siempre fue la de documentar una tipología de retablo única en las islas -el retablo de sistema mixto-, aprovechando la oportunidad que suponía poder estudiarla en óptimas condiciones.

Documentar el retablo atendiendo a su naturaleza tridimensional y convertir ese gemelo digital en contenedor de información fue el objetivo principal. No obstante, a medida que se fue recopilando información y, siendo conscientes que los responsables de la intervención en taller serían los alumnos, decidimos involucrarlos en la creación de ese modelo de información, haciéndoles además partícipes de su propio aprendizaje, y responsables del trabajo práctico que desarrollan sobre la obra, pues es el legado que les dejan a las futuras promociones que pasarán por el taller en los próximos años hasta el fin de la intervención.

Sin lugar a duda, los recursos gráficos generados a partir de los modelos digitales han ayudado al alumno a contextualizar la obra y conocer pieza a pieza la función que cumplen en la estabilidad del conjunto, así como a conocer su estado de conservación.

Por otro lado, se ha valorado positivamente el material docente audiovisual, que propone el uso de softwares open source, para la realización de mapas de daños. Además, los recursos audiovisuales orientados a mostrar materiales y pasos a seguir en los distintos tratamientos de restauración, aumentan la confianza del alumno en el trabajo sobre obra real, el contenido teórico se aplica y tienen una guía de consulta accesible para cuando la necesiten.

Finalmente, la documentación entregada en el mismo formato que permitan el intercambio entre los distintos agentes intervinientes y que garantiza la homogeneidad en la entrega final de la obra.

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Díaz, S. & Tudela, M. (2021). Sistemas constructivo y estructural de los retablos en la isla de Tenerife a través de documentación digital del Patrimonio (HBIM). En Fundación CICOP (Presidencia), *XV Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*. Granada, España.
- [2] ICOMOS (1996). Principles for the recording of monuments, groups of buildings and sites. En *11th ICOMOS General Assembly*. Sofía, Bulgaria. Recuperado de <http://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/387-principles-for-the-recording-of-monuments-groups-of-buildings-and-sites-1996> .
- [3] Guerra-Librero, F. (2006). Estructuras de Retablos. En Ge-IIC y Universidad Literaria de Valencia (Ed.), *Retablos: Técnicas, materiales y procedimientos*. Recuperado de <https://www.ge-iic.com/files/RetablosValencia/EstructurasFernandoGuerra.pdf>.
- [4] Carrasón López de Letona, A. (2006), Construcción y ensamblaje de los retablos en madera, En Ge-IIC y Universidad Literaria de Valencia (Ed.), *Retablos: Técnicas, materiales y procedimientos*. Recuperado de <https://www.ge-iic.com/2007/01/25/retablos-tecnicas-materiales-y-procedimientos-cd/>.
- [5] Moffett, J. (2014). Twelve tips for "flipping" the classroom. *Medical Teacher*. (37), 331-336. Recuperado de: <https://doi.org/10.3109/0142159X.2014.943710>.
- [6] Armisen Fernández, A. (Ed.). (2018). *BIM aplicado al Patrimonio Cultural. Documento 14, BuildingSMART Spanish Chapter*, Recuperado de https://www.buildingsmart.es/app/download/12539201426/Gu%C3%ADa%20BIM-Patrimonio_Cultural.pdf?t=1649775021
- [7] Ministerio de Cultura y Deporte (2021). *Manual para la introducción de la metodología BIM aplicado a la intervención en Bienes Inmuebles declarados BIC*. Recuperado de <https://www.ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:ff2ba848-4548-4649-85ca-8fd07465dcc7/211214-manual-bim--ipce-rv02.pdf>.

MORPHOLOGICAL MODELS IN AUTOCAD WITH BIM METHOD FOR CIVIL ENGINEERING

MODELOS MORFOLÓGICOS EN AUTOCAD CON MÉTODO BIM PARA INGENIERÍA CIVIL

Andrea Donelli

University of Trento, Trento, Italy

Andrea.dinelli@unitn.it

How to cite: Donelli, A. (2024). *Morphological models in autocad with bim method for civil engineering*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 122-131. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

The graphic-geometric morphological modeling constitutes, for civil engineering, a further evolution for the knowledge in the field of technical representation. The theme deals with a topic that assumes a relevant position in terms of both practical relations, inherent in communication with the different actors interested in carrying out research or a planned work, and theoretical ones within the ambit of the necessary interdisciplinarity made specific in IPDB programming *Integrad Project Database: BIM*. The objective of the research concerned the articulation and control of the knowledge relating to the drawing of the built work for engineering. In a first step, the development of the details related to the construction was analyzed and, in a second step, an attempt was made to achieve their realization by processing them as construction details. The basic principles of the research concerned the description as fundamental data; when it was possible, there was also the eventual comparison and rarely the classification. The results obtained have led to the conclusion that the graphic-geometric modeling, referring to the digital CAD and BIM system for civil engineering drawing, constitutes the foundation for all interdisciplinary operations, just as it is the tangible data for the knowledge of the intrinsic relationships to the contents useful for the work to be carried out.

Keywords: Drawing search with BIM, AutoCAD and BIM, Graphic/geometric models, geometric analysis with BIM.

Resumen

El modelado morfológico gráfico-geométrico constituye, para la ingeniería civil, una evolución más para el conocimiento en el campo de la representación técnica. El tema aborda un tema que asume una posición relevante tanto en términos de relaciones prácticas, inherentes a la comunicación con los diferentes actores interesados en realizar una investigación o un trabajo planificado, como teóricas en el ámbito de la necesaria interdisciplinaria concretada en la programación del IPDB. Base de datos de proyectos integrada, (*Integrad Project Database*): BIM. El objetivo de la investigación se refería a la articulación y control de los conocimientos relativos al dibujo de la obra construida para la ingeniería. En un primer paso se analizó el desarrollo de los detalles relacionados con la construcción y, en un segundo paso, se intentó lograr su realización procesándolos como detalles constructivos. Los principios básicos de la investigación se referían a la descripción como dato fundamental; cuando era posible, también estaba la eventual comparación y rara vez la clasificación. Los resultados obtenidos han llevado a concluir que el modelado gráfico-geométrico, referido al sistema digital CAD y BIM para el dibujo de ingeniería civil, constituye el fundamento de todas las operaciones interdisciplinarias, así como es el dato

tangible para el conocimiento de las relaciones intrínsecas. a los contenidos útiles para el trabajo a realizar.

Palabras clave: Búsqueda de dibujos con BIM, AutoCAD y BIM, modelos gráficos/geométricos, análisis geométrico con BIM.

1. Introduction

The graphic-geometric morphological modeling related to the ongoing research investigates and analyzes the construction design for civil engineering. The study deals with a method and a set of procedures that relate to the system that has become necessarily interdisciplinary and specific in IPDB *Integrad Project Database*: BIM programming. The theme discusses a topic that assumes a relevant position in terms of both practical relations, inherent in communication with the different actors interested in carrying out a research or a planned work, and theoretical ones within the scope of the study research conducted on the relationship between the work, the thought (the drawing of the detail) and the realization (the drawing of the detail). The difference between a drawing of details and the corresponding drawing of details consists in the fact that in the first case the drawing is sized on the principles regulated by the analysis of the loads and the surrounding conditions, with reference to the technology of the applied materials, in the second case, however, the detailed drawing is controlled by the method of analytical calculation deriving from the science and technique of construction. Drawing therefore becomes a foundational knowledge both for graphic-geometric applications and for the resolution of representation codes based on numerical ratio scales [2]. In relation to this, the drawing elaborates or rather models aspects that are defined as morphological which outline the set of experiences and knowledge verifiable through the use of software which in this research case concerns AutoCAD borrowed with the interdisciplinary BIM method [4]. The BIM "model" whose acronym is Building Information Modeling indicates a planned system of the construction of the operational phases composed both of the 2D digital model and in complex cases of professional matrix from the creation of a 3D model integrated with the physical, performance and functional references for the civil construction of the building. In the study carried out, the graphic-geometric rendering of the models in digital form was elaborated in the AutoCAD environment which, through the commands of the software, gave life to a sort of "DataBase" for the modeling referred to simple calculation checks on the structures.

1.1. Objectives

The objective of the research is to articulate and check the knowledge relating to the drawing of the built work for engineering. In a first step, the development of the details related to the construction was analyzed and, in a second step, an attempt was made to achieve their realization by processing them as construction details. In summary, we have passed from the drawing of the pre-dimensioned detail to the detailed design through analytical calculation.

1.2. Method

The initial method (according to a BIM development) and the consequent procedure were planned with the acquisition of the materials both directly and indirectly. Direct acquisition, where the subject of study allowed it, was achieved in objectivity; while the indirect one was implemented through the analysis of literary sources such as: treatises, manuals, handbooks, summaries, drawings referring to the object first investigated, then analyzed and then observed. The basic principles of the research concerned the description as fundamental data; when it was possible, there was also the eventual comparison and rarely the classification.

2. Virtual versus Simulated

The comparison between the two terms "virtual and simulated" does not really intend to keep them positively connected. The semiological meaning of the title leads to a reflection that also admits the irreducibility of opposites. The graphic - geometric process inherent in morphological modeling elaborates a series of operations that it wants to enter into this context and within the limits of the discussion, in an attempt to clarify the "querelle" between the two opposing terms. With virtuality we mean making an object correspond, in this case I study a precise referent such as the represented model and/or the analytical calculation, compared with reality. In fact, the concept of virtuality must not be confused with that of simulation. It would be a mistake to consider the virtual process to be associated with formalistic and groundless and easily alterable outcomes. For Jean Baudrillard, simulation is pretending to have what one doesn't have. Anyone who pretends to be sick can simply go to bed and pretend to be sick. Anyone who simulates a disease produces some of its symptoms in himself [5]. So to pretend is just to disguise; simulation undermines the difference between "true" and "false" and between "real" and "imaginary". Ultimately the simulation denies the truth by telling a fake! There is a sort of conceptual inflexibility that finds a point of lability in the binomial reality-virtuality, since reason generates, according to a Kantian "axiom", in its deepest part, not errors but inevitable illusions. The illusion resides in the most "unconscious" part of the intellect, but it can be removed. In art, and subsequently in the field of research relating to architectural space, modern aesthetic thought has been articulated on abstraction, taking advantage of the absence of images as a medium. As if to say that the illusion that is expressed in the introspective research of art is in a certain way linked to the secret. It happens in this way that the image that is intended for reality becomes more of an idea, an element of little concrete use or even superfluous. It happens, as in the case of the study investigated and reported here, that the research in question which analyzes reality through virtual methods, cannot be constituted scientifically based on aspects and terms inherent to simulation. In this regard, the apology is reported in the example of the citation of the vision of the "global village of Herbert Marshall McLuhan" in which electronic technology is reversed into orality, the multiplication of technological images leads man back to the primitive "dimension" of illusion; the image itself overcomes its "limit state" and concludes in a sort of transparency and consequently it no longer holds secrets. In conclusion, the image returns in a certain sense to its original state, it is up to the control of the scholar, the researcher not to consider it or use it as an idea, or as the image itself does not satisfy a real need and whose use is therefore sporadic or otherwise disproportionate. In the game of the parts the image must remain compared to reality, Descriptive Geometry demonstrates scientifically and very well through Platone experience the existence of this one-to-one relationship in which the object in its reality casts a shadow. The shadow is the virtual conception of reality that is deposited through methods and procedures; the shadow in turn is a measure, that is, it restores the correct meaning of reality itself in its virtual conception. The graphic-geometric drawings based on digital systems give rise to reproducibility of the images which are gradually defined in models through the drawing process. With this, operations are carried out and carried out in sequence, elaborations of the drawing which assume in their entirety the function of rising to morphological modeling which within the CAD environment are able to distinguish and specify the set of steps necessary to fulfill to the task of demonstrating the objective meaning, relating to the drawn and calculated object as the restitution of its nature is essential for its execution.

Morphological models in AutoCAD – BIM for technical drawing

Through the graphic - geometric elaboration of the objects, the drawings of the details and the construction details articulated through the rules of Descriptive Geometry, in the specific case the Mongian projection thanks to the morphological modeling highlight the duplicity of the relationships that underlie the useful and necessary systems for representation, namely to match both the structure of the representation system and the different morphologies. The

biunivocity of relationships represents the set of passages relating to the image or to the differentiated graphic-geometric descriptive phases that are intended to be revealed as they are inherent to the research and specific investigation of a research path relating to engineering [7]. In this aspect the consideration due to the theme of virtuality emerges. With the graphic/geometric elaboration of the digital models carried out through the software (AutoCAD) relating to the modeling of the engineering building work [16], the practice of the canonical representation acquired from the knowledge of Descriptive Geometry has been preserved as a standard on which to fix the geometry itself of the models. The UNI standard has also been integrated into this specific technical modality in such a way as to provide an understanding that fully belongs to the representation, in the graphic - geometric codes [23] referring to the same positions of the images even at different numerical ratio scales still necessary to articulate and check the execution related to the modeling regarding the technical drawings themselves. The use of a set of particularly composed systems activated through the graphic-geometric elaboration carried out with the programming of models in AutoCAD and related to the IPDB *Integrad Project Database* which is the acronym of BIM *Building Information Modelling*, used by the latter for commercial needs but with the same meaning, involves as a first instance a clarification on the application of the system itself known as the BIM method [8]. In fact, BIM is not software as one might think, but an articulated, complex method, useful for the control and possible modification subjected to consequential examination of the operations activated by the actors participating in the programming, which is useful for planning the elaborations, both geometric and textual graphics, in particular for the construction and infrastructural sector [10]. BIM therefore proves to be an integrated research or design method whose uniqueness lies in the ability to collect, unify and combine a set of data concerning coordination and its direct research or design planning for study or construction building. The BIM methodology is conceived as a multidisciplinary platform in which the operators and actors of the sectors involved participate in various capacities, whose sphere of intervention contributes within a specific study or project necessary for the construction of models. A first and essential, as simple as model, was the generation through the AutoCAD software of an elementary "DataBase" referring to the organization of the layers, as a fundamental tool for digital CAD drawing. The DWT file thus obtained is a sort of "meta-drawing" (Drawing Template) which has allowed all operators to keep the same graphic base to subsequently elaborate the geometric models. To better define and determine an order named for graphic-geometric hierarchies of the same layers, the use of the filter structure has been prepared. It has allowed an additional subdivision to better catalog the layers based on the properties and to further specify and optimize the organization in sequence to satisfy the predisposition criteria to activate a list referring to the numerical ratio scales, obviously useful for the complete graphic operations digital common for all the actors-operators involved in the documents. Further considerations have led to having to manage the software by the individual operators and an additional evaluation also inherent to the aspects related to the use of the color of the individual layers ordered and used as well as in associating their thickness referred to the pens, according to the codes of the representation, attributing the value considered to be of graphic and geometric importance. This consideration has led some of the operators to favor the use of STB (Named plot Style Tables) extension files as opposed to the usual and customary CTB (Color - dependent plot style Tables) files. The graphic-geometric models elaborated in 2D made it possible not to limit the disciplinary integrations and understanding for the models. Simple and careful expedients have outlined the entire work process and integrated research to understand the sizing, the value, as well as the relationship referred to the drawings models. This implies that the elaboration process of graphic - geometric models for engineering also includes, for the BIM method, the support for the creation and management of information throughout the life cycle of an AEC (Architecture, Engineering & Construction) project by bringing them together in a set of common data, precisely a Database, containing all the "multidisciplinary" documentation that invests research or design for the construction necessary, for example, for the construction of a construction site. However, it should be emphasized that the difference between a digital CAD system and a

BIM methodological system does not simply consist in 3D modeling, but in a new way of understanding research or design [1]. The use of AutoCAD software in its "elementary" 2D function presupposes a useful organizational basis for integrating into a subsequent advanced system, such as BIM, information models suitable for each phase of research and/or design, from simple construction to the more complex one of engineering useful for developing graphic-geometric models, technical executives [3].

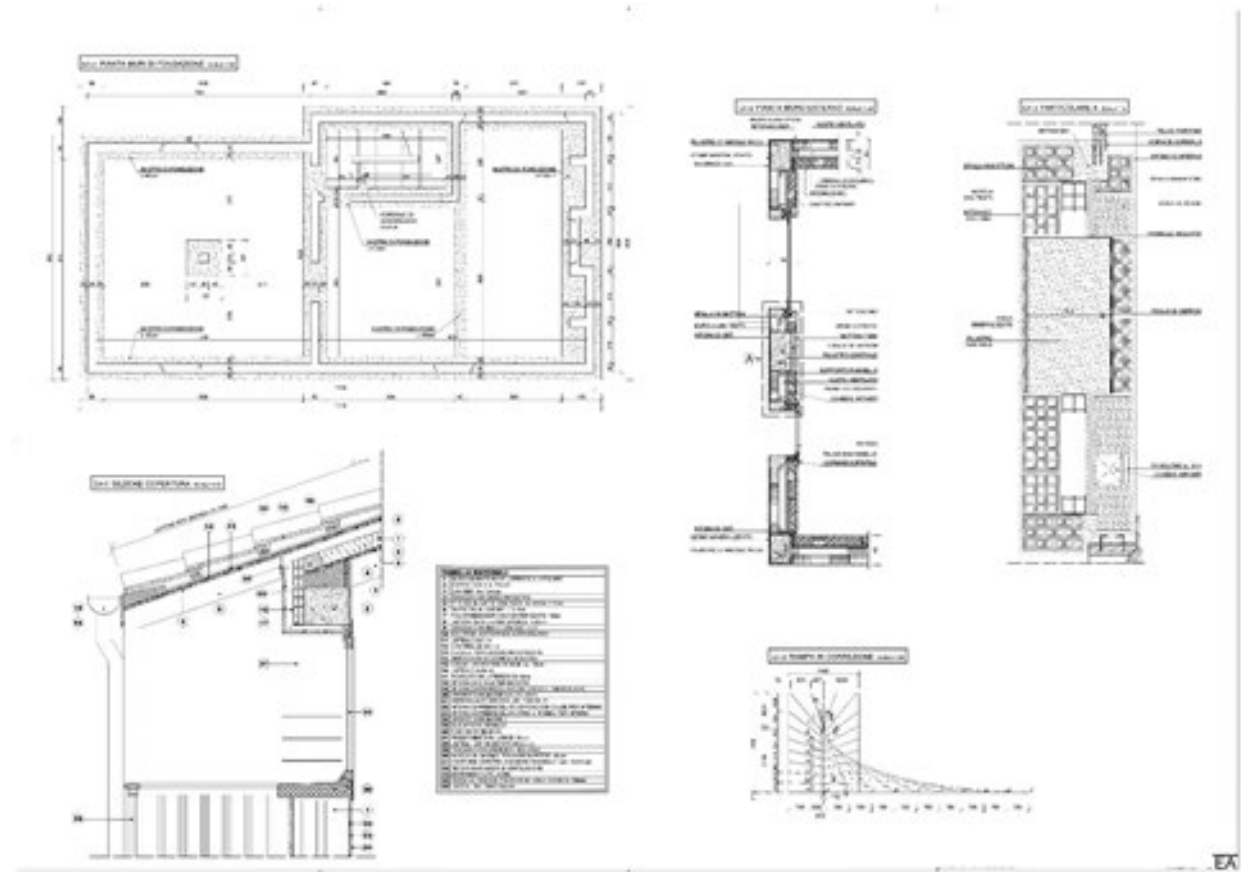


Fig. 1. Graphic - geometric work relating to the modeling of the construction elements of building details. Drawing and CAD laboratory (X). Operator: (Y) – Lecturer: (Z).

.Morphological models in AutoCAD – BIM for analytical calculation

The graphic-geometric models represented as construction details on a 1/20 numerical ratio scale; 1/10 referring to brick masonry with reinforced concrete pillars (reinforced concrete) before further processing and modeling performed at the 1/5 ratio scale were calculated for effective sizing and limit state control [13]. The multidisciplinary contribution between design, science and construction techniques has led to a constant relationship, which has proven to be concrete in the articulation referred to morphological modeling through the technical drawing of the structures inherent in the cases represented [14]. A first datum concerned the consideration of the masonry through the slenderness ratio of the walls, determined by their thickness. Therefore the slenderness of a wall has been defined, the ratio: $\lambda = \rho \cdot h/s$ that is between the free height of the wall h and its thickness s ; this ratio is joined by a constraint factor: $\rho \leq 1$ which takes into account in the analytical evaluation of the transverse stiffening walls, one or more walls that make up the distance [22]. The distance a of the stiffeners referred to the height of the masonry: $a/h \leq 2$ for stiffener; $a/h \leq 3$ for stiffening, etc. A second figure considered a further analysis relating to the masonry. This concerned the case of eccentricity [6]. The normal stress N determined by the loads transmitted on the section of the masonry object of the calculation which presents possible eccentricities of the conventional type e_t which is the sum of the four terms: $e_t = e_a + e_v + e_s + e_c$ in which e_a is the accidental

eccentricity equal to 1/300 of the height of the masonry-wall; therefore we obtain: $e_a = \pm h/300$ where h is the height of the masonry, e_v the eccentricity of the wind pressure: $e_v = \pm$

M_v/N , where M_v is the maximum bending moment on the masonry being tested considered as a beam leaning against the attics; $M_v = qv h^2 / 8$; N instead represents the normal stress on the section under examination. Another important control deemed necessary to complete the checks due to the slenderness of the structures concerns the elastic buckling, commonly called buckling load on the pillars. As an approximation let's consider the requirements drawn up by the drawing of the detail at the ratio scale 1/20;

$$h/s = 380/30 = 12.66 > 12; P_{amm.} = N_{E\text{ critical}} = \pi^2 E_m / l_0^2 J \cdot 1/v ; [12]$$

the moment of inertia of the section of the rectangular pillar 530x300 mm. is: $J_{xx} = 1/12 bs^3 = 1/12 30 \cdot 53^3 = 37217 \text{ cm}^4$ (the pillar is peak loaded, and the verification is carried out by amplifying the load "N" by a coefficient " ω " tabled as a function of the slenderness "l", for values between 50 and 100) [18].

Slenderness	amplification coefficient " ω "
50	1.00
70	1.08
85	1.32
100	1.62

Fig. 2. Table of the intermediate values of " ω " are obtained by linear interpolation.

$$N_{E\text{ critico}} = \pi^2 \cdot E_m / l_0^2 \cdot J \cdot 1/v ; N_{E\text{ critico}} = \pi^2 \cdot 110500 \cdot 37217 / 380^2 \cdot 1/12 = 23400 \text{ Kg.}$$

$N = 8600 \text{ Kg.} < N_{E\text{ critico}} / V = 23400 \text{ Kg.}$ At this point it is possible to move on to the detailed drawing on a 1/5 ratio scale relating to the inserted pillar which is part of the masonry and check the presence and consequent sizing of the concrete steels inside the reinforced concrete pillar. $2 \cdot 0,30 \cdot 0,60 \cdot 5,30 / 2 \cdot 3000 = 2862 \text{ Kg.}$; $l_0 = l = 380 \text{ cm.}$; $\lambda = l_0 / Q_{ci\text{ minimo}} \rightarrow = 380 / 8,00 = 47,5$; $\omega = 1$

$$A_{ci} = 30 \cdot 53 + 15 \cdot 15,39 = 1820 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = N / A_{ci} = (8600 + 2862) / 1820 ; \sigma_c = 6,297 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{c\text{ max}} 60 \text{ Kg/cm}^2$$

Steel reinforcement for concrete will need to be diffused; in this regard, longitudinal bars are available to connect the remaining parts such as, for example, the stirrups with a pitch of 15 cm. The pillars can be subjected to both simple compression and bending stress [9]. Also in this circumstance they must equally correspond to the rules of simple compression with the condition of $M = 0$ [17]. In this study conjecture, the minimum reinforcement must be greater than 0.8% of the concrete section considered strictly necessary. The graphic-geometric model represented at the 1/20 ratio scale outlines in this first instance of the hypothesis the dimension and the possible predisposition in the detailed model drawn at 1/5 scale. (Fig. 3)

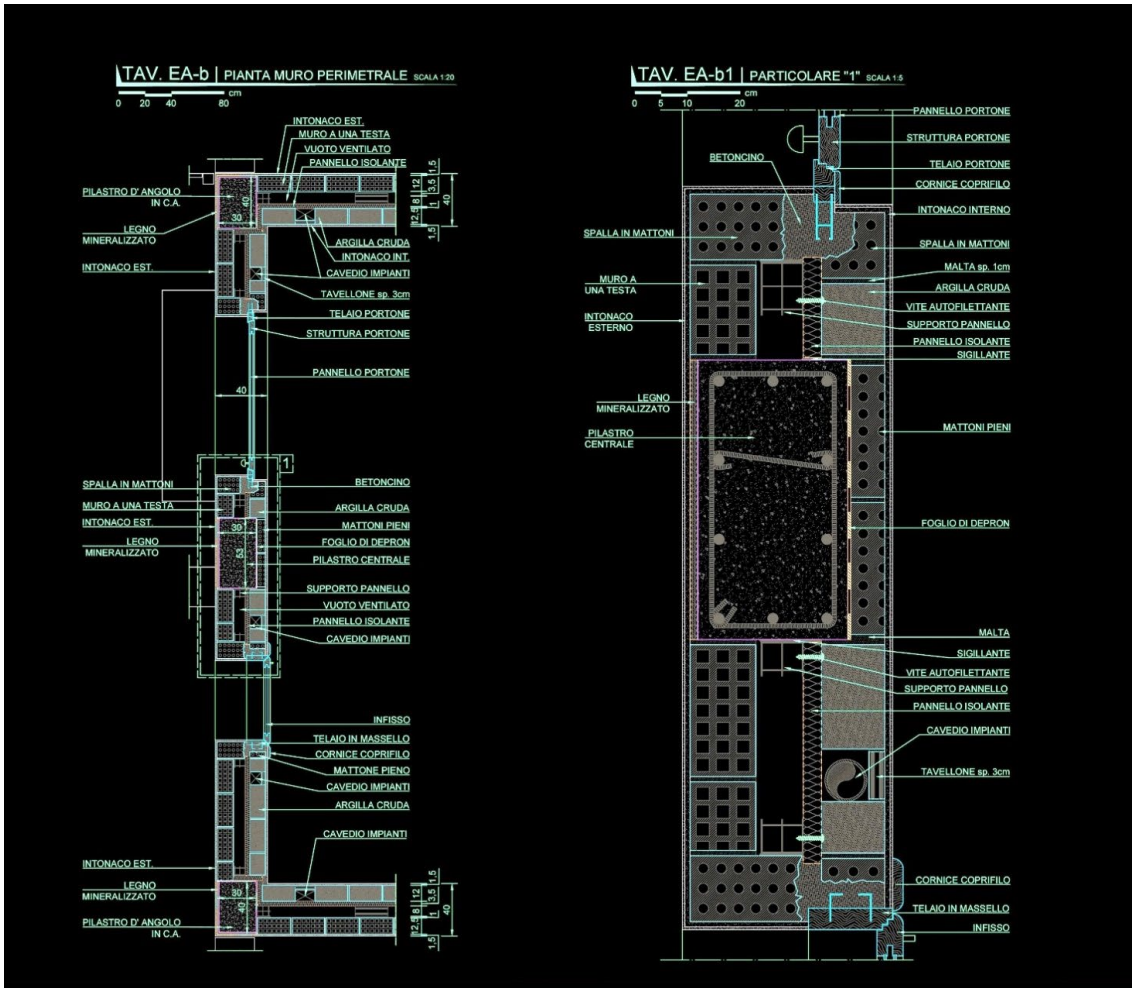


Fig. 3. Graphic - geometric work relating to the modeling of the construction elements of details at the 1/20 ratio scale and building details at the 1/5 ratio scale of the 530x300 mm pillar. Drawing and CAD laboratory (X). Operator: (Y) – Lecturer: (Z).

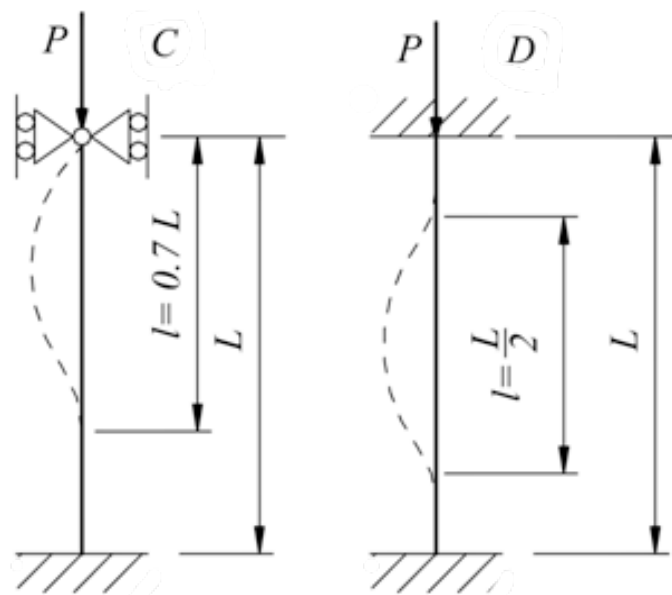


Fig. 4. Graphical model referred to elastic buckling.

The graphical model referred to the consideration on the elastic buckling of the column relative to the free length of inflection as a function of the constraints at the ends of the members. The case of reinforced concrete pillars was studied with the same method and calculation procedure. (Reinforced Concrete) 300x300 mm. which are part of a structural and constructive system in which the drawing of the frame - window is also included and reported. In conclusion, it is evident in the study dealt with in the ways of determining the calculation of the structural elements in C.A. [15]. (Reinforced Concrete) that the same study and verification procedures tend to overlap, thus providing a differentiated whole aimed at the outcome. However, the graphic-geometric models have helped and properly determined for their function the fundamental basis for constituting a linear and possibly coherent study process [21]. Without the drawing it would have been much more complex to understand the verification and execution phases. (Fig. 4-5)

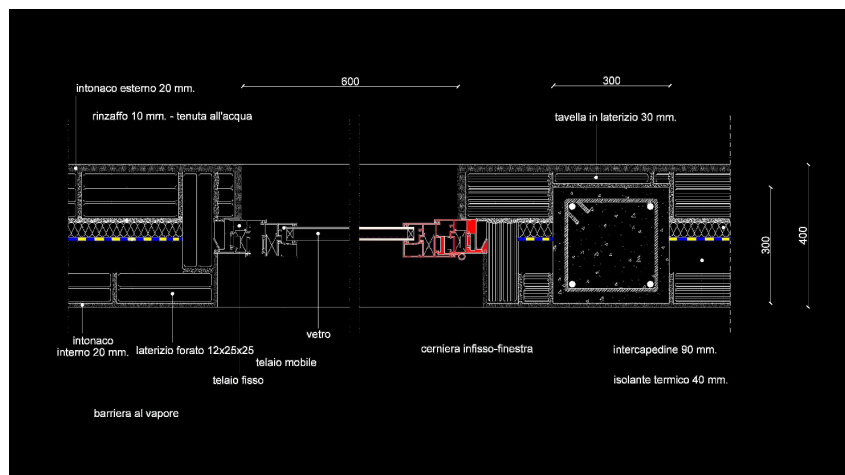


Fig. 5. Graphic - geometric model reworked on the basis of details relating to the modeling of the construction elements of building details at the 1/5 ratio scale of the 300x300 pillar and the node of the window frame. Drawing and CAD laboratory (X). Operator: (Y) – Lecturer: (Z).

3. Results and conclusions

The graphic-geometric morphological modeling constitutes, for civil engineering, a further evolution for the knowledge in the field of technical representation. The theme discussed a topic concerning the essential method referred to the BIM system, articulated within the interdisciplinary and specific ambit in IPDB *Integrad Project Database* programming, that is BIM. The BIM system cannot ignore the use of CAD software capable of generating specific virtual models for each individual discipline and at the same time capable of communicating with all the participants in the process [20]. The research was articulated in checking the knowledge relating to the design of the work built for engineering. In a first step, the fine-tuning of the details concerning the construction was analysed, and in a second step, an attempt was made to achieve their realization by processing them as construction details. In summary, we have passed from the drawing of the pre-dimensioned detail to the detailed drawing through analytical calculation. The concept of virtuality was initially discussed, which was placed in antithesis to the concept of simulation. The referent of the term virtual derives from the scientific knowledge in use in the science of construction, decreed with the calculation method of the principle of virtual works [11]. The research methodology concerned (according to a BIM development) and the consequent procedure, the planning carried out through the acquisition of material knowledge both directly and indirectly. In the direct phase, where the subject of study allowed it, it was achieved in the objectivity of the facts ascertained; while in the indirect phase it was implemented through the analysis of literary sources such as treatises, manuals, handbooks, summaries, with the drawings referring to the object first investigated, then analyzed and then subsequently observed. The results

obtained led to the conclusion that the graphic-geometric modeling, referring to the AutoCAD digital system with the BIM method for civil engineering drawing, formed the foundation for all interdisciplinary operations, just as it was possible to quantify the data tangible for the knowledge of the intrinsic relationships to the useful contents for the investigated, analyzed and verified work [19].

4. Bibliographical References

- [1] Apollonio, I.F. (2012). *Architettura in 3D. Modelli digitali per i sistemi cognitivi*. Milano, Edizioni Bruno Mondadori.
- [2] Aterini, B. (2006). *Il metodo delle proiezioni ortogonali. Applicazioni*. Firenze, Edizioni Alinea.
- [3] Balzani, M. Ferrari, L. Raco, F. (2021). *eBIM: Existing Building Information Modeling per edifici esistenti*. Rimini, Maggioli Editore.
- [4] Bartolomei, C. Mazzoli, C. Morganti, C. (2021). The Language of Rendering in Architectural Visualisations. In *Connettere / connecting un disegno per annodare e tessere drawing for weaving relationships / Linguaggi Distanze Tecnologie Languages Distances Technologies*, Milano, Edizioni Franco Angeli, pp. 215 – 224.
- [5] Baudrillard, J. (1983). *Simulations*. New York, Columbia University.
- [6] Belluzzi, O. (1966). *Scienza delle costruzioni*, vol. 1. Bologna, Edizioni Zanichelli.
- [7] Cardone, V. Barba, S. (2015). *Modelli grafici dell'architettura e del territorio*. Santarcangelo di Romagna (RN), Edizione Apogeo education, Maggioli Editore.
- [8] Ciribini, A. (2013). *L'information modeling e il settore delle costruzioni: IIM e BIM*. Milano, Edizioni Maggioli Editore.
- [9] Cosenza, E. Manfredi, G. Pecce, M. (2019). *Strutture in cemento armato: basi della progettazione* (seconda edizione). Milano, Edizioni Hoepli.
- [10] Di Giuda, G. M. Villa, V. (2016). *Il BIM. Guida completa al Building Information Modeling*. Milano, Edizioni Hoepli.
- [11] Levi, F. Marro, P. (1986). *Scienza delle costruzioni*. Torino, Edizioni Levrotto & Bella.
- [12] Mezzina, M. (2021). *Fondamenti di tecnica delle costruzioni*. Milano, Edizioni CittàStudi.
- [13] Osello, A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*. Palermo, Edizioni Dario Flaccovio.
- [14] Pavan, A. (2017). *BIM: metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*. Milano, Edizioni Tecniche Nuove.
- [15] Pizzetti, G. Triscioglio Zoragno, A.M. (1980). *Principi statici e forme strutturali*. Torino, Edizioni UTET.
- [16] Porrello, G. Grillo, S. (2010). *Progettare con AutoCad. Guida al disegno 2D e 3D*. Palermo, Edizioni Grafill.
- [17] Pozzati, P. (1987). *Teoria e Tecnica delle Strutture*. Torino, Edizioni UTET.
- [18] Pozzi, E.G. (1978). *Il cemento armato*. Torino, Edizioni UTET.
- [19] Rossi, A. (2019). *BIM - Oggi - Italia*. Milano, Edizioni Cortina.
- [20] Sdegno, A. (2002). *Architettura e rappresentazione digitale*. Venezia, Libreria Editrice Cafoscarina.

- [21] Toniolo, G. Di Prisco, M. (2009). *Cemento armato. Calcolo agli stati limite*. Bologna, Edizioni Zanichelli.
- [22] Toniolo, G. (1990). *Tecnica delle costruzioni. Calcolo strutturale*. Bologna, Edizioni Zanichelli.
- [23] UNI M1, (1990). *Norme per il disegno tecnico, vol. I "Norme generali"*. Milano, Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

ESTUDIO DE RECUPERACIÓN CROMÁTICA DE LA CAPILLA DE SAN ANTONIO DE PADUA DE LA ERMITA DE LA VIRGEN DE LA HUERTA, (ADEMUZ) VALENCIA

CHROMATIC RECOVERY STUDY OF THE CHAPEL OF SAN ANTONIO DE PADUA OF THE HERMITAGE OF THE VIRGEN DE LA HUERTA, (ADEMUZ) VALENCIA

María de los Ángeles Dorantes Lámbarri^a, Ana Torres Barchino^b, Irene de la Torre Fornés^c,

Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

^amadolam@bbaa.upv.es, ^batorresb@ega.upv.es, ^cirdela@ega.upv.es

How to cite: Dorantes Lámbarri, M. A.; Torres Barchino, A.; de la Torre Fornés, I. (2024). *Chromatic recovery study of the chapel of San Antonio de Padua of the hermitage of the Virgen de la Huerta, (Ademuz) Valencia*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 132-140. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La ermita de la Virgen de la Huerta de Ademuz constituye un destacado ejemplar del patrimonio arquitectónico y religioso de la Comunidad Valenciana. Se trata de un edificio de estilo románico del siglo XIV y es uno de los más antiguos que se conservan en dicha Comunidad. De entre las fases constructivas del inmueble destaca la construcción de una capilla lateral en el siglo XVIII dedicada a San Antonio de Padua, que fue tapiada en el siglo XX para ser utilizada como almacén del centro educativo anexo.

Recientemente, la capilla ha sido objeto de un proyecto de intervención para la restauración de su cubierta y cerramientos, quedando pendiente la restauración en materia histórico-artística de los revestimientos pictóricos que la caracterizan.

El objetivo del presente trabajo es definir la propuesta de intervención cromática para la recuperación iconográfica de la capilla. Para ello, se emplea una metodología basada en una fase previa de búsqueda y análisis de documentación histórica del edificio; una segunda fase que incluye un estudio gráfico y cromático de los murales de la capilla realizada con instrumental específico y un posterior estudio de análisis fisicoquímico de las muestras obtenidas. Los datos cromáticos obtenidos son una aportación inédita de conocimiento sobre la capilla, y justifican de manera rigurosa la propuesta de recuperación intervención planteada, que permitirá apreciar la riqueza artística este bien inmueble.

Palabras clave: Color, Ademuz, pintura mural, capilla de San Antonio.

Abstract

The hermitage of the Virgen de la Huerta de Ademuz is an outstanding example of the architectural and religious heritage of the Valencian Community. It is a romanesque-style building from the 14th century and is one of the oldest preserved in the Community. Among the construction phases of the property, the construction of a side chapel in the 18th century dedicated to San Antonio de Padua stands out, which was walled up in the 20th century to be used as a warehouse for the attached educational center.

Recently, the chapel has been the subject of an intervention project for the restoration of its roof and enclosures, pending the restoration in historical-artistic matters of the pictorial coverings that characterize it.

The objective of this work is to define the chromatic intervention proposal for the iconographic recovery of the chapel. For this, a methodology based on a previous phase of search and analysis of historical documentation of the building is used; a second phase that includes a graphic and chromatic study of the chapel murals carried out with specific instruments and a subsequent study of physicochemical analysis of the samples obtained. The chromatic data obtained are an unprecedented contribution of knowledge about the chapel, and rigorously justify the proposed recovery intervention, which will allow us to appreciate the artistic wealth of this immovable property.

Keywords: Colour, Ademuz, mural painting, San Antonio's chapel.

1. Introducción

La ermita de la Virgen de la Huerta es uno de los edificios religiosos más antiguos de la Comunidad Valenciana. Este recinto se localiza en la comarca de El Rincón de Ademuz, un enclave que pertenece a dicha comunidad, situado a la entrada del municipio de Ademuz sobre la carretera nacional N-330.

La ermita está orientada hacia el este, como era tradicionalmente, mirando hacia el río Turia, situación que en sus orígenes la hacía estar rodeada de vegetación y huertas, gozando de maravillosos paisajes (Fig. 1). Este recinto fue la primera iglesia extramuros de la región, esto hizo que estuviera cerca de la población y que se ganara el aprecio de la gente, convirtiéndose en un símbolo de identidad.

La ermita, catalogada como un bien de relevancia local (BRL), está considerada como una construcción de estilo románico, sin embargo, durante su historia ha sufrido diversas modificaciones y ampliaciones (Fig. 2).



Fig. 1. Vista de la ermita de la Virgen de la Huerta, año 1950. Cortesía de Fotografía Mañas.



Fig. 2. La ermita de la Virgen de la Huerta, año 2022. Elaboración propia.

Su construcción data del siglo XIV, destaca por ser de las primeras iglesias construidas después de la reconquista del Reino de Valencia por el rey Jaime I. Su configuración arquitectónica es de planta basilical, con una nave central y dos naves laterales separadas de forma longitudinal por tres arcos apuntados, característica estructural de este recinto.

En el siglo XV, se construyó la espadaña que se alza en la fachada de la ermita, rematada con dos huecos. Posteriormente en el siglo XVI, se construyó el pórtico avanzado con cubierta entrevigada a tres aguas y se edificaron dos capillas laterales, una de cada lado del presbiterio. Este último se amplió en el siglo XVII, que también es llamado la capilla Mayor por diversas fuentes.

Para el siglo XVIII, la ermita, se había convertido en una joya arquitectónica y artística, en ese momento destacaban esgrafiados en color blanco con fondo rosa y albergaba obras renacentistas como el cuadro de la Virgen de la Leche del pintor valenciano Bartomeu Baró.

En sus inicios estaba decorada por murales góticos, testigo de ello es la imagen de la Magdalena que hoy en día se puede apreciar bajo el intradós de uno de los arcos apuntados (Fig. 3). Durante el siglo XVIII, también se realiza la ampliación de la capilla lateral dedicada a San Antonio de Padua, objeto de este estudio.

En el siglo XIX se realizaron pinturas decimonónicas con temática mariana. Esta obra pictórica cubrió los esgrafiados de los cuales quedan algunos testigos en el presbiterio.



Fig. 3. Vista interior de la ermita de la Virgen de la Huerta, puede apreciar la Magdalena, los murales del siglo XIX y al fondo la capilla Mayor (presbiterio). Elaboración propia.

La evolución y transformación de la ermita ha sido continua, durante el siglo XX, fue adosado un centro educativo, modificación que ha afectado a la ermita en su estructura y su configuración arquitectónica, como se puede apreciar en la figura 2.

1.1. Capilla de San Antonio de Padua

El siglo XVIII fue una época de prosperidad económica para el municipio de Ademuz, muestra de ello es la ampliación de la capilla lateral de San Antonio de Padua (Fig. 4). El historiador Raúl Eslava, describe las obras de esta capilla como: "ambiciosas, pues el nuevo espacio igualaba en dimensiones a la capilla Mayor" (2007, p. 143).

Se trata de un espacio de planta longitudinal con cúpula centralizada sobre pechinas. En los lunetos laterales se abren vanos que dejan entrar la luz, haciendo de la iluminación un elemento que contrasta con el ambiente sombrío del resto de la ermita debido a la falta de vanos. Las columnas que articulan los muros laterales son de orden toscano.

La cúpula está decorada en estilo barroco, es una composición pictórica con motivos vegetales en colores almagra y azules que rematan en la parte superior con un anillo en color dorado (Fig. 5).

En los paramentos laterales dos paneles rectangulares conforman la composición pictórica en la parte superior, en cuyo centro se pueden observar detalles vegetales. La zona de los zócalos se observan los restos de una decoración a base de cenefas de colores rojo, rosa pálido, azul y gris con motivos vegetales en algunas zonas.

Se cree que estos murales son de la misma época que los del resto de la ermita, explica el historiador Raúl Eslava, de estilo neo – pompeyano, inspirados en los hallazgos arqueológicos de las ciudades de Pompeya y Herculano en el siglo XVIII.

En el siglo XX, con el centro educativo adosado, la capilla fue tapiada y utilizada como almacén, abriendo una puerta de comunicación entre ambos espacios. Con esta modificación se privó a la ermita del uso de la capilla.



Fig. 4. Vista interior de la capilla de San Antonio de Padua. Elaboración propia.



Fig. 5. Cúpula de la capilla de San Antonio de Padua. Elaboración propia.

Por lo anterior, de toda la obra pictórica que reviste la capilla, el estudio cromático se ha centrado en murales de los paramentos laterales, específicamente los zócalos, al ser la parte más afectada.

Esta investigación se ha desarrollado en el marco de los trabajos de conservación y restauración, que recientemente se han llevado a cabo en la Capilla de San Antonio de Padua, con el objetivo de tener un estudio de recuperación cromática los murales del siglo XIX, características que puedan servir para una futura reintegración de esta obra pictórica.

2. Metodología

2.1 Enfoque del trabajo

Habiendo estudiado la información histórica del edificio, se realizaron entrevistas a historiadores y a restauradores. Se realizó una primera visita al recinto en conjunto con los arquitectos al frente del proyecto. Esta visita permitió conocer la ermita y el estado en el que se encontraba. Se observó la capilla ya integrada a la ermita, así como algunos trabajos de reparación que los restauradores habían realizado, aun así, se podía apreciar el grado de deterioro que presentaba este espacio.

En los muros laterales se observaron actuaciones impropias como el vano que se abrió para comunicar el centro educativo. En los murales se pudo apreciar la grave afectación provocada por la aparición de eflorescencias, sales y hongos debido a la presencia de humedades en los muros, llegando a la disgregación del material pétreo.

Por lo anterior, en los paramentos laterales apenas se podían apreciar los murales neopompeyanos, descritos anteriormente. Se identificó parte de la composición pictórica formada por "franjas de color" a lo largo del paramento y algunos detalles vegetales.

Se designó un número a cada paramento, es decir, "muro 1" y "muro 2" para poder diferenciarlos y se tomó como criterio el diseño de la composición pictórica de los zócalos, dividiéndolos en 14 "franjas de color". La numeración de estas franjas inicia en la parte superior, siendo ésta la número 1 hasta llegar al número 14.

2.2 Toma de Datos.

Para el análisis y toma de datos, se realizaron diversas visitas a la ermita de la Virgen de la Huerta. Se realizó un levantamiento arquitectónico de la edificación, en colaboración con los arquitectos al frente de la obra, que se dibujó en autocad (Figs. 6 y 7).

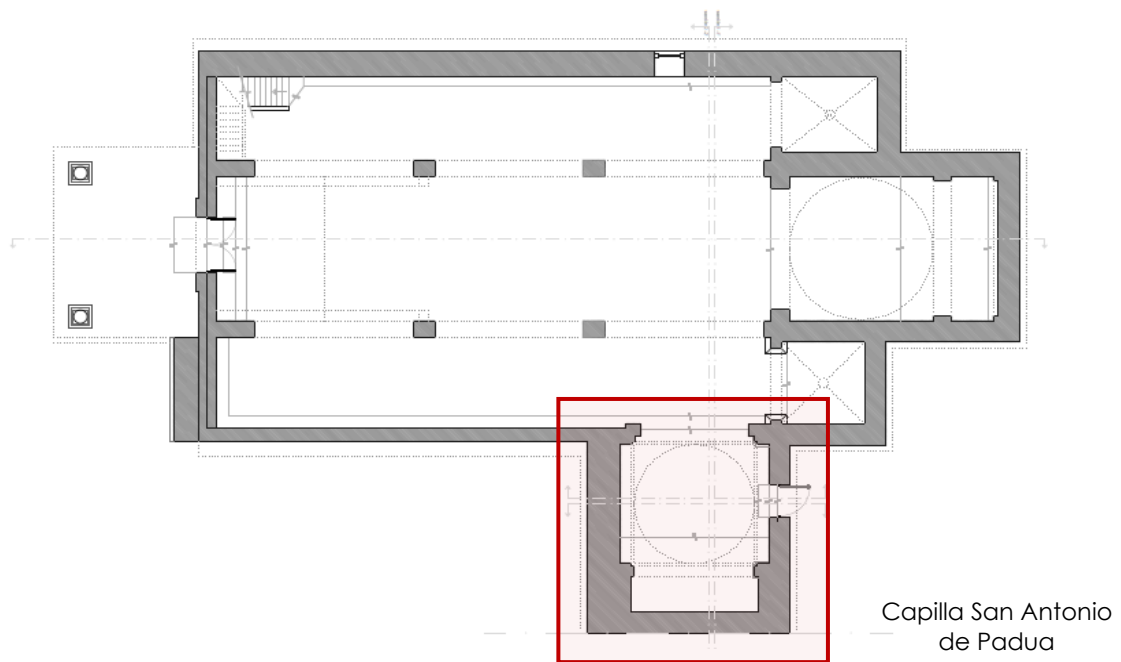


Fig. 6. Planta arquitectónica de la ermita de la Virgen de la Huerta. Elaboración propia.

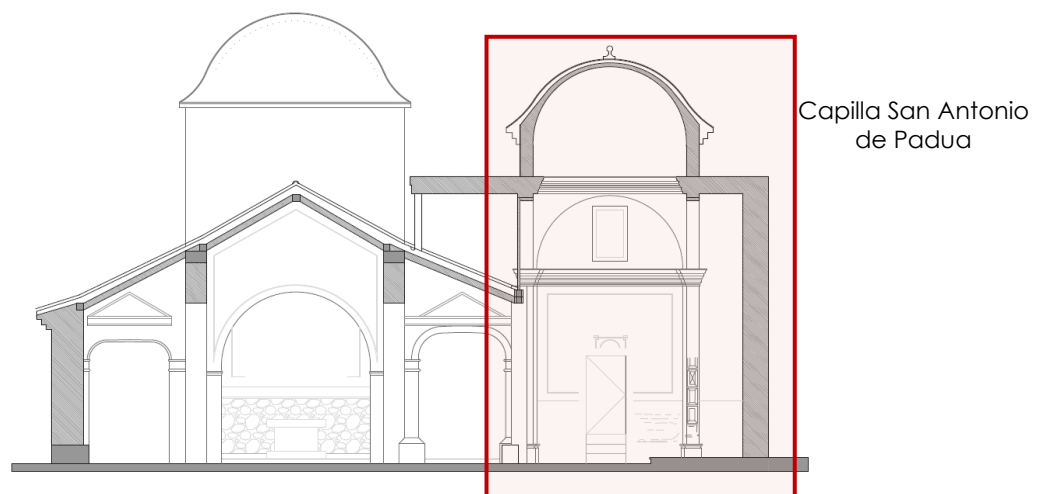


Fig. 7. Sección transversal de la ermita de la Virgen de la Huerta. Elaboración propia.

Se dibujaron bocetos a mano alzada, se hizo un levantamiento gráfico de los murales, objeto de este estudio, señalando la altura y anchura de cada una de las franjas de color que componen el zócalo y de las representaciones pictóricas de la parte superior. Así como un levantamiento de las patologías identificadas.

Se realizó un registro fotográfico general de la capilla y otro de los muros laterales que muestran la obra pictórica y los detalles de los motivos murales, así como de las patologías observadas.

Previo a la toma de la medición cromática, se realizó una limpieza de la superficie y con la asesoría de los restauradores se extrajo una muestra del estrato en una zona que no se hiciera daño al patrimonio. Esta muestra sería analizada posteriormente.

A continuación, se seleccionaron las zonas de los paramentos mejor conservadas para tomar la medición de color, siendo la mayoría del muro "2" (Fig. 8). Este procedimiento se realizó con un colorímetro de contacto modelo RM200QC de X-Rite, cuya notación corresponde al sistema NCS (Natural Color System). Posterior a la medición se hizo una comparación de los valores con las cartas de color del sistema Munsell.

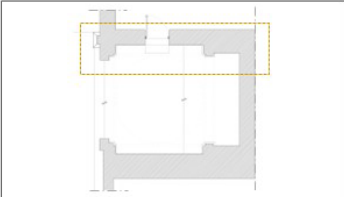

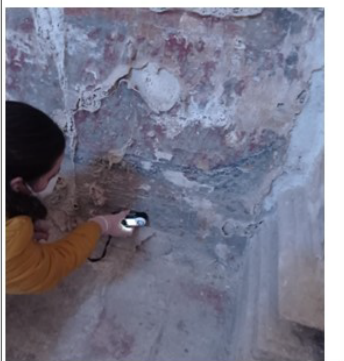


Fig. 8. Selección de las zonas de medición en el muro 2. Elaboración propia.

2.3 Elaboración de fichas

Los valores cromáticos y morfológicos de las 14 "franjas de color" de los murales, se presentan en formato de fichas. El contenido de cada una de las fichas hace referencia al número de muro -1 o 2-, al número de la franja de color -1 a 14- y a la ubicación del punto donde se tomó la medición cromática. Se indican los valores de color en sistema NCS y Munsell, así como el color descriptivo. Incluye también una fotografía de la zona y se hacen algunas observaciones sobre el estado de esa franja y la medición (Fig. 9).

En algunas franjas el colorímetro registró 2 valores, como en las "franjas" no. 4 y 7. En otras "franjas", como las no. 8 y 10, no se obtuvieron valores debido al grado de deterioro o por ser una franja muy delgada. Con lo cual se han elaborado un total de 18 fichas.

Muro 2
Franja 14b

Munsell	NCS	Café claro
10 YR 5/2	S 5010 Y30R	
10 YR	30Y	Tono
Familia Tonal	(30%red + 70%Y)	
5	50	~Luminosidad
5 de Valor	50% de Negrura	
2	10	~Saturación
2 de Croma	10% de Cromaticidad	

Franja: 14b
Esta franja de color es la última, esta dividida en tres valores, a pesar de su deterioro el colorímetro arrojó tres valores de cromáticos.

Altura: 0,527 m

Anchura: 0,527 cm (distancia aproximada).

Color: Café claro
El valor mostraba un café claro.

Estado de conservación: Esta franja esta muy deteriorada, se observaron sales y el disgregamiento de material del muro en varias zonas del zócalo.

Fig. 9. Ejemplo del formato de las fichas. Elaboración propia.

3. Resultados

Se ha integrado un catálogo de 18 fichas que son el resultado de los valores obtenidos de la medición cromática de los murales de la capilla.

Después de realizar la medición cromática se ha identificado que los colores cafés y ocre son los que predominan seguido de los tonos rosas. Estos colores resultado de la notación en sistema NCS y Munsell distan mucho de lo que a simple vista se había observado, que eran colores rosa, gris y rojo en mayor porcentaje de la composición pictórica. Lo anterior nos confirma que es importante tener un registro con valores matemáticos de los colores que componen una obra pictórica, no dejando este tipo de documento a una interpretación visual, que dependen del contexto dónde se encuentra la obra.

A reserva de la información que se obtenga de las analíticas de las muestras tomadas, se cree que el color ocre puede ser alguna especie de imprimación con la que se preparó el soporte previo a recibir la pintura, o bien, la pintura original que se ha visto afectada por el deterioro y presencia de sales y hongos debido a las humedades.

Es importante señalar la dificultad presentada para la toma de mediciones debido al estado de deterioro de los muros y la urgencia por lo mismo para ser incluido en un programa de restauración.

3.1 Propuesta de intervención

La presente propuesta plantea las actuaciones que se podrían llevar a cabo derivadas del estudio presentado. Considerando los criterios de intervención y actuaciones previas que se deben realizar en todo trabajo de conservación y restauración histórico – artístico.

En este caso particular que se trata de una pintura mural, presenta un doble reto al tener presente la reparación o saneamiento del soporte, en este caso el muro, y posteriormente la consolidación de las capas pictóricas, y por último la pintura mural.

Actualmente, los restauradores han realizado el saneamiento de los morteros de cal, en el muro 2 se ha podido salvar una parte de la obra pictórica dejando una ventana histórica (Fig. 10), con lo cual se propone realizar una reintegración cromática en el zócalo de este muro, con la técnica del "tratteggio", que consistirá en un retoque pictórico a base de líneas finas entrecruzadas que a cierta distancia se integren ópticamente y de cerca sea una reintegración reconocible.

En el muro 1 (Fig. 11), no ha sido posible dejar alguna ventana histórica debido a la cantidad de eflorescencias, sales y hongos, debido a las graves humedades del muro. Por lo que se propone cubrir con algún color neutro que cree armonía el espacio.



Fig. 10. Saneamiento de muro 2, dejando una ventana histórica. Elaboración propia.



Fig. 11. Saneamiento de muro 1. Elaboración propia.

La propuesta de intervención descrita hace referencia a los zócalos de los muros que es el objeto central de este estudio, sin embargo, la parte superior también se deberá considerar y así tratar al muro en toda su altura. De igual manera se considera que el resto de la obra pictórica de la capilla también debería ser contemplada en un programa de conservación y restauración histórico – artístico.

4. Conclusiones

Con el presente estudio se confirma la importancia de la conservación del patrimonio histórico – artístico sobre para el conocimiento de la historia y de la identidad, en este caso particular la evolución no solo de la capilla, también de la ermita de la Virgen de la Huerta como símbolo de la identidad de Ademuz.

No basta con considerarlos en un programa cuando ya se tiene que "rescatar" o reintegrar el patrimonio, también considerar la prevención del deterioro por actuaciones impropias o el paso mismo del tiempo.

Particularmente cuando se trata de la pintura mural, representa un doble desafío al pensar en proteger la arquitectura como un soporte que resguarda la obra artística que en conjunto constituyen una forma de expresión, capaces de hablar de una época a través de los materiales y técnicas utilizados.

5. Referencias bibliográficas

- [1] Calderón Roca, B. (2012). [Reseña de libro] Ucoarte. Revista de Teoría e Historia del Arte, pp.103 <https://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/ucoarte/article/view/9652/9123>
- [2] Eslava Blasco, R. (2007). *Ademuz y su patrimonio histórico – artístico*. Ayuntamiento de Ademuz.
- [3] Eslava Blasco, R. (2010). *Esos que fueron de esplendor y gloria*. Revista Ababol, p. 22 – 32 Valencia.
- [4] Ferrer Morales, A. (1996). *La Pintura mural, su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Universidad de Sevilla
- [5] Gomez, M. (2008). *La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.)
- [6] Torres Barchino, A., Serra Lluch, J. y Delcampo Cardo, A. (s/f). *Cómo describir un color en notación Munsell y NCS (Natural Color System)* Universidad Politécnica de Valencia.

LÁGRIMAS DE ARQUITECTURA. MICROGRAFÍAS DEL ESPACIO INTANGIBLE

TEARS OF ARCHITECTURE. MICROGRAPHS OF INTANGIBLE SPACE

María I. Fernández Naranjo^a, Tomás García García^b

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, Sevilla, Spain

^a mfernandez15@us.es, ^b tgarcia@us.es

How to cite: Fernández Naranjo, M. I.; García García, T. (2024). *Tears of architecture. Micrographs of intangible space*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 141-152. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Inmersos en la constante búsqueda y reflexión sobre la forma de entender y conceptualizar el espacio arquitectónico, se propone enfocar la atención en aquellos espacios vacíos insertos en el espesor del vidrio que se presentan en forma de lágrimas de arquitecturas. Coágulos de aire ocluidos en ventanas y puertas que, mediante micrografías, muestran espacios enigmáticos que bien podrían ser plantas o representaciones de proyectos de edificación, o bien un nuevo registro de los mismos.

La aportación al congreso será entender las micrografías como un nuevo medio, una nueva alternativa de expresión gráfica a través de la cual acceder a una realidad completa de la obra como aportación inédita a todo aquello que se ve y se mide de forma analítica y pragmática.

Con el uso de herramientas específicas, se construye un nuevo mecanismo de visión proyectual: catálogos de micrografías de lágrimas pertenecientes a obras de reconocido carácter arquitectónico. Estas micrografías son una especie de escáner o de holograma que nos proporciona una realidad anteriormente imperceptible.

La metodología contempla casos de estudios de índole tanto artística como arquitectónica, centrándose en el fumadero de Casa Vicens, donde el espacio intangible se convierte en el objeto de análisis principal de la obra representada.

La forma de abordar estas micrografías permite adentrarse en ciertas lágrimas de arquitectura atravesando límites y vacíos como si fuéramos Alicia en aquel País de las Maravillas: sumergidos en especies de agujeros que nos transportan a mundos desconocidos y que nos ofrecen una nueva información sobre la arquitectura en la que se encuentran insertas.

Palabras clave: Micrografía, Lágrima de arquitectura, Espacio intangible, Visión proyectual.

Abstract

Immersed in the constant search and reflection on the way of understanding and conceptualizing architectural space, we propose focusing our attention on those empty spaces inserted in the thickness of the glass that appear in the form of architectural drops. Clots of air occluded in windows and doors that, through micrographs, show enigmatic spaces that could well be plans or representations of building projects, or a new record of them.

Objectives. The contribution to the congress will be to understand micrographs as a new medium, a new alternative of graphic expression through which to access a complete reality of the work as an unprecedented contribution to everything that is seen and measured in an analytical and pragmatic way.

Methodology. With the use of specific tools, a new mechanism of projective vision is constructed: catalogues of micrographs of drops belonging to works of recognized architectural character. These micrographs are a kind of scanner or hologram that provide us with a previously imperceptible reality.

Results. The methodology contemplates case studies of both artistic and architectural nature, focusing on the Casa Vicens smokehouse, where the intangible space becomes the main object of analysis of the work represented.

Originality. The way of approaching these micrographs allows us to enter into certain architectural drops, crossing boundaries and voids as if we were Alice in Wonderland: immersed in a kind of hole that transports us to unknown worlds and offers us new information about the architecture in which they are inserted.

Keywords: Micrography, Architectural drops, Intangible space, Project vision.

1. Introducción. Lágrima de Rupert: Claude-Nicolas le Cat (1700-1768)

Enmarcados en la Europa del siglo XVII, una época donde el mayor esfuerzo iba dirigido al intento por comprender y dominar el comportamiento de todo organismo vivo, se desenfundan los principios de la ciencia moderna y, como base e impulso, se descubren una serie de artilugios de avance científico-tecnológico que resultan la llave de muchos experimentos del momento; entre ellos surgen el telescopio y el microscopio, como resultado de expresar la necesidad de una huida, un salto del mundo cotidiano a otras escalas lejos del alcance de la mirada humana.

En este contexto de revolución científica se desvela el descubrimiento probablemente azaroso de un objeto que, sin llegar a atisbar con rigor dónde ni por quién sucede por primera vez, de repente despierta la curiosidad de científicos y filósofos: la *Lacrymæ Batavicæ*. Se trata de una transformación del vidrio sólido que, en su paso a viscoso, se deja caer fundido en un volumen de agua fría, quedando solidificada una especie de gota de vidrio en forma de lágrima que abarca al mismo tiempo toda la fuerza y la fragilidad que el objeto transparente es capaz de sostener. El cambio tan brusco de temperatura afecta a sus capas más superficiales, y esto le otorga unas propiedades moleculares paradójicas [1]: la cabeza de esta lágrima es muy resistente, incapaz de quebrar a ningún golpe posible. Sin embargo, su cola, tan fina como un hilo que termina por desvanecerse, responde de forma instantánea al mínimo roce o presión de los dedos, quebrándose así el objeto en mil pedazos, reducido a polvo. Las propiedades físicas tan llamativas de estas gotas, más conocidas como Lágrima del Príncipe Rupert [2], les dotaban de cierto enigma; el juego de internas tensiones y compresiones les otorgó un halo de misterio que ha llamado la atención de cualquier mirada inquieta en estos últimos siglos. Pero nunca trataron de ser lágrimas puras; estas solían contener espacios internos de aire, de alguna sustancia sutil, o de vacío.

Hubo un científico que formó parte del tejido de la investigación de su época y, aunque su reconocimiento haya danzado entre bambalinas, su repercusión en el mundo de la cirugía es irrevocable. Claude Nicolas le Cat, dado su linaje médico y su fugaz experiencia eclesiástica, forjó un carácter de observación clínica que le llevó al descubrimiento del cistotomo de Gorgeret, un instrumento empleado en la litotomía, y a varios avances en patologías corporales [3]. Su obsesión por los cinco sentidos del cuerpo humano y las habilidades que tenía con los objetos quirúrgicos le hacían poder imaginar, diseccionar, hablar y graficar sobre todo tipo de cuestiones y ámbitos, tantos científicos como artísticos.

En 1749, Nicolas le Cat publica un artículo en la Royal Society de Londres en el que, basándose en los datos e investigaciones hasta entonces obtenidos (Fig. 1), recrea una vez más el experimento de la lágrima tratando de encontrar la causa del estallido. Sin embargo, añade una nueva aportación: dependiendo del momento del estudio, el punto de referencia pasa de estar centrado en el exterior del objeto a estar en el espacio contenido en su interior, haciéndolo partícipe de sus cambios y modificaciones: “Algunos supusieron que este aire estaba encerrado en la gota por la capa que el agua fría forma en su superficie cuando aún está candente; (...), otros, que la gota no contenía aire en absoluto, ni otra cosa que no fueran partículas de fuego; o, en una palabra, un vacío de aire, y que el estallido se ocasiona por la impetuosa entrada de aire en esta especie de vacío” [4]. Por primera vez aparece recogido por escrito este lugar, un espacio inaccesible contenido en el interior de la lágrima, con posibilidad de ser detonante de la ruptura. Ya fuera de aire a presión o de vacío, este espacio quería ser examinado y comprendido.

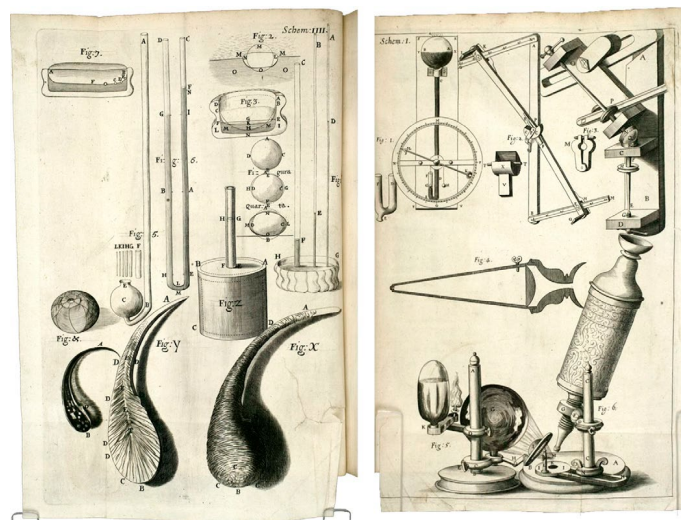


Fig. 1. Micrografía original de la Lacrimae Baticae realizada por Robert Hooker y publicada en su libro *Micrographia*, 1665. The Linda Hall Library of Science, Engineering & Technology.



Fig. 2. Lágrimas de Rupert creadas en 1999 con espacio vacío interior intacto. Su condición de intangibilidad convierte a un aire del siglo pasado en un espacio atemporal, siendo idéntico a su momento de creación. Micrografía y fotografías de elaboración propia, 2022.

No es extraño imaginar a le Cat mermar su cuerpo físicamente, cambiar su propia escala y romper las pieles cristalinas de esa pequeña lágrima de vidrio (Fig. 2). Un proceso similar a la ideación de un proyecto arquitectónico a través de maquetas y modelos que nos dan una referencia de escala para poder introducirnos e imaginarnos habitando en ese espacio, en este caso suspendido y sin condición de tiempo encerrado en su interior: “El aire fue parcialmente desterrado del interior de esta masa; no hay aire alguno en la materia líquida rojiza de un horno de vidrio” [4]. Acostumbrado a punzar membranas de microorganismos y células, atravesando capas, límites y filtros con el rigor propio de un científico, Nicolas le Cat concluye que este lugar no contiene aire y que, además, es un espacio de morfología suave y ecuánime, desprovisto de tensiones. El ímpetu mostrado en llegar a lo infinitesimal le permitió descubrir algo de un gran potencial: espacios de una nueva naturaleza, tan visibles como camuflados, y con condición de intangibilidad. Unos espacios que merecen la pena ser de aplicación y búsqueda en los proyectos arquitectónicos contemporáneos.

2. Objetivos. Micrografías como medio de conocimiento del espacio

La base y fundamento de la investigación de Nicolas le Cat estaba centrada tanto en su propia experimentación como en el estado del arte que en ese momento existía [5]: grafías realizadas a mano por Robert Hooke y recopiladas en un libro que contemplaba múltiples especímenes diseccionados y observados de forma reiterativa, detallada y milimétrica al microscopio desde diferentes ángulos, variando las condiciones de aproximación y luz. De otra forma, no hubiera sido posible [6].

A lo largo de varios años y dada la fijación en aquella masa ígnea con un vacío de carácter desconocido en su interior, comencé a identificar una serie de espacios que desvelaron algo auténtico y desconcertante: el descubrimiento de *lágrimas de arquitectura*. Enmarcadas en los vidrios de unas carpinterías de lugares y contextos diferentes, pero que comparten algo en común: ser frontera entre un aire interior y el aire exterior que nos rodea, como si de una línea de transmisión (de datos, de información, de contenido) se tratara. Sumergidas en un mundo abstracto por su microescala; burbujas inaccesibles, contenidas, de un único material frío y transparente, pero a su vez lágrimas con espacios enigmáticos que bien podrían guardar relación con la obra arquitectónica en la que se encuentran, o bien funcionar de resorte para una nueva comprensión del espacio en el que habitan.

En este Congreso Internacional APEGA 2023, donde la expresión gráfica se convierte en la búsqueda de la esencia de realidades arquitectónicas, se propone presentar la micrografía como el medio idóneo con el que entender y acceder al interior de estas lágrimas; el vehículo de indagación y expresión que nos permite sumergirnos y aportar contenido sobre esta nueva dimensión de la obra: su espacio intangible. Así, nos encontramos enmarcados en la línea de la Idea [investigar], con sugerencias para el pensamiento creativo fundamentado en una base científica con datos precisos y rigurosos sobre este espacio.

3. Metodología: el mundo microscópico de Gaudí

Con motivo de esta investigación, se han realizado tres catálogos consistentes en diversas micrografías de lágrimas pertenecientes a diferentes espacios arquitectónicos que comparten misma autoría: Antonio Gaudí. Espacios como el umbral de Casa Milà, el paraninfo de Casa Batlló y la esclusa del fumadero de Casa Vicens muestran sus vidrios y son sometidos a captación fotográfica de micro- escala. Para ello, han sido necesarios instrumentos específicos tales como un objetivo telescópico con tubo de extensión de tres anillos que trabaja como microscopio, y herramientas como el medidor de vidrios y el fisurómetro, con el objeto de clasificarlas cada una por características, espesores de vidrio y temáticas específicas. Posteriormente, y en aras de poder desgranar y comprender su contenido interno, estos catálogos se han sometido a análisis mediante el programa

informático MIPAR [5]. Este funciona con algoritmos basados en la transformada de Hough, con la intención de generar nuevas pistas con las que trabajar.

La elaboración de todo este mecanismo visual persigue un único objetivo, y es la comprobación de un nuevo ADN del espacio a escala humana, un nuevo rastro instantáneo de uso que nos revele su existencia, el motivo por el cual hasta ahora había pasado desapercibido y por el que adquiere ese carácter tan insalvable que es la intangibilidad.

Cada lágrima contiene a su derecha una información específica: código, espesor, medidas y, expuesto en B/N, el resultado del análisis científico realizado. A través de MIPAR se han localizado las características de cada imagen (es decir, cada una de las burbujas existentes en el vidrio mostrado) a partir de los parámetros previamente establecidos, a saber: polaridad de los bordes (brillante u oscuro), radio mínimo y máximo perceptible, sensibilidad (contraste entre las burbujas y el fondo) y umbral de borde, esperando una información de carácter físico que nos genere conclusiones sobre su naturaleza.

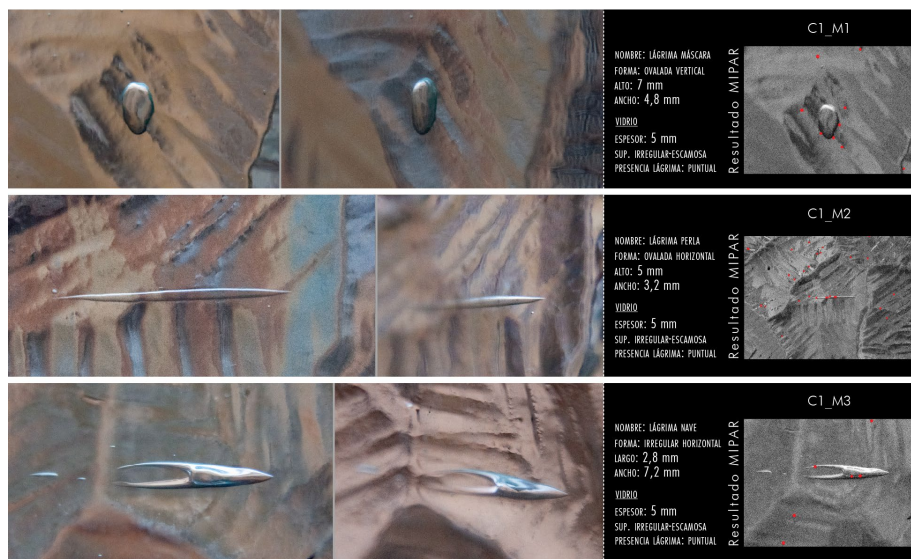


Fig. 3. Catálogo 1: Microelementos. Umbral de Casa Milà, A. Gaudí. Elaboración propia, 2022.

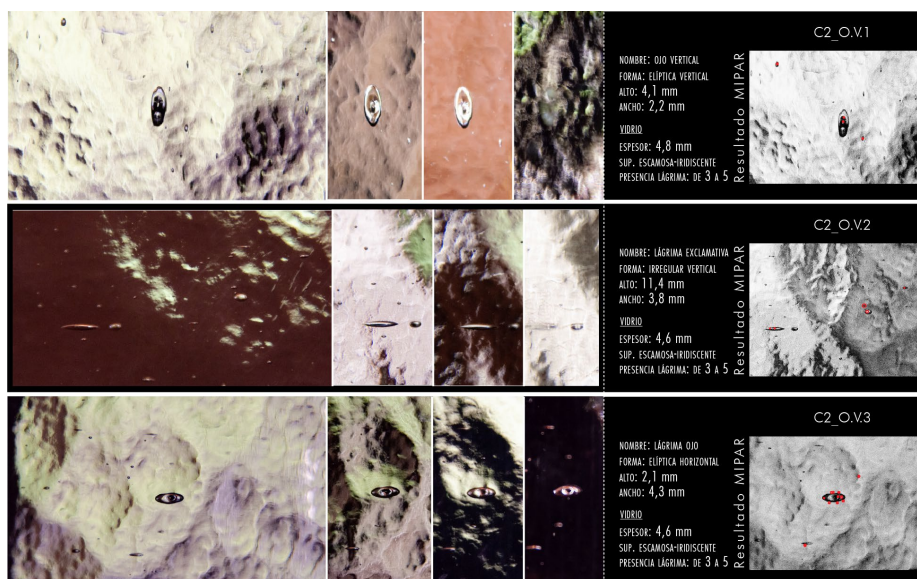


Fig. 4. Catálogo 2: Órganos Visuales. Paraninfo de Casa Batlló, A. Gaudí. Elaboración propia, 2022.

En el primer catálogo, denominado microelementos (Fig. 3), los espacios manifestados se muestran como objetos reconocibles, dinámicos y flotantes, tales como lanzas, naves y burbujas con sensación de querer transportar mensajes de un lugar a otro; en ocasiones parecen salirse del propio espesor del vidrio y fundirse con el espacio exterior, con intención de traspasar la corteza del mundo material. La piel envoltorio del espacio parece fija y constante por la imagen, pero no lo es, esta cambia según la perspectiva en la que se examina. Estableciendo unos parámetros fijos (polaridad brillante, sensibilidad 0.93 y umbral de borde 0.2) el programa informático reconoce de forma global las burbujas en el vidrio con tamaños de 0,1 a 3 mm correspondientes a la definición científica de disolución de gases. Sin embargo, a pesar de aumentar el radio máximo, los espacios principales no son detectados. Hay algo en estos elementos que impide al algoritmo poder identificarlos.

El segundo catálogo (Fig. 4) nos muestra ojos insertos, cámaras de vigilancia a microescala con carácter de ubicuidad para el control y la observación de aquellos lugares donde se encontraban. De los tres, es el caso de vidrios más iridiscentes, el punto de visión puede hacer que la lágrima directamente desaparezca; para percibirla completa hace falta cierto estrabismo que permita una visión multifocal.

Bajo idénticos parámetros de partida, surge de nuevo el mismo patrón: se reconocen burbujas estándares, malformaciones del vidrio de tamaños similares. El algoritmo percibe algún elemento de otra naturaleza, pero no termina de atestiguar qué es. Señala dentro o cerca de la lágrima, pero no la lágrima en sí; esta se escapa de su entendimiento.

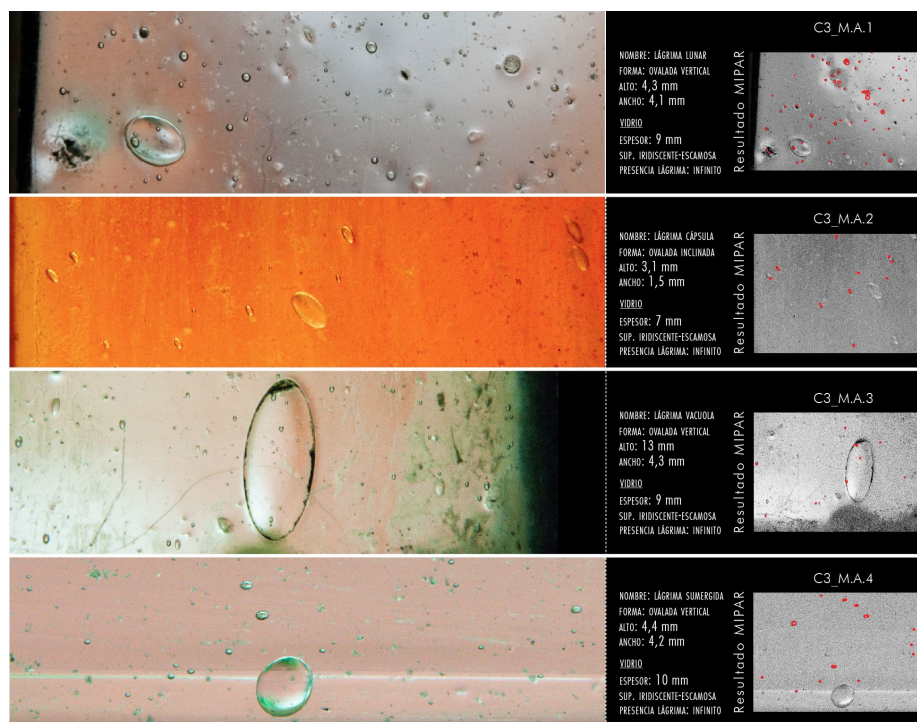


Fig. 5. Catálogo 3: Microflora arquitectónica. Esclusa del fumadero de Casa Vicens, A. Gaudí. Elaboración propia, 2022.

Células hialinas, corpúsculos, vacuolas, mitocondrias y membranas de burbujas desenvueltas en un ambiente viscoso son las geometrías protagonistas del tercer catálogo realizado para la investigación (Fig. 5). Algunas parecen estar suspendidas en cualquier coordenada de un líquido; a veces parecen desenvolverse en plasma, otras se encuentran en aparente movimiento. Tienen marcada su posición con la línea horizonte y parecen sumergirse, o se presentan en un medio lunar. Transmiten un lenguaje biológico que lleva la condición de no ser tocado, pero resulta fácil percibir las rugosidades y ondulaciones de su superficie.

Los parámetros insertos deberían permitir su reconocimiento. Sin embargo, de nuevo sucede: existe cierto amago de localizar algo, pero el algoritmo no sabe el qué. Por su naturaleza, estas lágrimas de arquitectura parecen estar en una realidad paralela, pasando desapercibidas casi en su totalidad. La herramienta usada podría haber proporcionado muchos datos físicos como el área, ejes mayor y menor, excentricidad, distancias, etc. Sin embargo, nos ha desvelado la mayor pista de todas: estos espacios no pertenecen al vidrio. Casualmente se han encontrado ahí; continuar su búsqueda ofrece la posibilidad de nuevos desvelos. Estos catálogos de micrografías suponen un nuevo mecanismo cuyo único objetivo es la aproximación al proyecto arquitectónico desde el aire encerrado que contiene, y son capaces de transmitirnos algo claro: los espacios intangibles pertenecen a otra naturaleza.

4. Resultados. Cambios de escala: Fumadero de Casa Vicens, A. Gaudí (1883-1885)

Reconocer en las plantas y dibujos de estas arquitecturas las mismas burbujas de aire ocluido que en los vidrios explorados en sus ventanas ha resultado un hecho tanto interesante como estimulante. En este congreso nos centraremos en describir esta traslación mental en un lugar concreto: la esclusa del fumadero de Casa Vicens, entrada y salida directa de interior a exterior, donde desde el mundo microscópico recuperamos la escala natural con ciertos contenidos que permiten una nueva lectura del proyecto.

En esta esclusa tan concentrada se encuentra una puerta de madera de 70 cm de ancho con dos hojas que delimitan el umbral; formada por 80 piezas de vidrios seriales, 64 de proporción rectangular y medidas 3,5 x 12,5 cm, y 16 con formato cuadrado de 3,5 x 3,5 cm (Fig. 6). Cada una de estas piezas, tintadas con colores vivos y brillantes, contienen lágrimas del catálogo 3: microflora arquitectónica; vacuolas internas dispuestas en posiciones azarasas y tendentes a infinito, tomando una presencia inesperada. Descubrir que estos espacios no pertenecen al vidrio fue lo que sugirió la posibilidad del cambio de escala.



Fig. 6. Izq.: maquetas impresas de esclusa del fumadero, Casa Vicens. Elaboración propia, 2022. Derecha: espacio interior del fumadero con esclusa central. Créditos fotográficos: Pol Viladoms.

En un intento por contextualizar su posición en la vivienda, en los planos originales del proyecto de 1883 (Fig. 7) se observa una parcela cuadrada en la que se sitúa la edificación en la medianera derecha y separada de la calle pública, disponiendo de un amplio jardín de esparcimiento. Aquí el fumadero, situado en planta baja, aparece proyectado en la esquina superior izquierda de la vivienda, anexo al salón y a la cocina, y no es el único con relación interior-exterior; el proyecto contaba, además de la entrada principal de la vivienda, con otros dos puntos de carácter utilitario (lavar y tender). Sin embargo, esto cambia cuando se formaliza la construcción en 1885 (Fig. 8); suceden ciertas modificaciones como la aparición de un porche de entrada, el arranque de la escalera, la ampliación de la cocina y la supresión de las dos salidas al exterior. El fumadero continúa con su posición

original, formalizándose como una pieza casi exenta y manteniendo su relación directa con el jardín, pasando entonces a ser la única habitación que cuenta con una puerta propia, la esclusa, con salida al aire exterior.

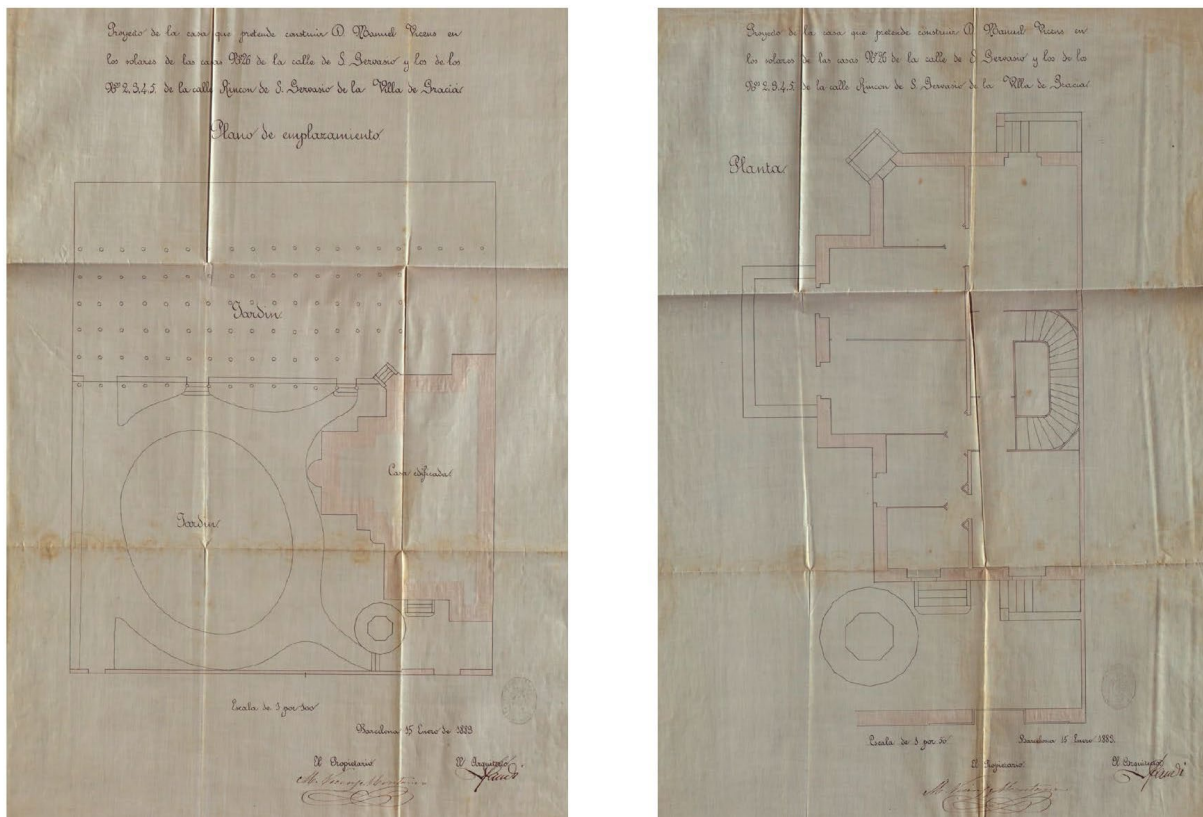


Fig. 7. Planimetría original de Casa Vicens, A. Gaudí, 1883.

Consiste de una de las estancias más peculiares de la vivienda, destinada a pequeñas reuniones o encuentros individuales con la acción permitida de fumar. Dentro de aquel habitáculo suceden todo tipo de encuentros y reuniones privadas de la familia de Manel Vicens, corredor de bolsa y comerciante [9]. Su planta es aparentemente sencilla, de forma cuadrada, de poca superficie (10 m²) y con el acceso situado en su diagonal; la complejidad se guarda en las texturas de las paredes y en la artesanía del techo, de formas mocárabes, que lo hacen distinguido y único. Lejos de dejar el factor sorpresa diluido, Gaudí proyecta un espacio que activa los sentidos: lleno de azules intensos, texturas y relieves, cierto olor remanente a tabaco y una decoración exquisita, casi exótica [10]. Un lugar que cuenta con sus propias leyes; donde todo está permitido, incluso escapar sin dar cuentas de ello.

En 1925, la familia decide ampliar la casa (Fig. 9). Fue el arquitecto Joan Baptista Serra de Martínez, con la aprobación de Gaudí, quien realiza esta acción; se producen varias modificaciones funcionales en su interior, se añade terreno edificado a su derecha, se construye una estancia en la parte superior y se crea una nueva entrada. Además, la calle pública aumenta de tamaño, por lo que la vivienda pasa a ser fachada principal y deja de ser medianera para ser exenta. Sin embargo, el fumadero permanece intacto.

Y si se continúa su rastro, se aprecia la rehabilitación y adecuación realizada en 2018 por los arquitectos Elías Torres y Martínez la Peña (Fig. 10), en la que sucede un cambio de uso de vivienda a museo, replanteando toda la accesibilidad orientada al público [11]. Se recupera el volumen original de la vivienda eliminando algunas piezas añadidas; la Casa Vicens se prepara para su nueva etapa. Pero en ella existe una burbuja de humos comprimidos que parece responder a leyes diferentes. Un habitáculo con pan de oro en el techo como

material de revestimiento, dejando entrever la importancia de los asuntos para los que la célula había sido pensada, desde negociaciones económicas hasta conversaciones con personajes ilustres de cualquier época. Un fumadero que congela el tiempo y se mantiene incólume en forma y contenido, con independencia del mundo exterior. Una estancia que irriga el resto de la planimetría. Una arquitectura íntima, concentrada y segura donde poder desvelar, entre humos, los mayores secretos (Fig.11).

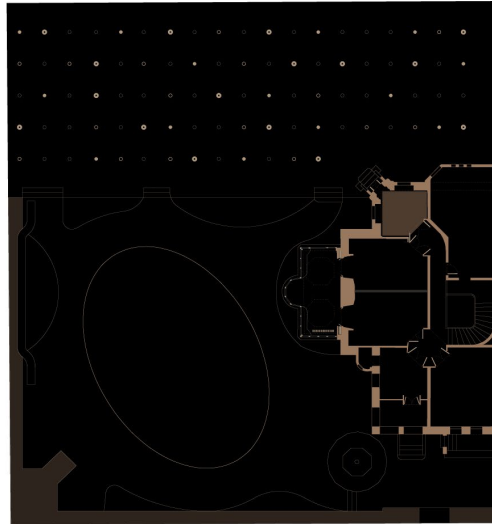


Fig. 8. Planta baja de Casa Vicens, Gaudí, 1885. Planimetría inédita de elaboración propia a partir de los archivos originales del proyecto. Sombreado sólido de posición del fumadero en la vivienda, 2023.

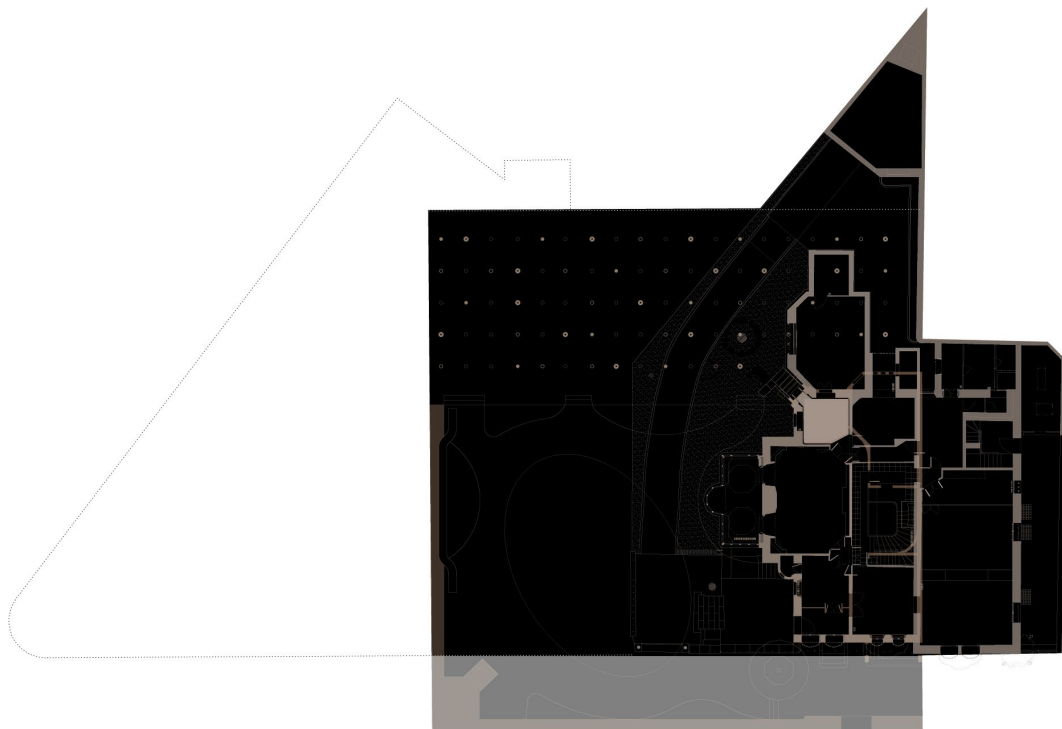


Fig. 9. Planta baja de Casa Vicens, 1925. Superposición del estado original junto a las modificaciones surgidas hasta este año. Planimetría inédita de elaboración propia a partir de los archivos originales del arquitecto Joan Baptista Serra de Martínez, 2023.

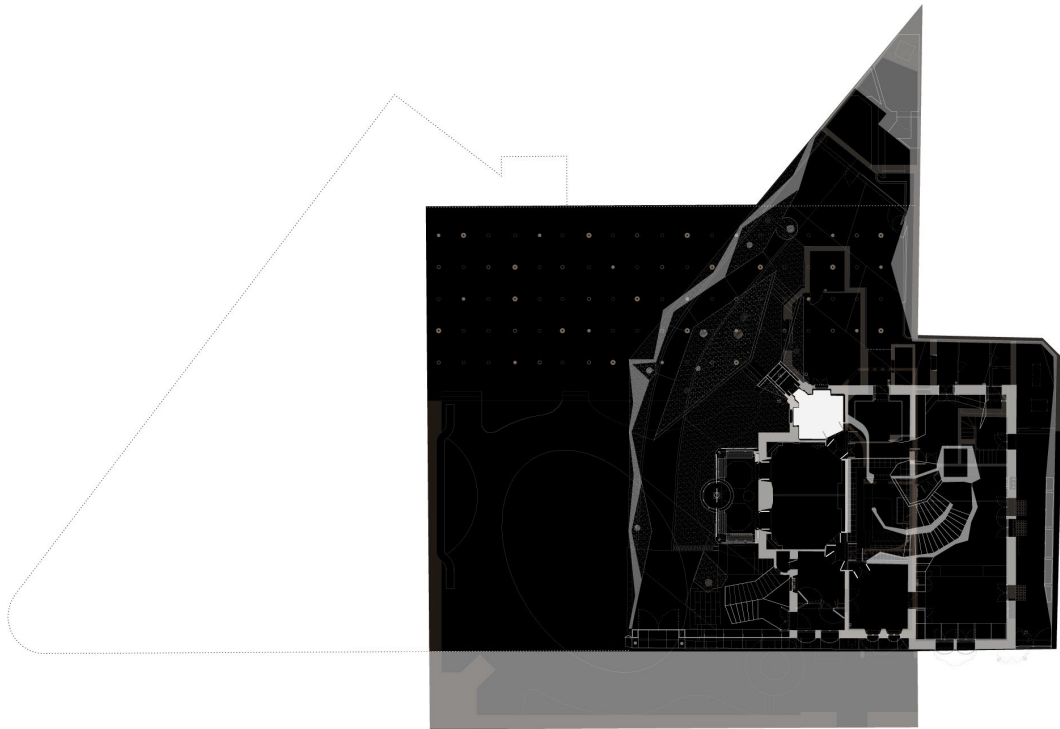


Fig. 10. Estado de rehabilitación actual de planta baja de Casa Vicens, 2022. Se trata de la superposición de una serie de cambios arquitectónicos a lo largo del tiempo donde se revela una lágrima fija y acuosa dibujada como parte esencial de todo el espacio. El nuevo mecanismo de visión proyectual nos permite entenderlo como un organismo vivo en movimiento con la identificación de un receptáculo perteneciente a un espacio de otra naturaleza: el fumadero. Planimetría inédita de elaboración propia a partir de los archivos originales de Elías Torres y Martínez la Peña, 2023.



Fig. 11. Planimetría de la esclusa del fumadero de Casa Vicens. Elaboración propia a partir de los archivos originales, 2023.

5. Conclusión. Un nuevo ADN: microfotografías para un nuevo espacio arquitectónico

Imagino a Marcell Duchamp en ese instante en el que entrega a Walter Arensberg aquella ampolla de vidrio [12]. Escasas horas antes de llegar a Nueva York, la había vaciado de líquido fisiológico para inyectarle 50 cc de un contenido que abarcaba más extensión,

magnitud y significado que nunca: Air de Paris (Fig. 12). Un recipiente de farmacia, frágil y liviano, que solo con limpiarlo y sellarlo lo convirtió en una porción de ciudad difícilmente franqueable. Tuvo que ser un momento de gran responsabilidad tras recibir aquel pequeño objeto al que custodiar, que te concede el poder sobre tantos espacios condensados [13].



Fig. 12. Air de Paris (1919-1964). Créditos fotográficos: Service de la documentation photographique du MNAM - Centre Pompidou, MNAM-CCI /Dist. RMN-GP

También me gusta imaginar a Gaudí entregando esta vivienda a Manel Vicens con la misma ampolla de aire contenido e infranqueable, proyectada con tanto enigma. Fueron necesarios un aparato de visión dimensional y un mundo de microescala para comprender que aquel lugar tan pequeño pertenecía a una especie de genealogía de lágrimas insertas en planos de elementos arquitectónicos en constante movimiento. Lágrimas que nos introducen en la búsqueda con una actitud científica y que nos devuelven una visión conmovedora de lo que puede llegar a transmitir el espacio en la arquitectura.

Dos procesos de campos y materias diferentes que llegan a experimentar resultados de espacios de las mismas condiciones. Ambos comparten un mismo componente del ADN, de su información, y es aquel que cuenta con el carácter intangible que tiene superada las experiencias hápticas y visuales de la arquitectura. Un espacio de estas características se autoproclama vencedor en su existencia por traspasar los límites de la materia, una lágrima fija y acuosa dibujada como parte esencial de toda la planimetría. Una arquitectura de presencia infinita que pone en tensión los sentidos de las personas que lo descubren.

La investigación propuesta para el congreso muestra el registro gráfico de un nuevo espacio inmaterial. Volvamos a sumergirnos, como hizo Nicolas le Cat, en estas burbujas de arquitecturas intangibles, no solo para comprender la realidad existente, sino también para abordar la arquitectura que esté por llegar.

6. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] H. Aben; J. Anton; M. Òis; K. Viswanathan; S. Chandrasekar; M. M. Chaudhri. (2016). On the extraordinary strength of Prince Rupert's drops. *Appl. Phys. Lett.* 109, 231903. <https://doi.org/10.1063/1.4971339>

- [2] Beckmann, J. A. (1992). *History of Inventions, Discoveries, and Origins*, Volumen 1. Capítulo Prince Rupert's Drops. 241-244. Cambridge: Harvard University.
- [3] K. Roberts, M. (2021). Spontaneous Human Combustion and Claude-Nicolas Le Cat's Hunt for Fame. *The Journal of Modern History*. 93 - 4. <https://doi.org/10.1086/717020>
- [4] Le Cat, N. (1750). A Memoir on the Lacrymae Batavicae, or Glass-Drops, the tempering of Steel and Effervescence, accounted for by the same Principle. 175-188. <https://www.jstor.org/stable/104623>
- [5] Hooke, R. (1665). *Micrographia; or, Some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. With observations and inquiries thereupon*. London: Royal Society.
- [6] Neri, J. (2008). *Entre observación e imagen: representaciones de insectos en la micrografía de Robert Hooke*. Washington: National Gallery of Art.
- [7] Maryland Institute for Policy Analysis and Research: Programa informático usado por la comunidad científica que trabaja sobre el reconocimiento de features o características de una microimagen, para posteriormente analizar mediante algoritmos todos los datos físicos de dichas características reconocidas.
- [8] Collins, G. R. (1983). *The designs and drawings of Antonio Gaudí*. Princeton: Princeton University Press.
- [9] Roe, J. (2012). *Antoni Gaudí*. Parkstone International.
- [10] Gaudí, A. (1852-1926). *Antonio Gaudí*. Tokyo: A + U Publishing.
- [11] Torres, E; Lapeña, M. (2017). JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ LAPEÑA & ELÍAS TORRES Architects. http://www.jamlet.net/projects/03_museum/ME06/index.html
- [12] Mink, J. (2004). *Marcel Duchamp, 1887-1968. El arte contra el arte*. Colonia (Alemania): Editorial Taschen.
- [13] Moure, G. (2009). *Marcel Duchamp: Obras, escritos, entrevistas*. Barcelona: Ediciones Polígrafa.

ANÁLISIS DE LA OBRA DE FRAY LORENZO DE SAN NICOLÁS EN TALAVERA DE LA REINA

ANALYSIS OF THE WORK OF FRAY LORENZO DE SAN NICOLÁS IN TALAVERA DE LA REINA

Josefina García-León^{ab}, Josefa Ros Torres^{ac}, Jaime Fernández Vázquez^d,
Miguel García Córdoba^{ae}

^a Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, Spain

^b josefina.leon@upct.es, ^c josefa.ros@upct.es, ^d jaimefv91@gmail.com,

^e miguel.gcordoba@upct.es

How to cite: García-León, J.; Ros Torres, J.; Fernández Vázquez, J.; García Córdoba, M. (2024). *Analysis of the work of Fray Lorenzo de San Nicolás in Talavera de la Reina*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 153-161. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Son numerosos los tratados con influencia considerable para el conocimiento de la arquitectura. Se tenían en cuenta no sólo para la puesta en práctica del proyecto y construcción de edificios, sino como base teórica para la definición arquitectónica de la época. A partir de la intervención de los arquitectos tratadistas del Renacimiento, y con la imprenta en el siglo XV, se ha buscado transmitir los principios de forma, estilo y proporción, pauta y base para el diseño y construcción.

El objetivo es comprobar a través de la toma de datos de varias obras de Talavera de la Reina cómo el arquitecto de la corte Fray Lorenzo de San Nicolás (1593-1679), con su obra *Arte y uso de la Arquitectura* (1639, 1665), estableció las pautas más para el conocimiento de los constructores que de los eruditos, y que fue puesta en práctica en los edificios que realizaba.

Los resultados obtenidos nos permiten confirmar que Fray Lorenzo seguía las pautas marcadas en su tratado. Aunque cada obra o intervención necesitaba un ajuste particular, Fray Lorenzo se veía obligado a introducir sobre la marcha modificaciones para adaptarse a lo existente. El autor pretende proponer método básicamente práctico para la ejecución.

Palabras clave: Tratadística arquitectónica, Fray Lorenzo de San Nicolás, proporción, ejecución.

Abstract

There are a great number of treatises with a considerable influence on the knowledge of architecture. They were taken into account not only for the practical implementation of the design and construction of buildings, but also as a theoretical basis for the architectural definition of the time. Since the intervention of the treatise architects of the Renaissance, and with the printing press in the 15th century, the principles of form, style and proportion, guidelines and bases for design and construction, have been sought to be transmitted.

The aim is to verify, by taking data from various works in Talavera de la Reina, how the court architect Fray Lorenzo de San Nicolás (1593-1679), with his work *Arte y uso de la Arquitectura* (1639, 1665), established the guidelines more for the knowledge of builders than for scholars, and which was put into practice in the buildings he built.

The results obtained allow us to confirm that Fray Lorenzo followed the guidelines set out in his treatise. Although each work or intervention required a particular adjustment, Fray Lorenzo was obliged to introduce modifications on the spot to adapt to the existing situation. The author intends to propose a basically practical method of execution.

Keywords: Architectural treatises, Fray Lorenzo de San Nicolas, proportion, execution.

1. Introducción

A lo largo de la historia son numerosos los tratados de arquitectura que podemos encontrar, siendo la importancia de muchos de ellos considerable, ya que estos documentos fueron tenidos en cuenta, no sólo para la realización de propuestas arquitectónicas específicas, sino como base teórica para la definición arquitectónica de toda una época. Probablemente, el tratado más influyente es el más antiguo de los que conservamos en su totalidad, *De Architectura* [1] de Marco Vitruvio Pollion, escrito en la época del emperador Augusto (s. I a.C.). Este tratado mantuvo su influencia durante muchos siglos. Si excluimos obras que podríamos calificar como menores, por su especificidad o por un discutible peso teórico o técnico, como el "Livre de portraiture" de Villard de Honnencourt a comienzos del siglo XII, no es hasta el siglo XV cuando comienza a tomar forma la figura del arquitecto tratadista, figura que se asentaría en la historia de la arquitectura y que se multiplicaría alcanzando su punto culminante en nuestro país en el siglo XVIII. Hasta este siglo, fue León Battista Alberti quien publicó su tratado en 1485, en el que rechazaba la triada de Marco Vitruvio. Cincuenta y dos años más tarde, ya en el siglo XVI, Sebastiano Serlio, realizó el primer tratado ilustrado, obra que tuvo gran influencia para autores posteriores. También hubo un arquitecto de origen español muy relevante, Diego de Sagredo, quien en 1526 dedicó su tratado a las medidas encontradas en la publicación de Vitruvio. Años más tarde, destacó el arquitecto francés Philibert De L'orme, quien en 1567 publicó el "Primer volumen de arquitectura" primera parte de una serie de tratados que no llegó a terminar, y que se sumaría a otros de temática más específica. También fue reseñable el trabajo de Jacopo Barozzi de Vignola porque recopiló lo más importante de otros tratados en 1562 y elaboró así el suyo propio. Procedente del mismo país que el anterior, Andrea Palladio, mostró en 1570 bajo el título de "I Quattro libri dell'Architettura", las influencias que le aportaron sus antecesores Vitruvio y Alberti. Juan Bautista Villalpando desarrolló en tres tomos la descripción del templo de Salomón en Jerusalén [2]. Por otro lado, hubo otros arquitectos que marcaron hitos en el mundo de la arquitectura como fue el caso de Vincenzo Scamozzi quien consiguió en 1615 uno de los tratados [3] más completos de los que contamos hasta el momento. Unos años más tarde, realizó su obra Fray Lorenzo de San Nicolás, al que dedicaremos más tiempo a continuación, prodigándose a partir del siglo XVIII otros tratados de entidad u contenido similar al que acabamos de citar.

Vamos a centrar nuestra investigación en Fray Lorenzo de San Nicolás quien publicó su tratado "Arte Y Uso De Arquitectura" en 1639, plasmando en él sus conocimientos de construcción, siendo uno de los primeros en recoger teorías de otros tratadistas como apoyo a su obra, referenciando a sus autores [1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] [12] y completándolas con las suyas propias, además de ilustrarlas, dedicando varios capítulos a explicar teorías aritméticas y geométricas. En esta primera parte centra sus referencias en las obras de Vitruvio, Serlio y Vignola, autores en los que apoya parte del conocimiento que desarrolla, siendo estos dos últimos los encargados de completar y actualizar las carencias que por contexto histórico puede presentar el primero, que es sin duda la base teórica primigenia. A la obra de Vitruvio accede mediante traducciones italianas y castellanas, pues según confesión propia, no ha leído las versiones originales latinas Pero su primer contacto con el autor romano se produce a través de la obra de Diego Sagredo [13].

Este tratado fue completado con un segundo volumen en 1655, donde incluye nuevas teorías que había practicado y perfeccionado con sus años de experiencia en la profesión de maestro de obras. En esta segunda parte, probablemente motivado por las críticas

vertidas por Pedro de la Peña a la primera, multiplica sus referencias a otros tratadistas si bien de manera más descriptiva y limitada. A los autores citados en la primera parte sumar a Palladio, Viola Zanini, Cataneo, Labacco, Rusconi, Arfe y Villafañe, y Scamozzi. En la mayoría de los casos se trata de una citación expositiva, siendo mucho más superficial con Cataneo, Labacco y Rusconi. Todas estas referencias son usadas por Fray Lorenzo, además de como demostración de conocimientos, como sustento científico a su desarrollo práctico, y es quizá en esta relación entre teoría y práctica donde reside uno de los mayores valores de este tratado. Lo cierto es que su obra tuvo una enorme influencia como auténtico manual barroco [14], siendo utilizado hasta bien entrado el siglo XIX tanto en España como en la América Hispana [15], sirviéndose de su coherencia técnica y metodológica, su funcionalidad arquitectónica y su carácter eminentemente didáctico [16]. A las críticas que recibió tras la publicación de su primera parte siguieron otras, más próximas a nosotros en el tiempo, de quienes no supieron ver más allá de lo que querían, recuperándose la figura de su autor y el valor de su obra a mediados del siglo XX a través de estudiosos como Kubler, que lo calificó, quizá de manera algo exagerada, como "el mejor tratado sobre instrucción arquitectónica escrito jamás" [17], [13] y que marcó el inicio de su reconocimiento.

Como ya hemos mencionado, Fray Lorenzo tiene una larga trayectoria en el oficio de maestro de obras, y una edificación que marca su recorrido es la Basílica de Nuestra Señora del Prado en Talavera de la Reina, donde realizó una intervención de ampliación y puso en práctica gran parte de sus propuestas teóricas, realizando la tercera cúpula encamonada de España. La primera se realizó en el Colegio Imperial de Madrid por el jesuita Francisco Bautista, y la segunda, la Capilla del Desamparo de Cristo de Madrid, por el propio San Nicolás [18].

Este tipo de cúpulas comenzó a utilizarse en España porque, como afirma Fray Lorenzo de San Nicolás en el segundo tomo de su tratado [19], *"es obra muy segura, y muy fuerte, y que imita en lo exterior a las de cantería, esta se ha usado dello en edificios, o que tienen pocos gruesos de paredes, ó que lo caro de la piedra es causa de que se hagan con materia más ligera, y menos costosa"*, hecho ya observado y comentado por otros autores.

2. Metodología

La Basílica de Nuestra Señora del Prado, situada en Talavera de la Reina, es probablemente la obra más significativa de Fray Lorenzo de San Nicolás. En ella realizó una intervención de ampliación en 1649, consiguiendo cambiar el aspecto del templo e introduciendo en él buena parte de lo expuesto en los capítulos que componen su tratado.

Para comprobar otros aspectos de su obra se han utilizado otras dos obras suyas, situadas en la misma localidad, las Iglesias del convento de San Agustín y del Convento de las Madres Bernardas de la Encarnación.

En relación con la Basílica de Nuestra Señora del Prado, dado que estamos estudiando el tratado de quien hizo la ampliación, es necesario diferenciar la parte que pertenece a este autor, basándonos en el diseño y las diferencias constructivas, así como el documento del acta de cesión [20] donde se aprueba la traza de Fray Lorenzo de San Nicolás y donde se explica el alcance de la intervención, pudiendo establecer que esta se limita a la parte señalada en rojo en la figura 1. Como se puede observar, la intervención íntegra el crucero coronado con la cúpula encamonada y la zona del Camarín de la Virgen, así como el interior de la Basílica, y a pesar de estar fuera de las zonas marcadas, el arco carpanel bajo el coro muestra indicios de que éste también fue una parte añadida en esta intervención, ya que es donde apoya el coro de la iglesia.

Ha sido preciso revisar las directrices teóricas propuestas por el clérigo y llevar a cabo una selección de los aspectos que cabe analizar en sus propios edificios construidos. Como apoyo técnico, se han realizado trabajos de fotogrametría y mediciones directas con escáner láser. La combinación de fuentes documentales primarias, tanto gráficas como

escritas, y el uso de los actuales medios tecnológicos para el levantamiento gráfico, configura una colaboración idónea para el conocimiento de los edificios, su historia y las técnicas constructivas empleadas [21],[22]. La utilidad de cada una de estas partes es equiparable y el conjunto revela una simbiosis funcional idónea.

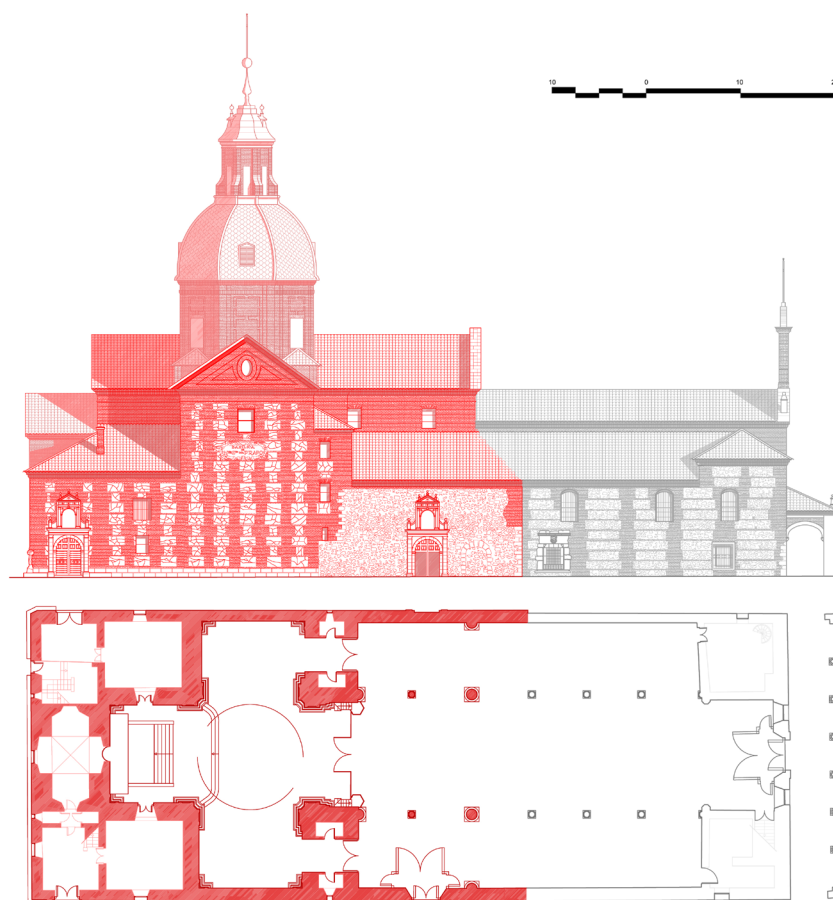


Fig. 1. Alcance de la intervención (en rojo) de Fray Lorenzo de San Nicolás en 1649 en la Basílica de Nuestra Señora del Prado, situada en Talavera de la Reina. Elaboración propia.

Fachadas La primera de las propuestas teóricas que vamos a analizar se encuentra recogida en el capítulo XL de la primera parte del tratado "Arte Y Uso De Arquitectura" [23], que trata de fachadas y frontispicios, su ornato y disposición. La primera fachada estudiada es la correspondiente a la iglesia del convento de San Agustín (Talavera de la Reina, 1620) (Fig. 2). Como se puede observar, el uso del ladrillo tiene claras reminiscencias mudéjares, posee un eje de simetría desde el cual se distribuyen los huecos de fachada, con sus tres puertas diseñadas con arco de medio punto, dos pequeñas ventanas sobre los arcos laterales y dos ventanas de mayor tamaño en el eje central, sobre las que se sitúa un hueco ovalado en la parte superior de la fachada. El ornamento está realizado con el mismo aparejo, retranqueado unos centímetros para dejar marcadas las figuras deseadas. En el caso de esta fachada el rehundido del plano principal en determinadas zonas se utiliza para crear un almohadillado y pilastras de orden toscano en los laterales, así como una portada enmarcando la puerta central, ornamentada a su vez con órdenes toscanos. Por último, la fachada está coronada por un frontispicio curvo quebrado.

Apoyándonos en esta descripción, San Nicolás parece haberse basado en la primera traza de las fachadas que aparecen en el capítulo mencionado, cumpliendo con la disposición y diseño de huecos, simetría, ornamentación y diseño de frontispicio. Sin embargo, si atendemos a las fechas de construcción (1620) y las de publicación del tratado (1639)

debemos, quizá, invertir la argumentación, sabemos que el tratado en su primera edición estaba terminado en 1633, aun siendo conscientes de que el manuscrito del mismo pudo estar terminado con anterioridad, y del largo proceso que mediaba entre la finalización del manuscrito, la realización de la copia para imprenta por parte del amanuense, así como el complejo entramado burocrático que dicho escrito tenía que recorrer antes de su impresión definitiva [24], [25], no parece probable que la propuesta teórica fuera previa a la realización de la obra. Más bien al contrario, en este caso como en el siguiente hemos de suponer que las trazas de las obras proyectadas fueron ejemplos, una vez realizadas, para el desarrollo teórico en el tratado.



Fig. 2. Comparación entre ilustración de Fray Lorenzo y una imagen rectificada de la fachada de la Iglesia del convento de San Agustín (imágenes de la izquierda) (Talavera de la Reina, 1620) y comparación entre la ilustración de Fray Lorenzo y una imagen rectificada de la fachada del Convento de las Madres Bernardas de la Encarnación (imágenes de la derecha) (Talavera de la Reina, 1625). Elaboración propia.

La fachada del convento de las Madres Bernardas de la Encarnación (Talavera de la Reina, 1625) (Fig. 2), del mismo estilo que la anterior, cumple también con un eje de simetría claro, con una puerta diseñada con arco de medio punto, dos ventanas simétricas y un hueco circular en el frontispicio. Está ornamentada como la anterior, con la distribución y retranqueo del aparejo, el mismo almohadillado enmarcando la zona central. La portada está compuesta de columnas toscanas de piedra y un frontispicio en punta quebrada, coronando la fachada con un frontispicio triangular.

Planta

En el capítulo XXII de la primera parte del tratado, trata de las proporciones que debe de tener la planta de los templos para tener armonía. Las medidas usadas se basan en “De Architectura”, el tratado de Vitruvio, propuesta teórica que completa añadiéndole las proporciones que deben de tener las naves laterales y el altar mayor, basando a su vez estas medidas en las ofrecidas por Sebastiano Serlio, pues en época romana los templos no se realizaban con esta distribución y carecían de altar mayor, en el sentido que ahora lo conocemos.

Como se puede observar en la planta superpuesta del plano actual y traza del tratado, se aprecia gran similitud entre ambas plantas, que comparten la distribución de cruz latina con una nave central y dos naves laterales, así como una proporción cercana entre ellas.

Fray Lorenzo de San Nicolás marca en su tratado las medidas de todo el templo utilizando como referencia el intercolumnio de la nave central, medida que en la Basílica de Nuestra Señora del Prado son 36 pies, que equivale a 3 estadales o a 12 varas castellanas. Tomando esta medida como referencia podemos determinar una proporción muy aproximada a la que explica en su tratado. Trazando una línea imaginaria en el inicio de la intervención de San Nicolás, podemos observar como de esta hasta el final del presbiterio contamos con

una medida de cuatro anchos (dos anchos hasta la capilla mayor, un ancho para esta y uno más para el presbiterio), y 2/3 para las naves laterales (Tabla 1).

Observando el conjunto de la edificación, podemos contar siete anchos en el exterior, media de la que se le dota al templo para guardar la proporción.

	Basílica (metros)	Basílica (pies)	Basílica (pies redondeados)	Proporción	Tratado (pies)
Ancho	10,15	36,42	36	1	40 pies
Largo	39,92	143,28	215	4	4 ancho
Capilla mayor	9,18	32,95	33	1	1 ancho
Presbiterio	9,31	33,40	33	1	$\frac{1}{2}$ ancho
Naves laterales	6,83	24,52	25	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$ ancho
Coro	6,53	23,43	23	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$ ancho

Tabla 1. Relación de medidas del Tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás y las de la Basílica de Nuestra Señora del Prado

Cúpulas encamionadas

La otra propuesta teórica analizada se encuentra en la segunda parte del tratado en su capítulo cincuenta y uno, donde habla de las cúpulas encamionadas, este tipo de cúpula que se realizaba con una estructura de madera para aligerar peso, y ahorrar en materiales y mano de obra, era un método constructivo novedoso, muy interesante por sus ventajas económicas y tendría una considerable difusión gracias a este tratado [16]. Fray Lorenzo observaba las proporciones y su relación con los preceptos clásicos y renacentistas, pero como dice Fernando Marías, se basaba más "en la traza estructural y en la técnica constructiva" [15].

Observando las proporciones descritas en este capítulo del tratado podemos observar que se ha seguido el diseño y proporciones para construir la cúpula.

En la figura 3, se muestra cómo se ha mantenido la composición del tambor, media naranja y linterna. Guardando también las dimensiones interiores de los diversos elementos, y cómo tienen aproximadamente la misma sección en los cerramientos. Siendo la dimensión del primer elemento de 35 pies y $\frac{1}{3}$ con un cerramiento de una vara y tercia.

La media naranja tiene una medida de 35 pies y medio, mientras que la linterna construida tiene un diámetro interior de doce pies y $\frac{1}{3}$, contando una proporción exterior de la tercera parte del conjunto, más un pie y una cuarta.

Centrándonos en las dimensiones verticales, podemos observar como la cúpula realizada en la Basílica presume de una mayor altura en su tambor, posiblemente se debe a la necesidad de colocar ventanas y la existencia de las cubiertas a dos aguas existentes formando una cruz alrededor de la cúpula. En la linterna se puede ver que mantiene la proporción de la traza, tanto en horizontal como en vertical (la tercera parte del elemento para el diámetro y dos veces esta medida para el alto), con el cambio de rematar interiormente en un paramento liso horizontal y no en un elemento semiesférico como en la traza.

En las dos secciones horizontales que se pueden ver en la figura 3 de la superposición, vemos cómo se respeta la composición, "redondo por dentro, y ochavada por fuera" que describe San Nicolás en su tratado.

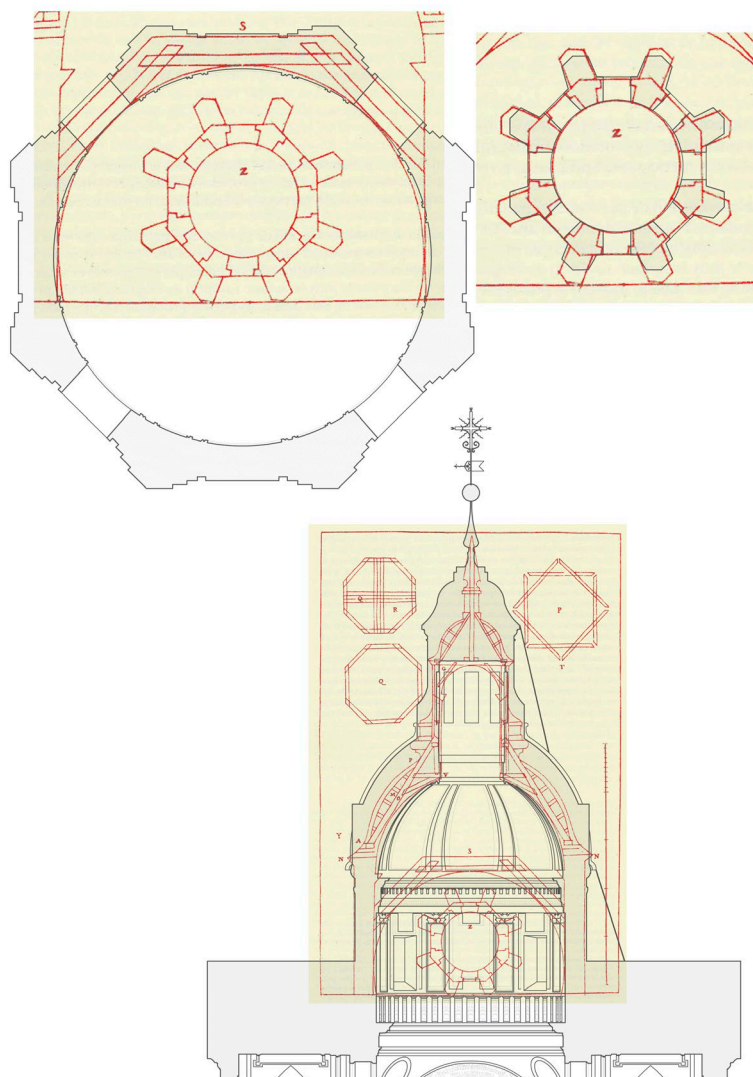


Fig. 3. Traza de San Nicolás publicada en su tratado (Rojo) y sección de la cúpula de la Basílica de Nuestra Señora del Prado (Negro) superpuestas. Elaboración propia.

3. Resultados y Conclusiones

En el caso de la Basílica de Nuestra Señora del Prado, dado que la fecha de aprobación del proyecto de Fray Lorenzo data de 1649, queda claro que los planteamientos teóricos realizados en el tratado son anteriores en al menos trece años a la realización del proyecto. De ello se deriva que dicho proyecto procede de un planteamiento teórico previo y no al revés, como sucede en el caso de las fachadas.

Por todo ello se han podido comprobar las medidas de elementos construidos anteriormente a la publicación de las propuestas teóricas de estos elementos, como de elementos materializados posteriormente a la publicación del tratado "Arte Y Uso De Arquitectura". De los resultados obtenidos podemos concluir que Fray Lorenzo de San Nicolás seguía las pautas marcadas en sus tratados si bien, como también hemos podido constatar, los ejemplos gráficos podrían partir en ocasiones de obras ya realizadas. No obstante, cada obra, restauración o intervención necesita un estudio particular, es por esto que San Nicolás se veía en la obligación de realizar modificaciones en función del objeto o elemento de trabajo y adaptarse a lo existente. Porque él no quiere proponer una traza universal ni una

serie de reglas fijas, porque el momento definitivo y el origen de todo proyecto está en lo particular [16].

Las modificaciones más relevantes de los elementos estudiados se dan en la planta y en la cúpula. En la planta, construida después del tratado, se ha comprobado como el ancho utilizado como referencia disminuye de 40 pies a 36, teniendo en cuenta la medida establecida por el templo existente. Este cambio puede deberse a una simplificación constructiva, ya que 36 pies equivalen a 3 estadales, que es una medida más fácil de trasladar. Todas las demás medidas son respetadas, teniendo en cuenta la simplificación constructiva a este tipo de medida, por lo tanto, guarda la proporción definida en su tratado. En cuanto a la cúpula, materializada anteriormente a la publicación del tratado, lo que se intenta es realizar un elemento de las mayores proporciones posibles, realizando una cúpula de una altura de 50,71 metros exteriores, formando un elemento constructivo de 20,59 metros.

Haciendo referencia a los capítulos de frisos y órdenes, cumple las proporciones establecidas en el tratado, difiriendo en pocos milímetros de la medida exacta. Tal es el nivel de perfeccionamiento de Fray Lorenzo de San Nicolás, que siguiendo el desarrollo que explica en el tomo uno de su tratado, se ha comprobado que realiza el trazado del arco carpanel rebajado situado bajo el coro del edificio utilizando la misma medida que toma como referencia para diseñar la planta de la Basílica de Nuestra Señora del Prado.

4. Referencias bibliográficas

- [1] Vitruvio, M. (30 a.C): De Architectura.
- [2] Calvo, J. (2011): Sobre la proporción del orden en Juan Bautista Villalpando. Proyecto y Ciudad.
- [3] Scamozzi, V. (1615): Dell'Idèa dell'Architettura.
- [4] Alberti, J. B.(1485): De Re Aedificatoria.
- [5] Serlio, S. (1537): Regole generali di architettura
- [6] Palladio, A. (1570): I quattro libri dell'architettura
- [7] Vignola, J. B. (1562): Regola delli cinque ordini d'Architettura
- [8] Cataneo, P. (1567): La architettura di Pietro Cataneo Senese
- [9] Viola Zanini, G. (1626): Della architettura di Giuseppe Viola Zanini padovano pittore et architetto
- [10] Labacco, A. (1552): Libro d'Antonio Labacco appartenente a L'Architettura nel cual si figurano alcune notabili antiquita di Roma
- [11] Rusconi, G. A. (1590): Della architettura di Gio. Antonio Rusconi con centosessanta figura dissegnate dal Medesimo, Secondo i precetti de Vitruvio, e chiarezza, e brevità dichiarate.
- [12] Arfe y Villafañe, I. de (1585): De varia commesuración para la escultura y Architectura.
- [13] López Gayarre, P. A.(1990): Fuentes bibliográficas en Arte y uso de arquitectura de Fray Lorenzo de San Nicolás, Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, Historia del Arte, t.3, 137-149.
- [14] Laborda Yneva, J. (1989) "Presentación" en *Arte y uso de arquitectura* Fray Lorenzo de San Nicolás (1796) (ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón). Zaragoza.
- [15] Marías Franco, F. (1994): Reflexiones sobre las catedrales de España y Nueva España. Ars Longa 5, 45-51.

- [16] Betrán, R. (1989) "Introducción" en *Arte y uso de arquitectura* Fray Lorenzo de San Nicolás (1796) (ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón). Zaragoza.
- [17] Kubler, G. (1957): *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII*, en *Ars Hispaniae*, Historia Universal del Arte Hispánico, Madrid, Plus-Ultra, , t. 14.
- [18] Díaz Moreno, F.(2008): *Arte y uso de arquitectura*. Fray Lorenzo de San Nicolás, Instituto de Estudios Madrileños.
- [19] San Nicolás, L. de (1665): *Arte Y Uso de Arquitectura*, Parte II. Editorial MAXTOR
- [20] López Gayarre, P. A. (1989): *Arquitectura religiosa del siglo XVII en Talavera de la Reina (Fray Lorenzo de San Nicolás y su influencia)*. Talavera de la Reina. ISBN: 84-505-8443-4.
- [21] Yastikli, N. (2007): *Documentacion of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning*, *Journal of Cultural Heritage* 8, pp.423-427.
- [22] Buill, F., Núñez-Andrés, M. Amparo, Puche, J. M., Macias, J. M. (2015): *Geometric analysis of the original stand of roman amphitheater in Tarragona: Method and results*, *Journal of Cultural Heritage* 16, pp.640-647.
- [23] San Nicolás, L. de (1639): *Arte Y Uso de Arquitectura*, Parte I. Editorial MAXTOR.
- [24] Díaz Moreno, F. (2004): *Fray Lorenzo de San Nicolás (1593-1579). Precisiones en torno a su biografía y obra escrita*, *Anales de Historia del Arte*, 14, pp.157-179.
- [25] Díaz Moreno, F. (2013): *De sillares y tinta. La difícil tarea de publicar tratados y arquitectura*, In *Congreso internacional, Teoría y literatura artística en España, revisión historiográfica y estudios contemporáneos*. pp.268-287.

LOS AVANCES EN EL APRENDIZAJE BASADOS EN LOS ENFOQUES PROPIOS DE LA GESTION DE PROYECTOS APLICADOS EN LA DOCENCIA DE LA ASIGNATURA DE DIBUJO ARQUITECTÓNICO I

ADVANCES IN LEARNING BASED ON PROJECT MANAGEMENT APPROACHES APPLIED TO THE TEACHING OF ARCHITECTURAL DRAWING I

Jorge García Valldecabres^a, Jorge Girbés Pérez^b, María Concepción López González^c

Universitat Politècnica de València ETSIE, Valencia, Spain

^ajgvalde@ega.upv.es, ^bjgirbes@ega.upv.es, ^cmlopezg@ega.upv.es

How to cite: García Valldecabres, J.; Girbés Pérez, J.; López González, M. C. (2024). *Advances in learning based on project management approaches applied to the teaching of Architectural Drawing I*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 162-170. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Los objetivos del presente estudio es mostrar los resultados docentes que se están alcanzando en la asignatura de Dibujo Arquitectónico I de primer curso del grado de Arquitectura Técnica de la Escuela de Ingeniería de la Edificación de la Universitat Politècnica de València. El objetivo principal de la puesta en marcha de esta experiencia en la asignatura de Dibujo Arquitectónico I ha sido conseguir mejorar la enseñanza a través de la estimulación del alumno: se trata de involucrar al estudiante en su propio proceso formativo, haciéndolo responsable de su aprendizaje.

El en diseño del enfoque de la metodología de la asignatura durante se han introducido variaciones relativos a los principios y procesos propios de la gestión de proyectos en los que se han introducido determinados aspectos parciales propios de la metodología BIM (Building Information Modeling); La gestión del proyecto colaborativo, la visión holística y la representación dirigida a obtener productos propios para diseño constructivo de la arquitectura.

Los resultados están siendo de un gran interés, pues no solo consiguen analizar y representar los elementos arquitectónicos, sino que también, los fabrican mediante impresoras 3D.

La novedad del estudio se debe a la incorporación de los nuevos enfoques basado en la gestión de la información de los proyectos, mediante la aplicación del principio de la eficiencia en la gestión de los procesos de acuerdo como se implementa en los entornos BIM.

Palabras clave: BIM, Proyecto colaborativo, Visión holística, Gestión de procesos.

Abstract

The objective of this study is to show the teaching results that are being achieved in the subject of Architectural Drawing I of the first year of the degree of Technical Architecture of the School of Building Engineering of the Polytechnic University of Valencia. The main objective of the implementation of this experience in the subject of Architectural Drawing I has been to improve teaching through student stimulation: it is about involving the student in their own training process, making them responsible for their learning.

During the design of the subject's methodology approach, variations related to the principles and processes of project management have been introduced, in which certain partial aspects of the BIM (Building Information Modeling) methodology have been introduced; The management of the collaborative project, the holistic vision and the representation aimed at obtaining own products for the constructive design of architecture.

The results are being of great interest, since they not only manage to analyze and represent the architectural elements, but also manufacture them using 3D printers.

The novelty of the study is due to the incorporation of new approaches based on the management of project information, through the application of the principle of efficiency in the management of processes according to how it is implemented in BIM environments.

Keywords: BIM, Collaborative project, Holistic vision, Process management.

1. Antecedentes

La finalidad de este nuevo enfoque en la asignatura de Dibujo Arquitectónico 1 ha sido mejorar la enseñanza a través de la estimulación del alumno: se trata de involucrar al estudiante en su propio proceso formativo, haciéndolo responsable de su aprendizaje [1] y [7]. Por ello, en curso 2020/21 en plena pandemia de COVID implantamos durante el curso la metodología se basa en el "Flipped Classroom" y "Blended Learning" [3]. La presente aportación supone en parte una continuación de esta en la que se incide en determinados aspectos del método docente basado en proyectos, a través de ejercicios gráficos de acuerdo con esta prioridad y la incorporación de un tema que les introduzca en determinados aspectos relativos a la gestión del proyecto arquitectónico para la construcción titulado: *El proyecto arquitectónico. La definición del modelo para la construcción del edificio.*

Por otro lado, si prestar atención las funciones propias del profesional tal como las define la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) las expresa [9]: *El director de la ejecución de la obra es el agente que asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.*

Es el director de conjunto de profesional que concurren en la ejecución material de la obra de construcción. El Arquitecto Técnico o Aparejador es el Director de la Ejecución de la Obra (DEO). Así mismo, deberá formarse para conocer la técnica de la orquestación y saber exactamente cómo se ejecutan todos los instrumentos que participan en la puesta en obra. Debe tener profundos conocimientos de armonía y composición, llevar el tempo, indicar la entrada de los instrumentos, marcar su intensidad y fijar cualquier otra instrucción relevante dejada en la partitura por el compositor [2].

Es el profesional, que mejor conoce y que mejor interpreta los documentos del proyecto, por ello, dedicaremos una especial atención a la documentación gráfica, los planos del proyecto. La jurisprudencia establece que, ante cualquier dilema a la hora de interpretar los documentos del proyecto, son los planos, los que prevalecen sobre el resto de los documentos. Sin ellos, no se pueden realizar las memorias del proyecto y tan poco se pueden llevar a cabo el resto del conjunto estudios necesarios para completar el proyecto. La construcción del edificio es el objetivo principal del proyecto. Se puede afirmar, que el proyecto se termina, cuando el edificio está acabado de construir y entregadas las llaves a los usuarios.

El proyecto es el instrumento o lugar, donde todas las disciplinas y materias se integran desde las primeras fases de diseño. Desde el punto de vista académico, el proyecto arquitectónico, es el referente, para del conjunto de conocimientos, que se imparten en las asignaturas del grado en arquitectura técnica. El proyecto anticipa, como será el futuro edificio. Define la ruta del proceso constructivo. Define el uso al que se destinará, así como, la gestión del mantenimiento.

Las actividades que se realizan para interpretar el proyecto son el fruto de un modo de pensar, que posee una estructura, la cual, se desarrolla a través del ejercicio de unas habilidades, las propias de los profesionales de la construcción. La adquisición de estas habilidades, se inician con el ejercicio de la práctica del dibujo arquitectónico; 1) La capacidad para el "análisis gráfico", y 2) la capacidad para la "síntesis gráfica", es decir, la representación de los edificios mediante dibujos de vistas.

Por estas razones, cuanto antes conozcamos las fases que estructuran el pensamiento de los profesionales de la construcción e iniciemos la adquisición de los hábitos que el dibujo conlleva, estaremos en mejores condiciones para integrar los conocimientos de las demás asignaturas del grado entre sí, y a la vez, integrar todas ellas, con el documento del proyecto arquitectónico, tronco común, que las dota de sentido y de unidad.

El Reglamento para los Contratos de las Administraciones Públicas establece que los Proyectos de obras deberán referirse necesariamente a obras completas, entregadas al uso y comprenderán todos y cada uno de los elementos, que sean precisos para la utilización de la obra. Se trata, de un conjunto de documentos compuesto por planos, dibujos, esquemas textos que explican cómo es el diseño del edificio, de cómo será construido, y cuál, será el uso.

El documento del proyecto posee un carácter ejecutivo. Por ejemplo, un proyecto para realizar viviendas, un proyecto para un hospital, para un colegio, para oficinas, etc. Mediante el diseño del proyecto, se concreta la distribución de los espacios, los materiales y las técnicas constructivas que darán forma al edificio. Es el documento que responde a las expectativas, las necesidades del promotor, a los requerimientos legales como son las ordenanzas urbanísticas de la edificación, y los referentes al uso y a la durabilidad. El proyecto es la guía de referencia para la ejecución del edificio.

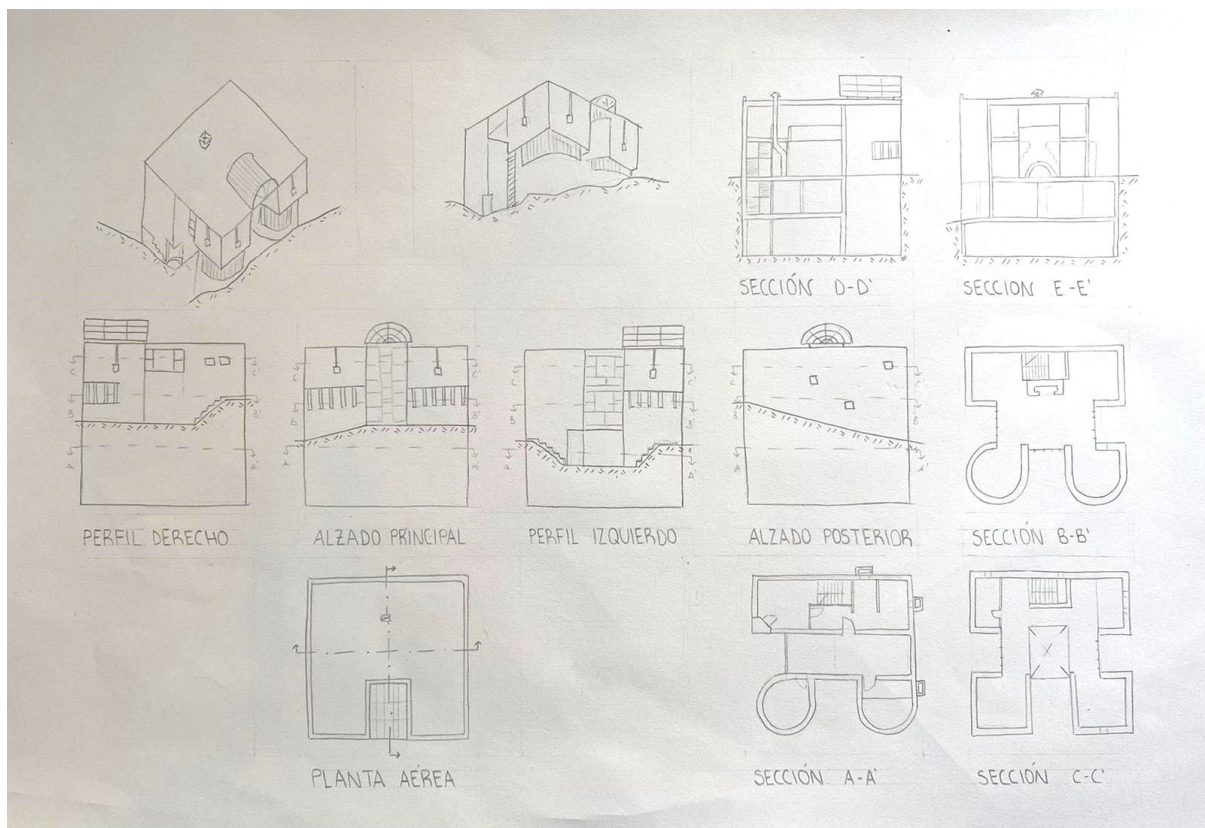


Fig. 1. Dibujos de las vistas de las proyecciones ortogonales y en perspectiva de una casa de Mario Botta. (Fuente: Llobell, E., 2022)

El proceso seguido para la realización de los dibujos en la asignatura se contempla, como el proceso seguido para llevar a término un proyecto gráfico de análisis y representación descriptiva de una parte u aspecto de un edificio. Estos son el fruto de una serie de actividades, que se desarrollan según unas etapas hasta obtener la representación acabada mediante los dibujos de croquis y los dibujos de puesta escala. (Fig. 1)

2. Los objetivos y la metodología

Los objetivos del presente estudio es mostrar los resultados docentes que se están alcanzando en la asignatura de Dibujo Arquitectónico I de primer curso del grado de Arquitectura Técnica de la Escuela de Ingeniería de la Edificación de la Universitat Politècnica de València, fruto de haber incorporado en el diseño del enfoque de la asignatura aspectos, de manera adaptada, propios de la gestión de proyectos de la metodología BIM (Building Information Modeling). La cual, se apoya en los principios de la gestión del proyecto colaborativo, la interoperabilidad información y la visión holística, todo ello, mediante la representación gráfica para obtener productos propios del diseño constructivo de la arquitectura.

Las fases del proyecto arquitectónico y las fases del dibujo arquitectónico como proyecto gráfico; La secuencia de aproximación en los planos del proyecto y los entornos gráficos en los dibujos de arquitectura. Para comprender mejor las fases del proyecto es de interés enumerar brevemente los principales agentes que participan en la construcción, y que resumiremos en cuatro grupos: 1/ El promotor o el iniciador, el que propone los requisitos y el que facilita los medios económicos. 2/ El equipo técnico, compuesto entre otros, por el arquitecto que redacta el proyecto y el ingeniero de la edificación o arquitecto técnico, que interpreta y dirige la ejecución material de la obra. 3/ El constructor que es el agente que asume, el compromiso de ejecutar y de suministrar los medios materiales y humanos necesarios para la realización de las obras según el proyecto. Por ejemplo; si se necesita una grúa fija anclada en el terreno con un brazo largo para disponer los materiales desde el lugar de acopio al sitio definitivo en el edificio, no se deberá utilizar, la grúa móvil del camión que ha servido para transportar los materiales, pues, esta es de reducidas dimensiones y está calculada solo cargar y descargar el material del propio camión a un lugar inmediato. Y, por último, 4/ Los usuarios del futuro edificio.

Los profesores de la asignatura del grado de Arquitectura Técnica focalizamos la atención en incorporar determinados aspectos de la metodología a través de la cual se desarrolla el proyecto de ejecución. Este es el documento que desarrolla el proyecto básico, en los aspectos relativos a la ejecución material, con el detalle de la descripción de las soluciones constructivas, la selección de los materiales, la cimentación, la estructura y las instalaciones. Todo ello, definido con la máxima precisión.

Así mismo, se plantea la iniciación al estudio de las fases para la realización de un dibujo arquitectónico. A continuación, se expone las fases que se siguen para llevar a cabo un dibujo arquitectónico. 1. La idea y los análisis previos. El bosquejo rápido. 2. La elección de las vistas mínimas para definir el edificio. 3. El análisis de la composición, la forma, la proporción y las relaciones entre las partes. 4. La correspondencia diédrica y la disposición de las vistas según el sistema europeo. 5. La definición con precisión de la forma y los detalles. 6. Las medidas, la valoración de las líneas, por último, la rotulación de las leyendas y los símbolos.

Los ejercicios como el presentado en la Fig. 2 trata de iniciar en estas habilidades de análisis, representación y generación de la maqueta 3D. La iniciativa de este tipo de resultados surgió por iniciativa de los propios alumnos interesados en seguir experimentando las posibilidades de poder alcanzar nuevos productos gracias a la representación digital.

3. Los objetivos y la metodología

Los objetivos del presente estudio es mostrar los resultados docentes que se están alcanzando en la asignatura de Dibujo Arquitectónico I de primer curso del grado de Arquitectura Técnica de la Escuela de Ingeniería de la Edificación de la Universitat Politècnica de València, fruto de haber incorporado en el diseño del enfoque de la asignatura aspectos, de manera adaptada, propios de la gestión de proyectos de la metodología BIM (Building Information Modeling). La cual, se apoya en los principios de la gestión del proyecto colaborativo, la interoperabilidad información y la visión holística, todo ello, mediante la representación gráfica para obtener productos propios del diseño constructivo de la arquitectura.

Las fases del proyecto arquitectónico y las fases del dibujo arquitectónico como proyecto gráfico; La secuencia de aproximación en los planos del proyecto y los entornos gráficos en los dibujos de arquitectura. Para comprender mejor las fases del proyecto es de interés enumerar brevemente los principales agentes que participan en la construcción, y que resumiremos en cuatro grupos: 1/ El promotor o el iniciador, el que propone los requisitos y el que facilita los medios económicos. 2/ El equipo técnico, compuesto entre otros, por el arquitecto que redacta el proyecto y el ingeniero de la edificación o arquitecto técnico, que interpreta y dirige la ejecución material de la obra. 3/ El constructor que es el agente que asume, el compromiso de ejecutar y de suministrar los medios materiales y humanos necesarios para la realización de las obras según el proyecto. Por ejemplo; si se necesita una grúa fija anclada en el terreno con un brazo largo para disponer los materiales desde el lugar de acopio al sitio definitivo en el edificio, no se deberá utilizar, la grúa móvil del camión que ha servido para transportar los materiales, pues, esta es de reducidas dimensiones y está calculada solo cargar y descargar el material del propio camión a un lugar inmediato. Y, por último, 4/ Los usuarios del futuro edificio.

Los profesores de la asignatura del grado de Arquitectura Técnica focalizamos la atención en incorporar determinados aspectos de la metodología a través de la cual se desarrolla el proyecto de ejecución. Este es el documento que desarrolla el proyecto básico, en los aspectos relativos a la ejecución material, con el detalle de la descripción de las soluciones constructivas, la selección de los materiales, la cimentación, la estructura y las instalaciones. Todo ello, definido con la máxima precisión.

Así mismo, se plantea la iniciación al estudio de las fases para la realización de un dibujo arquitectónico. A continuación, se expone las fases que se siguen para llevar a cabo un dibujo arquitectónico. 1. La idea y los análisis previos. El bosquejo rápido. 2. La elección de las vistas mínimas para definir el edificio. 3. El análisis de la composición, la forma, la proporción y las relaciones entre las partes. 4. La correspondencia diédrica y la disposición de las vistas según el sistema europeo. 5. La definición con precisión de la forma y los detalles. 6. Las medidas, la valoración de las líneas, por último, la rotulación de las leyendas y los símbolos.

Los ejercicios como el presentado en la Fig. 2 trata de iniciar en estas habilidades de análisis, representación y generación de la maqueta 3D. La iniciativa de este tipo de resultados surgió por iniciativa de los propios alumnos interesados en seguir experimentando las posibilidades de poder alcanzar nuevos productos gracias a la representación digital.

Dentro de cada una de las fases se contemplará los entornos y los tamaños de aproximación, tanto en el proyecto del edificio, como en los dibujos de arquitectura. 1. El entorno lejano. Los planos de localización y situación. 2. El entorno amplio y diferenciado. Los planos de distribución con los usos, los alzados, etc. Y, 3. El entorno próximo e inmediato. Los planos de detalles [5].

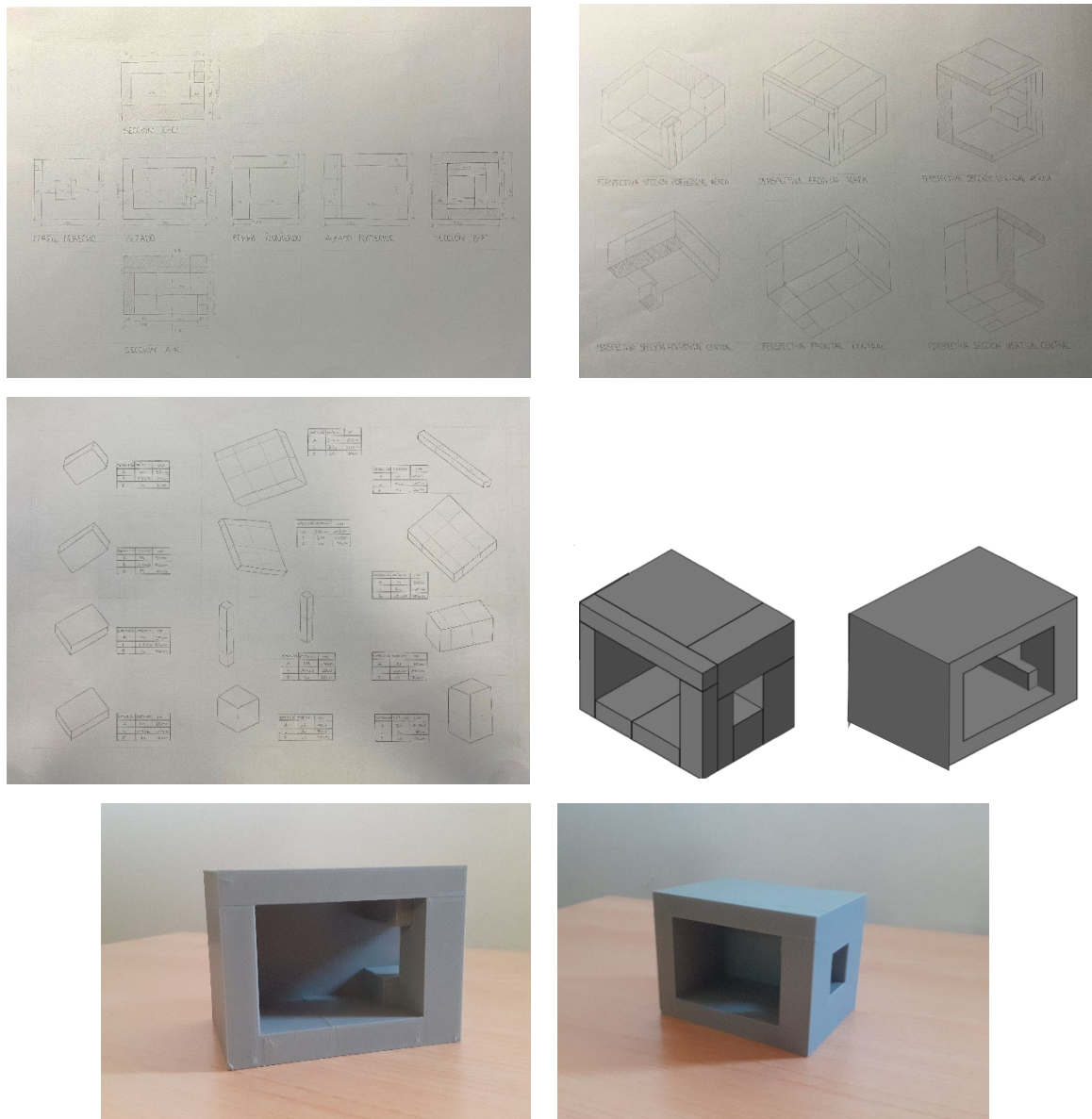


Fig. 2. Ejercicio de croquis, análisis, representación 3D e impresión de una escultura modular de los jardines del campus de la UPV. (Fuente: Ogorodnyk, I., 2023)

De tal manera que se puede decir que el dibujo arquitectónico constituye el proyecto gráfico, que anticipa la futura construcción del edificio, por las siguientes notas: 1) Por el carácter configurativo que posee como, la instancia que determina la construcción del futuro edificio. 2) Porque, las imágenes, que almacenamos al dibujar en la memoria, las evocaremos para interpretar los proyectos. Y, 3) porque mediante el carácter analítico que el dibujo arquitectónico posee, lleva a familiarizarse con las leyes de los sistemas de representación y con los recursos de las técnicas gráficas, iniciándose de este modo, la preparación de los futuros profesionales en las tareas de dirigir la ejecución material de la obra [4].

4. Los resultados

A continuación, exponen el enunciado y resultados se están siendo de un gran interés, pues no solo consiguen analizar y representar los elementos arquitectónicos, sino que también, los fabrican mediante impresoras 3D. Como se ha comentado esto productos como la

maqueta y las perspectivas surgió por iniciativa de los propios alumnos que al conocer las posibilidades decidieron proseguir hasta lograr la reproducción mediante un modelo a escala 3D.

El primer ejercicio consistió en el análisis y la representación a escala de la escalera primera de acceso a la galería superior del edificio de la escuela de Arquitectura. Se prosiguió con la realización a escala con CAD 2 obligatorio y, 3D digital e impresión de maqueta se les propuso de manera opcional. (Fig. 3).

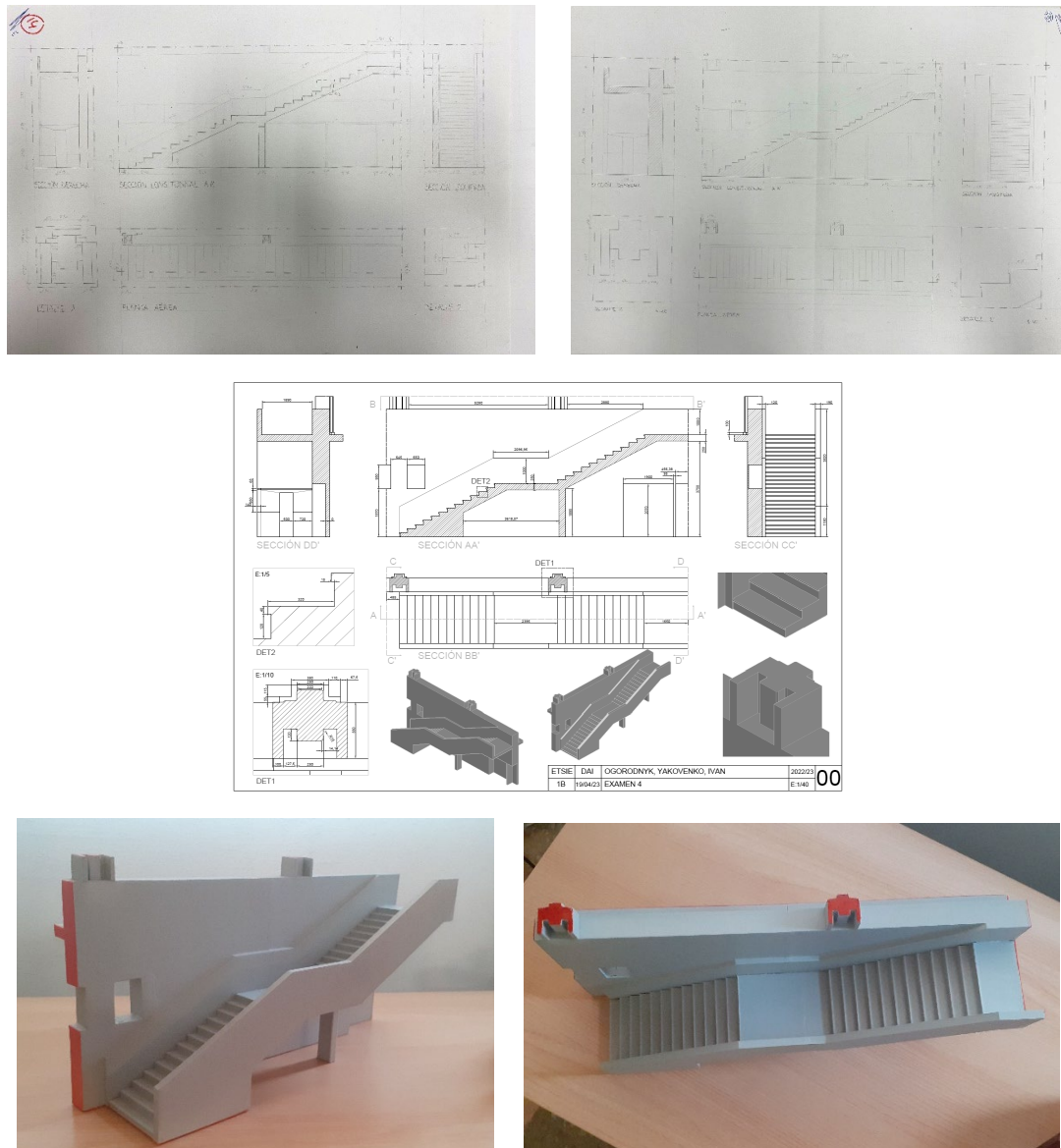


Fig. 3. Croquis, puesta escala manual y digital 2D y 3D. E impresión de la maqueta 3D de la escalera de acceso a la galería de acceso a la escuela de Arquitectura en el campus de la UPV. (Fuente: Ogorodnyk, I., 2023)

Como segundo ejercicio se presenta el análisis y la representación del conjunto formado por el pilar cruciforme de los edificios primigenios de la UPV, las placas prefabricadas y dos ventanales situados entre los vanos. (Fig. 4)

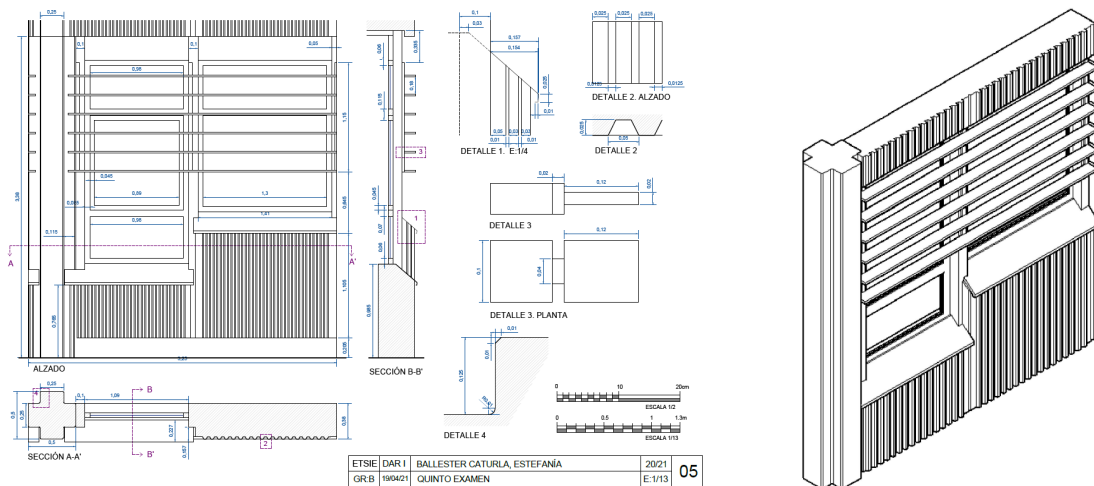
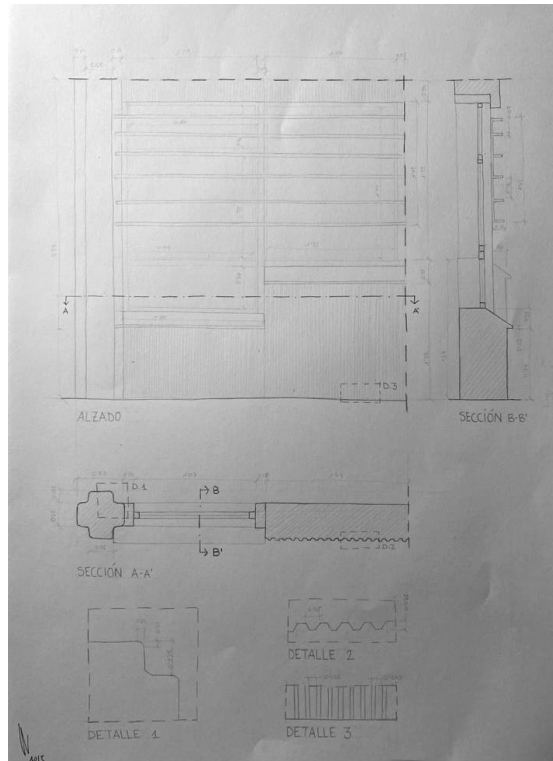


Fig. 4. Conjunto formado por el pilar cruciforme de los edificios primigenios de la UPV, las placas prefabricadas y dos ventanales situados entre los vanos. (Fuente: Ogorodnyk, I., 2023)

La novedad del estudio se debe a la incorporación de los nuevos enfoques basados en la gestión de la información de los proyectos, mediante la aplicación del principio de la eficiencia en la gestión de los procesos de acuerdo como se implementa en los entornos BIM.

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] BENITO, A., CRUZ, A. (2005). Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior. Madrid: Narcea.
- [2] IGLESIAS, J. (2015). *Qué es un Aparejador y cuáles son sus funciones*. <https://controlygestiondeobras.es/blog/> (consulta 12/06/2023)

- [3] GOÑI ZABALA, J.M. (2005). *El Espacio Europeo de Educación Superior, un reto para la universidad*. Barcelona: Octaedro / ICE Universidad de Barcelona
- [4] LE CORBUSIER. (1923). *Hacia una arquitectura*. (Textos de publicados con el nombre; Vers une Architecture, en varios números). Revista 'L'Esprit Nouveau n. 1-3, 5, 8-10 y 13-16 Paris.
- [5] MCMORROUGH, J. (2015). *Drawing for Architects: How to Explore Concepts, Define Elements, and Create Effective Built Design through Illustration*. Rockport Publishers. Massachusetts
- [6] PERRENOUD , P (2007). *Diez nuevas competencias Para enseñar. Invitación al viaje, Grao, Colofón, México*
- [7] POUMAY, M., TARDIF, J. ET GEORGES, F. (2017). *Organiser la formation à partir des compétences: un pari gagnant pour l'apprentissage dans le supérieur*. Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur.
- [8] REAL DECRETO. 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/10/12/1098/con>
- [9] LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. <https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/38/con>

EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO DEL PAVIMENTO PATRIMONIAL DE LA CERÁMICA DEL S. XVI A LOS PAVIMENTOS DEL S. XX

THE GRAPHIC SURVEY OF THE HERITAGE CERAMIC PAVEMENT OF THE 16TH CENTURY TO THE PAVEMENTS OF THE 20TH CENTURY

Jorge Girbés Pérez^a, María Concepción López González^b, Jorge García Valdecabres^c,

Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

^a jgirbes@ega.upv.es, ^b mlopezgz@ega.upv.es, ^c jgvallde@ega.upv.es

How to cite: Girbés Pérez, J.; López González, M. C.; García Valdecabres, J. (2024). *The graphic survey of the heritage ceramic pavement of the 16th century to the pavements of the 20th century*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 171-180. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Debemos tener muy clara la forma de representar de forma "gráfica" un Pavimento Patrimonial. Pero dentro de esto, "*diferenciar el tipo de pavimento que tenemos*"

Un levantamiento de un "opus tessellatum" es prácticamente inviable, salvo que sea por fotorestitución ortogonal.

Un "opus sectile", de piezas más grandes y geométricas; un pavimento Cerámico decorado del XVI-XVIII o los pavimentos del XIX y XX como los Hidráulicos o los Nolla (como un Gres de altas prestaciones), no debe crearnos problemas.

El levantamiento de un pavimento hidráulico queda en una correcta restitución.

Los opus sectile, como herencia de Minton en Inglaterra o Francia o los Nolla en España e Iberoamérica, no crea ningún problema, salvo el límite de definición que se desea alcanzar.

Con los opus sectile o Nolla, debemos tener clara la forma de representar gráficamente estos "Pavimentos". Realmente, encontramos dos formas de representarlos:

- Como si de un levantamiento de Catálogo fuera. Las juntas no tienen valor, las piezas están "a hueso". Como si estuvieran recibidas en seco. Hecho que nunca se debe hacer en pavimentos.
- Como un levantamiento Gráfico Real. Midiendo con un "pie de rey" cada una de las juntas que producen el "modulo" y repitiéndolo.

Las técnicas y Software para emplear serán las que queden especificadas según el tipo de suelo.

Las limitaciones, quedarán en las limitaciones propias del Técnico que desarrolla el levantamiento y de sus medios.

Palabras clave: Expresión Gráfica, Cerámica Patrimonial, Pavimento Hidráulico, Cerámica Nolla.

Abstract

We must be very clear about how to represent a Heritage Pavement in a "graphical" way. But within this, "*differentiate the type of pavement we have*".

A survey of an "opus tessellatum" is practically unfeasible unless it is by orthogonal photorestitution.

A "sectile opus", with larger and more geometric pieces; a decorated ceramic floor from the 16th-18th century or flooring from the 19th and 20th such as Hydraulics or Nolla (such as high-performance Stoneware), should not create problems for us.

The lifting of a hydraulic pavement is in a correct restitution.

The opus sectile, as an inheritance from Minton in England or France or the Nolla in Spain and Latin America, does not create any problem, except for the limit of definition that one wishes to reach.

With the opus sectile or Nolla, we must be clear about how to graphically represent these "Pavements". Actually, we find two ways to represent them:

- As if it were from a Catalog survey. The joints have no value, the pieces are "to the bone". As if they were received dry. Fact that should never be done on pavements.
- As a Real Graphic survey. Measuring with a "caliper" each of the joints that produce the "module" and repeating it, speaking clearly.

The techniques and software to use will be those that are specified according to the type of pavement.

The limitations will remain in the limitations of the Technician who develops the survey and his means.

Keywords: Graphic Expression, Patrimonial Ceramics, Hydraulic Pavement, Nolla Ceramics.

1. Tipos de Suelos

La forma de representar de forma "gráfica" un Pavimento Patrimonial, varía según el tipo de pavimento que deseamos definir, es decir "*debemos diferenciar el tipo de pavimento que tenemos*" para representarlo de forma correcta y con la técnica adecuada.

Debemos pues, "*enumerar y diferenciar los tipos y formas de los suelos*", para de esta forma seleccionar con cada uno de ellos el sistema o los sistemas de representación gráfica a aplicar a cada uno de ellos.

Si empezamos con los suelos griegos y romanos de antes y después de Cristo, encontramos los siguientes (En estos suelos no debemos confundir *nunca* su uso en la Edad Media, pues son simples y burdas imitaciones en la gran mayoría de las ocasiones).

- **Opus Tessellatum.** Se usaba para *áreas grandes* y se realizaba con teselas de dimensiones entre 4 y 6 mm más o menos irregulares que eran colocadas una a una en la estancia para la que fueron diseñados estos suelos originalmente. Las juntas estaban alineadas en una única dirección horizontal o vertical (Fig. 1).
- **Opus Vermiculatum.** Emplea teselas diminutas, normalmente *cubos* de entre 4 y 2 milímetros (muy a menudo 3 mm), y se fabricaba en los talleres en paneles relativamente pequeños que eran transportados al sitio pegados a un soporte provisional. Las juntas estaban alineadas en una única dirección horizontal o vertical.
- **Opus Regulatum.** Es un opus tessellatum (mayores de 4mm), pero con las juntas alineadas en horizontal y vertical. Era muy útil para la creación de patrones geométricos o para el fondo. Hablando claro, esto producía efectos visuales tridimensionales con la combinación de varios colores. Una cenefa o remate decorativo que daba un alto valor artístico.
- **Una combinación de los anteriores.** Unos paneles de opus vermiculatum (llamados "emblemata" en la parte central del mosaico y rodeando a los emblemata un opus tessellatum. Este tipo de suelo era más común pues, es el maestro el que organiza el

dibujo general y crea los emblemata (normalmente en el taller) y sus operarios colocan los tessellatum en el sitio. Como ejemplo podemos citar "El busto del dios griego Dioniso", la obra está fechada en el S. III d. C. y fue encontrada en las cercanías de la ciudad de Roma, junto a la Vía Flaminia, una de las antiguas calzadas romanas más importantes de la Península de Italia. La calzada se encargaba de unir la ciudad de Roma con Rimini. Alrededor del año 220 a. C, el cónsul Caio Flaminio, comenzó a construir esta calzada que comenzaba a los pies del Capitolio. El mosaico romano con el busto de Dioniso se exhibe en la actualidad en el Palazzo Massimo alle Terme, una de las sedes que integran el Museo Nazionale Romano. En él podemos apreciar a Dioniso con aspecto de niño (Fig. 2).



Fig. 1. Mosaico con pato (Ortogonalizado con Pt-Lens y Asrix) (Palazzo Massimo alle Terme. Roma) (Autor).



Fig. 2. Busto de Dioniso (Palazzo Massimo alle Terme. Roma). Busto en "emblemata" (vermiculatum), cenefa en tesellatum, cenefa en regulatum, cenefa en tesellatum para terminar con dos líneas blancas en regulatum de mayor tamaño. (Autor).

- **Opus Sectile.** Técnica artística propia del mosaico romano, del que hay escasas muestras en el arte medieval (llamado también cosmatesco) y se recupera en la Edad Moderna (intarsio, piedra dura). Los materiales empleados, de distinta naturaleza (nácar, vidrio), pero habitualmente piedras de distintos colores, como el mármol, se cortan en piezas de muy poco grosor, cuya forma se determina por la forma a representar, combinándose con las demás para rellenar todo el espacio (teselación), bien sea con criterios geométricos (abstractos) o figurativos. A diferencia del opus tessellatum (la técnica habitual del mosaico), las piezas no son pequeñas y de forma homogénea, sino relativamente grandes y de muy distintas formas. Otras técnicas artísticas semejantes, pero con otros materiales y características, son la marquetería y el damasquinado, no empleados para suelos o paredes. Como ejemplo tenemos el "Tigre atacando a un carnero" (Fig. 3).



Fig. 3. "Tigre atacando a un carnero" (Museo Capitolino, procedente de Roma, Esquilino - Basílica de Giunio Basso, S IV después de Cristo) (Autor).

Continuamos con los suelos medievales de Centro-Sur Europa.

- **Mosaicos cerámicos y pétreos geométricos.** Los antecedentes de los mosaicos cerámicos geométricos de época medieval se encuentran en los pavimentos de opus sectile heredados del mundo romano que persistieron hasta la baja Edad Media e incluso más allá. Son numerosos los ejemplos de pavimentos de mármoles de despiece geométrico en Europa y podemos citar entre ellos los de la capilla palatina de Carlomagno (790/794-800) de la Catedral de Aix-La-Chapelle, el mosaico funerario del arzobispo Gero II (†976) de la Catedral de Colonia, la cubierta de la sepultura de Godescale de Morialmé (†1010) de la Colegiata de San Bartolomé de Lieja, incluso los pavimentos geométricos del baptisterio de Florencia (1059-1128) con los que comparten composiciones.

Suelos árabes o de imitación árabe.

- **Paredes y suelos de cerámica árabe.** Es un opus sectile, pero con material cerámico, en ocasiones vidriado y con reflejos de alta calidad. Normalmente empleado más

para paredes que suelos. En el caso de la Alhambra de Granada (nuestro mejor ejemplo) nos sitúa sobre una tradición semejante, aunque con otras derivaciones que sólo tangencialmente pueden considerarse relacionadas con los pavimentos de mosaico geométrico. La morfología de los alizares presenta triángulos, candelas, cruces de extremos apuntados, espigas, huesos, aviones, murciélagos, etc. ya que son parte de estructuras geométricamente complejas (estrellas de cuatro brazos, de seis o de ocho, octógonos divididos por lacerías, etc.) y por eso la división mínima no se corresponde con las formas geométricas simples (cuadrangulares, triangulares o circulares) que presentan los ejemplos europeos antes citados (Fig. 4).



Fig. 4. Sala de las Camas (Alhambra de Granada). Pajaritas (pared superior), Damero (horizontal y aviones (inferior) (Autor).

Terminamos con los suelos de la Edad moderna, en la gran mayoría de los casos imitación de los anteriores, o una combinación de estos para formar una pieza única (suelos hidráulicos).

- **Mosaico como revestimiento de prestigio.** Dentro de él, el mosaico veneciano, con uso predominante del vidrio y la piedra, y el mosaico teselado cerámico, desarrollado en especial para superficies verticales, techos y bóvedas.
- **Pavimentos Cerámicos geométricos.** Que imitaban o se inspiraban en mosaicos clásicos de piedra en placa -opus sectile-, que en muchos casos habían derivado en el medioevo en mosaicos para pavimentación y en recubrimientos geométricos para variados usos, muros o elementos individualizados.
- **Pavimento teselado.** Originado también en el mosaico de la antigüedad clásica, que promovió su imitación con pseudomosaicos realizados en cerámica.
- **Pavimento Cerámico decorado.** Con elementos decorativos centrales, una cenefa de cierre y un elemento de piezas perimetrales que disimulan las irregularidades de las paredes de cerramiento.
- **Pavimentos geométricos.** Un opus sectile de amplias dimensiones, fabricado como un elemento de gres de alta prestación.

2. Representación Gráfica

Debemos separar en estos momentos lo que queremos representar. *Aplicar un Método*. Todo el habitáculo, hasta el rodapié (donde contemplamos las irregularidades de la pared). La alfombra y la cenefa perimetral que la encierra (eliminando el espacio perimetral o absorbe irregularidades). O solo la alfombra.

Lo más lógico es que sea "toda la estancia" pues ese pavimento lo estamos levantando para una catalogación, inventariado o para una restauración e intervención del edificio o del propio suelo.

Nos queda pues una vez diferenciados los tipos de suelos, ver que técnicas son las más adecuadas al suelo, y la forma de su representarlos.



Fig. 5. Opus tessellatum (izquierda) y su restitución por retoque de imagen con Photoshop (derecha) (Autor).

Un levantamiento de un "opus tessellatum", de un "opus vermiculatum" o un "opus regullatum" es prácticamente inviable, salvo que sea por medio de una Imagen de "restitución fotogramétrica ortogonal" de muy alta calidad. (Fig. 1 y 5) donde con imágenes de muy alta calidad o imagen de imágenes (paños o suelos de grandes dimensiones) podemos con un software de calidad representar hasta las imperfecciones y lesiones del suelo representado, tal como se hace con Photoshop en la imagen 5 derecha, que se compara con la de la izquierda que es la Imagen 1. De hacerlo con Software de CAD, debemos dibujar todas y cada una de las teselas en más de una capa o capas, si deseamos diferenciar más elementos y los tipos de lesiones en cada una de sus capas.

Un "opus sectile", de piezas más grandes e irregulares, un pavimento Cerámico decorado como los árabes o los de los siglos XVI-XVIII o los pavimentos del XIX y XX como los Hidráulicos o los Nolla (como un Gres de altas prestaciones), no debe crearnos problemas.

Los opus sectile, como herencia de **Minton en Inglaterra o Francia**, o los **Nolla en España e Iberoamérica**, no crea ningún problema, "salvo el límite de definición o de error que se desea alcanzar".

Con estos suelos, debemos tener clara la forma de representar gráficamente estos "Pavimentos". Realmente, encontramos dos formas de representarlos:

- **Como si de un levantamiento de Catálogo fuera.** Las juntas no tienen valor, las piezas están "a hueso". Como si estuvieran recibidas en seco. Hecho que nunca se debe hacer en pavimentos.
- **Como un levantamiento Gráfico real.** Midiendo con un "pie de rey" cada una de las juntas que producen el "**modulo**" y repitiéndolo, hablando claro, como lo montó el

Solador o Mosaiquero en su momento o el Restaurador si este suelo ha tenido intervenciones posteriores. Pero no solo el módulo, sino cada una de las piezas que conforman el pavimento.

3. Conclusiones

Un levantamiento de un "opus tessellatum", de un "opus vermiculatum" o un "opus regullatum" es muy complejo o inviable, tal como se comenta y avanza en el punto anterior. Con imágenes de muy alta calidad o imagen de imágenes (suelos de grandes dimensiones) podemos con un software de calidad representar todas las imperfecciones y lesiones de este tipo de suelos, con empleo del Corrector de aberraciones de la lente, Ortogonalización de Imagen, CAD o PHotoshop.

El levantamiento de un "pavimento hidráulico" o de un "pavimento cerámico" queda en una correcta restitución de las piezas y su dibujado para, desde ese punto obtener el levantamiento del pavimento completo de la estancia (*con una tabla de todas las juntas de forma secuencial en las dos direcciones, incluyendo el espacio bajo el rodapié*), empleo del Corrector de aberraciones de la lente, Ortogonalización de Imagen y CAD.

Un Minton o Nolla, debe de representarse midiendo con un "pie de rey" cada una de las juntas que producen el "módulo" y repitiéndolo, hablando claro, como lo montó el Solador o Mosaiquero en su momento o el Restaurador si este suelo ha tenido intervenciones posteriores. Pero no solo el módulo, sino cada una de las piezas que conforman el pavimento. Cuando ese suelo no tiene "Módulo" podemos llegar a localizar entre 15 a 20 juntas de distinto tamaño, para que las dispersiones de combinar piezas triangulares con cuadradas, trapezoidales y rectangulares, no incremente el equilibrio de la junta y de esta forma no recortar piezas (pues el recorte de piezas deprecia el valor del suelo). (Fig. 6, final del documento), con el empleo Corrector de aberraciones de la lente, Ortogonalización de Imagen y CAD. Debo indicar y aclarar, que el recorte de piezas, si se produce en las "cenefas" o absorbe irregularidades.

No debemos confundir el tipo de suelo que estamos grafiando. En muchas ocasiones (quizás demasiadas) mezclamos y cruzamos nombres y tipos de suelos. Debemos ser claros a la hora de nombrar un suelo y posteriormente, tener clara la forma y técnica a emplear para representarlo. En suelos de reducidas dimensiones, podemos quedarnos con software de retoque fotográfico. En suelos grandes, debemos acudir a software de CAD y diferenciar por "capas" lo dibujado y cada una de las lesiones, sin tener miedo del uso de pies de rey para medir las piezas y sus juntas.



Fig. 6. Fig. 6. Restitución parcial de pavimento de Nolla en Vivienda particular (Autor y Sergio Moral Gómez, Convenio Universitat Politècnica València, Alumno y CIDCeN).

4. Referencias bibliográficas

- [1] BATLLORI, A., LLUBIA, L.M. (1974). *Cerámica Catalana Decorada*. Barcelona: Vicens-Vives.
- [2] BONET I BALTA, J. (1988). *Ceràmica catalana. Pietat popular*. Barcelona: Caixa Penedès.
- [3] CABOT, J., MULET, B. (1990). *Rajoles polícromes a Mallorca*. Palma de Mallorca: Ed. Miramar.
- [4] BLARY, François, DUREY-BLARY, Véronique (1994). Un pavement de céramique du début du XIIIème siècle découvert dans une tour de l'enceinte urbaine de Coucy-le-Château (Aisne), *Revue archéologique de Picardie* (n° 3/4 1994).
- [5] BOTELLA, P, LARENA, M.J., PÉREZ CAMPS, J. (1997). El Mosaico Nolla. Aportación al estudio de las pastas empleadas en su producción, póster inédito presentado en el II Congreso Nacional de Arqueometría, Zaragoza, 16-19/09/1997.
- [6] CARDELLS, F. A. (1995). Nolla: Capçalera industrial innovadora a Espanya, *La Roda del Temps*, (3, 1995), pp. 16-22.
- [7] COLL CONESA, Jaume (2009). *La cerámica valenciana. Apuntes para una síntesis*. Avec-Gremio, Valencia.
- [8] GIRBÉS PÉREZ, Jorge (2017). Recuperando la Cerámica Nolla. Investigando en Ingeniería de Edificación. EXCO17. Págs. 82-85. https://exco.webs.upv.es/wp-content/uploads/2017/11/Carta_GUIA_COMUNICACIONES-EXCO17.pdf
- [9] GIRBÉS PÉREZ, Jorge (2022). El arquitecto Cortina y su obra desaparecida, El arquitecto Cortina y la Casa del Molino. Recuperando la Cerámica de Nolla., El arquitecto Cortina y la Ciudad de Ceuta, El arquitecto Cortina y la Ermita de la Misericordia de Meliana. Recuperando la Cerámica de Nolla. Investigando en Ingeniería de Edificación. EXCO22. <https://exco.webs.upv.es/wp-content/uploads/2022/05/EXCO22-TEMPLATE-Letter-INTERNATIONAL.pdf>
- [10] GIRBÉS PÉREZ, Jorge (2022). El Arquitecto José María Manuel Cortina Pérez y la Cerámica Nolla. Recuperando la Cerámica Patrimonial de Nolla de la Villa Morris. Actas del sexto Congreso Internacional del Medio Ambiente Construido y Desarrollo sustentable MACDES.2022, dentro de la 20 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. La Habana (Cuba).
- [11] GIRBÉS PÉREZ, Jorge (2023). "El Arquitecto José María Manuel Cortina Pérez y la Cerámica Nolla". Valencia. Editorial Tirant lo Blanch.
- [12] GRAVES, Alun (2002). *Tiles and Tilework of Europe*, London, V&A Publications.
- [13] GRIMMER, A. E., KONRAD, K. A. (2015). *Preserving historic Ceramic Tile Floors*. Preservation Brief 40, National Park Service, consultado el 05/04/2015, 12:18 h.
- [14] HERNÁNDEZ DUQUE, F. (2009). Las antiguas fábricas de mosaico hidráulico en Navarra, *Cuadernos de Etnología y Etnografía de Navarra (CEEN)*, (84, 2009), 55-95.
- [15] ROSSELLÓ, Maribel (2007). *Revestiments per als interiors de l'arquitectura: algunes aportacions de la indústria*, X Congrés d'Història de Barcelona, Dilemes de la fi de segle, 1874-1910 (2007), Barcelona.
- [16] REIG FERRER, Ana María (2009). *El maestro de obras Manuel Piñón y su Manual de Cerámica*, Archivo de Arte Valenciano, XC.
- [17] RUSKIN, John (1889). *The Seven Lamps of Architecture*. George Allen. Orpington, Kent.

- [18] SÁNCHEZ VILCHES, Enrique (2002). Consideraciones técnicas sobre el producto y el proceso de fabricación del gres porcelánico. Actas Congreso Qualicer 2002, pp. Con-57/Con-83 [Descripción del mosaico Nolla en p. Con-60]. Castellón, AICE-ITC, Universitat Jaume I.

LEVANTAMIENTO GRÁFICO Y ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DE LA PORTADA SEPTENTRIONAL DE LA IGLESIA DE SAN MIGUEL DE JEREZ DE LA FRONTERA (CÁDIZ)

GRAPHIC SURVEY AND ARCHITECTURAL ANALYSIS OF THE NORTHERN DOORWAY OF THE CHURCH OF SAN MIGUEL DE JEREZ DE LA FRONTERA (CÁDIZ)

José María Guerrero Vega^a, Miguel Redondo Redondo^b

Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^ajmgv@us.es, ^bmrr@us.es

How to cite: Guerrero Vega, J. M.; Redondo Redondo, M. (2024). *Graphic survey and architectural analysis of the northern doorway of the Church of San Miguel de Jerez de la Frontera (Cádiz)*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 181-188. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La construcción de la iglesia parroquial de San Miguel, en Jerez de la Frontera, se vio influenciada de forma destacada por la catedral de Sevilla, obra iniciada en 1433. El templo jerezano, comenzado algunas décadas más tarde, constituye un ejemplo paradigmático de lo que se ha descrito como gótico catedralicio sevillano. Además de su traza, concepción espacial y técnica constructiva, las portadas laterales del templo han sido asociadas por distintos autores con las portadas góticas de la catedral hispalense.

El objetivo de esta aportación es el de desarrollar un análisis geométrico y constructivo de la portada lateral septentrional del templo.

Para ello se ha procedido a elaborar un levantamiento gráfico a partir de una toma de datos masiva combinando el uso de escáner láser terrestre y fotogrametría. Mediante el uso del dibujo como herramienta de análisis se indagará en las técnicas de diseño y construcción de las portadas.

Los resultados de este trabajo permiten mejorar el conocimiento de los procesos de trazado y control formal puestos en práctica en este caso, así como establecer conexiones con otros edificios coetáneos.

El valor de esta aportación se plantea desde el propio levantamiento gráfico, que constituye en sí mismo un documento inédito, que describe el estado actual de este elemento, lo que supone un punto de partida para una confrontación de la portada con modelos análogos de semejanzas formales.

Palabras clave: Gótico, Traza, Geometría, Proporciones.

Abstract

The construction of the parish church of San Miguel in Jerez de la Frontera was greatly influenced by the cathedral of Seville, begun in 1433. The Jerez temple, started some decades later, is a paradigmatic example of what has been described as Sevillian cathedral Gothic. In addition to its design, spatial conception and construction technique, the lateral façades of the church have been associated by different authors with the Gothic façades of Seville Cathedral.

The aim of this contribution is to develop a geometric and constructive analysis of the northern side doorway of the church.

To this end, a graphic survey has been carried out based on massive data collection combining the use of terrestrial laser scanners and photogrammetry. Using drawing as a tool for analysis, the design and construction techniques of the doorways will be studied.

The results of this work allow us to improve our knowledge of the design and formal control processes used in this case, as well as to establish connections with other contemporary buildings.

The value of this contribution is based on the graphic survey itself, which is an original document, describing the current state of this element, and a starting point for a comparison of this façade with other models with similar formal features.

Keywords: Gothic, Design, Geometry, Proportion.

1. Introducción

La obra gótica de la catedral de Sevilla supuso para la arquitectura jerezana una influencia determinante que traería consigo un nuevo lenguaje formal y espacial en los templos de la ciudad, que vendría a sustituir a una notable tradición constructiva gótico-mudéjar activa hasta mediados del siglo XV [1,2]. Entre los vínculos de la fábrica hispalense con esta ciudad cabría señalar tanto la participación de distintos profesionales jerezanos en el taller catedralicio como el uso generalizado de la piedra de la vecina sierra de San Cristóbal [3]. El progresivo alejamiento de la frontera y la relativa mejora de las condiciones de estabilidad trajeron consigo una intensa actividad edilicia. Esta se materializaría en la transformación de los templos parroquiales fundados tras la conquista castellana, y en la erección de nuevos templos parroquiales para los dos arrabales que fueron desarrollándose fuera del recinto amurallado de la ciudad: San Miguel y Santiago. Al contrario que en las primitivas parroquias, donde se partía de edificaciones de bastante entidad que fueron conservadas y reutilizadas, en estas dos obras, se planteó la construcción de edificios de nueva planta con una clara influencia en el proyecto original de la catedral sevillana [4,5].

Parece que la obra de San Miguel comenzó en la segunda mitad del siglo XV desde los pies del templo, ejecutándose en una primera fase los tres primeros tramos que constan de una nave central de mayor altura y sendas naves laterales. Una vez cerrados estos primeros tramos la obra hubo de sufrir un replanteamiento del proyecto, incorporado un crucero con bóvedas de una mayor complejidad técnica y formal, así como reformando los pilares ya ejecutados (Fig. 1) [6].

Además de la portada principal, hoy oculta por la torre-fachada barroca, el templo cuenta con dos portadas laterales asociadas a la referida primera fase de las obras. Ambas se asemejan notablemente entre sí y se desarrollan en el espacio entre dos contrafuertes del edificio. El conjunto se flanquea por dos pináculos adosados al muro situándose entre ellos las puertas, que son adinteladas, pero con un vano superior apuntado que cuenta con un gablete curvo adornado con cárdinas. En un segundo plano las enjutas cuentan con diferentes elementos decorativos a modo de fondo de la composición (Fig. 2).

De las dos portadas, la meridional es más esbelta y se puede apreciar en ella una mayor presencia de elementos ornamentales. En esta, tanto el fondo del vano apuntado como en el primer cuerpo de las enjutas del gablete cuentan con una decoración calada a base de cuatrilóbulos. Además, se preveían en esta más imágenes escultóricas ya que además de la hornacina central, común en ambos casos, cada uno de los pináculos laterales cuenta con otras dos hornacinas coronadas por templetos. En ambos casos la zona inferior de las portadas ha sufrido intervenciones de restauración en las que debido al deterioro de la piedra se repusieron algunas de las molduras del basamento [8].

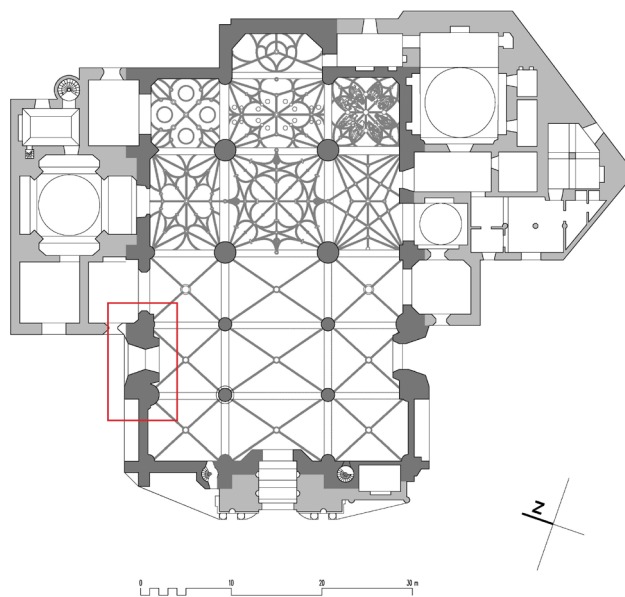


Fig. 1 Planta de la iglesia de San Miguel. Posición de la puerta analizada (dibujo de los autores).



Fig. 2. Portadas de San Miguel: norte a la izquierda y sur a la derecha (fotografías de los autores).

El modelo de estas portadas son las portadas laterales de la cabecera de la catedral sevillana conocidas como las «de Palos» y «de Campanillas», cuya construcción se remonta al año 1481 [7]. La influencia de las referidas portadas sevillanas ha sido reconocida en una serie de portadas del ámbito jerezano. Carlos García Peña agrupó bajo el «tipo jerezano» las descritas portadas de San Miguel, la portada principal de San Mateo y las portadas principal y laterales de Santiago en Jerez de la Frontera, a las que añade la lateral de Santa María de la O en Chipiona, la portada principal de San Jorge de Alcalá de los Gazules, las del monasterio de la Victoria y la inconclusa de la iglesia prioral en El Puerto de Santa María, y la principal de Santa María de la Asunción de Arcos de la Frontera [9, 10].

Salvo el caso de las portadas sevillanas, que cuentan con un riguroso levantamiento fotogramétrico [11], y la portada de la iglesia prioral de El Puerto de Santa María, donde se llevó a cabo un profundo análisis geométrico, identificando tres fases sucesivas de construcción [12], en el resto de los casos no se cuenta con una planimetría actualizada.

Gracias a una lápida conmemorativa que se ubica en el interior de la puerta lateral norte de San Miguel se sabe que esta se comenzó en 1482, tan solo un año después de haberse finalizado la puerta de los Palos de la catedral sevillana, y que su construcción duró casi dos años. El texto fue publicado por Manuel Esteve de la siguiente forma:

ESTA OBRA DE ESTA PUERTA SE COMENÇO A XXV DE OTUBRE DE MCCCCLXXXII E SE ACABO A III DE SETIEMBRE DE MCCCCLXXXIII SEYENDO MAYORDOMO ANTÓN REBILLA [13].

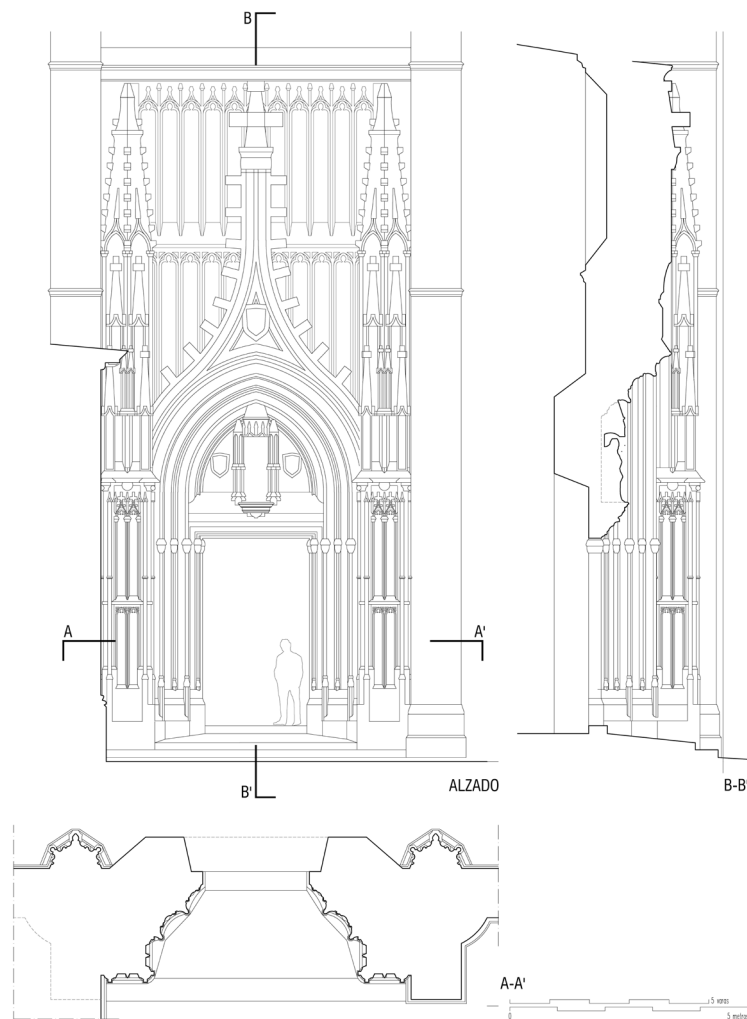


Fig. 3. Estado actual de la portada norte de San Miguel (dibujo de los autores)

2. Objetivos y metodología

Esta investigación ha tenido como objetivo principal el análisis arquitectónico de la portada septentrional de San Miguel mediante su levantamiento gráfico. Se ha buscado complementar las referidas analogías formales del referido grupo de portadas desvelando los mecanismos de diseño y control formal, tal y como se ha desarrollado ya para algunas de las portadas de la catedral hispalense [14]. El dibujo de arquitectura ha constituido el pilar fundamental de esta investigación en su doble vertiente como medio de expresión y de

análisis. El registro riguroso de la geometría del elemento es la base sobre la cual se han desarrollado una hipótesis gráfica de los procedimientos empleados en su traza.

En un primer lugar, en el marco de un estudio más amplio sobre el edificio, se llevó a cabo una toma masiva de datos mediante el empleo de un escáner láser terrestre (en concreto el equipo Leica BLK 360), que nos permitía disponer de información métrica con un nivel de precisión suficiente para los objetivos planteados. En este caso se ha utilizado un único estacionamiento cercano para cada una de las portadas de la iglesia, obteniéndose una nube de puntos en el espacio. Para complementar esta información y disponer de una nube con una mayor densidad de puntos se llevó a cabo una toma de datos mediante fotogrametría convergente a partir de una serie de fotografías digitales [15]. Mediante la aplicación Agisoft Metashape Professional se obtuvo una nube de puntos densa y de forma sucesiva una malla tridimensional a la cual se le superpuso una textura obtenida de las fotografías originales. Para la correcta orientación y escalado del modelo fotogramétrico se obtuvieron las coordenadas de distintos puntos de control identificados en la nube del escáner, lo cual permitía utilizar un sistema de coordenadas común para ambos registros.

Apoyándonos en la toma de datos anterior se ha elaborado un levantamiento gráfico del estado actual de la portada norte, obteniéndose una serie de vistas diédricas convencionales en las que se han representado los elementos arquitectónicos obviando la ornamentación vegetal y escultórica.

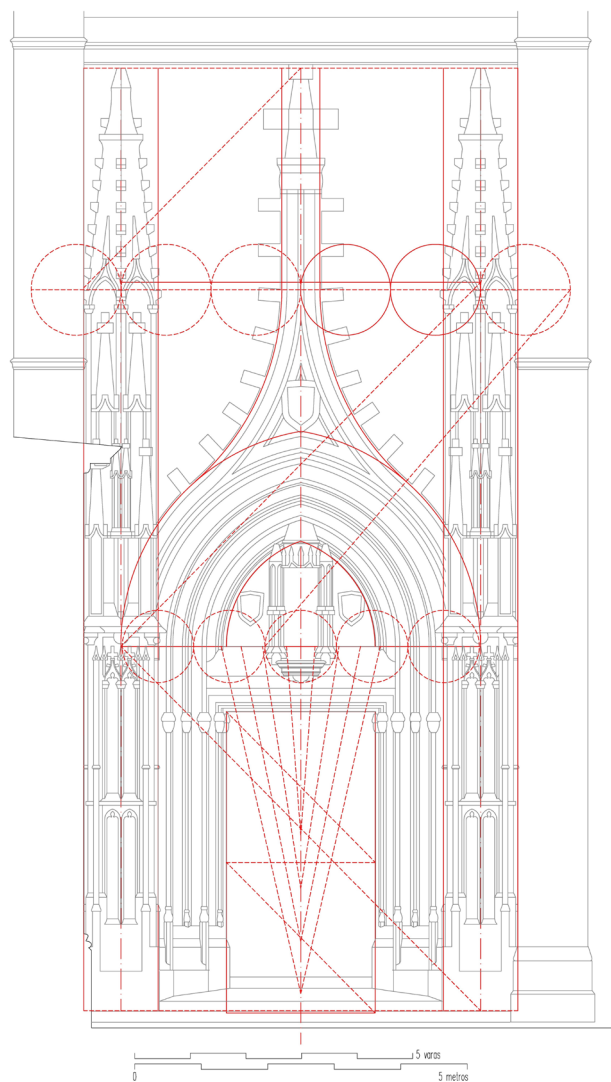


Fig. 4. Hipótesis de trazado geométrico del alzado (dibujo de los autores).

3. Análisis geométrico del trazado

El conjunto de la portada se dispone en el espacio entre dos de los contrafuertes de la iglesia, siendo esta dimensión determinante para su trazado, a pesar de no corresponder a una medida en módulos enteros de varas castellanas o pies. Sin embargo, si hemos podido reconocer dos dimensiones que servirían de base para la distribución de los distintos elementos. Por un lado, la anchura en la base de cada uno de los pináculos laterales (1,11m), que correspondería de forma muy aproximada a cuatro pies, y por otro la anchura del hueco de paso (2,24 m), equivalente a ocho pies.

El punto de partida sería el adosamiento de los pináculos a las caras de los contrafuertes. A partir de los ejes de estos pináculos y mediante una proporción cuadrada se determinaría la base del trazado desde la altura de la línea de imposta de los arcos del vano. Con la misma proporción se halla la altura de la moldura horizontal que divide el área tras el gablete, y que se encuentra próxima a la línea donde se sitúan los centros del trazado de los arcos superiores. Para la parte superior se dispondrían dos módulos de proporción cuadrada, en este caso partiendo de la mitad de la distancia entre contrafuertes.

Para determinar el centro de los arcos del vano apuntado se dividiría la distancia entre ejes de pináculos en cinco partes situándose los centros a ambos lados del módulo central. Cabría señalar cómo el despiece de las dovelas del dintel se configura a partir de cuatro centros distribuidos de forma equidistante a lo largo del eje central. Si consideramos la base del trazado descrito hasta ahora, la puerta de acceso tendría proporción dupla coincidiendo su base de forma muy aproximada. Para situar los centros de los arcos superiores del gablete se partiría de la división en cuatro partes iguales de la distancia entre los ejes de los pináculos y prolongando hacía fuera uno de estos módulos. De esta manera uniendo los centros del arco inferior y exterior se localiza el punto de inflexión tangente entre ambos. El método para determinar la posición de los centros de los arcos diferiría con el propuesto en el tratado de Hans Schmuttermayer, publicado en torno a 1488 [16], y por tanto posterior a la construcción de la portada jerezana.

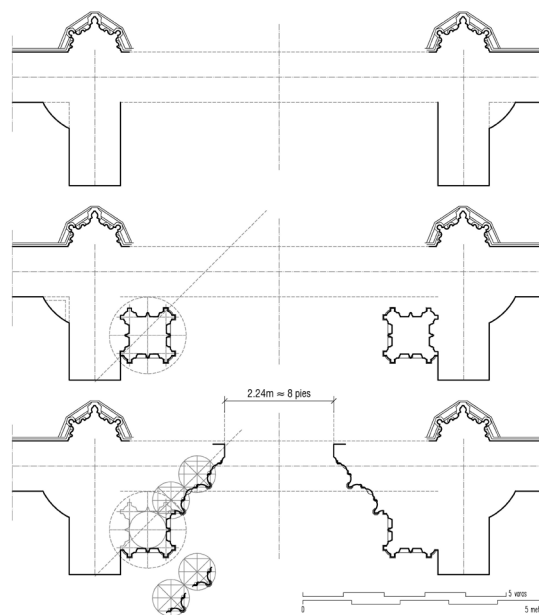


Fig. 5 Hipótesis de trazado geométrico de la planta (dibujo de los autores)

En cuanto a la disposición en planta también se pueden deducir los mecanismos geométricos que sirvieron de base para el trazado de la portada. El diseño de los pináculos laterales parte de un cuadrado de 4 pies de ancho que a través de sucesivos cuadrados girados y con simples procedimientos geométricos determina la forma de los diferentes elementos que lo componen, de forma análoga a como se ha documentado en la catedral sevillana [17]. Como ya hemos señalado los pináculos se adosan a los estribos de la iglesia y su posición en profundidad se determinaría al hacer tangente la circunferencia en la que se inscribe el cuadrado de partida con la alineación exterior del muro de la iglesia.

Las molduras que articulan el abocinado del arco de entrada también derivan del diseño del pináculo. Se repiten dos módulos idénticos con un baquetón central de mayor tamaño y dos más pequeños en cada uno. Cada conjunto se organiza a partir de la circunferencia inscrita en el interior del pináculo, disponiéndose en los encuentros las bandas de decoración vegetal. Los dos módulos disponen de forma tangente a lo largo de una línea que con un ángulo de 45° se prolonga hacia el interior partiendo de los puntos de unión entre los pináculos y estribos.

Finalmente, el espacio restante hasta llegar al hueco de la puerta se configura con un pequeño baquetón de reducido tamaño con el que se agota la distancia hasta la jamba de la puerta cuya posición quedaba determinada por la anchura de ocho pies del vano.

4. Conclusiones

En el proceso de trazado de la portada analizada se combinaron la aplicación de módulos dimensionales para determinados elementos para, a partir de sencillas operaciones geométricas, establecer la pauta para la formalización del conjunto. Como ya indicara el profesor Ruiz de la Rosa al reflexionar sobre la diversidad en los procedimientos planteados en los tratados medievales de cantería: «Si dos maestros contemporáneos proponen sistemas de proporción distintos sobre una misma base geométrica, es porque esta base, la cuadratura, admitía variadas interpretaciones: no había procedimientos canónicos universales sino soluciones particulares, la impronta creativa de cada logia o de cada maestro que daba variedad a un mismo principio» [18].

5. Agradecimientos

Esta investigación se ha realizado en el marco del proyecto I+D «Taller DR: El maestro Diego de Riaño y su taller de cantería. Arquitectura y ornamento en el contexto de la transición al Renacimiento en el sur de Europa» (Ref. PID2020-114971GB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

6. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] López Vargas-Machuca, F. (2014). Entre la tradición castellana y la herencia Andalusí. La arquitectura religiosa en Jerez de la Frontera desde la conquista cristiana hasta la irrupción del tardogótico (1264-1464), En J. Jiménez & P. Pomar (Coord.), *Limes Fidei, 750 años de Cristianismo en Jerez*, (pp. 65-99). Jerez: Diócesis de Asidonia-Jerez.
- [2] Guerrero Vega, J.M. (2019). *Espacio y construcción en la arquitectura religiosa medieval de Jerez de la Frontera (s. XIII-XV)*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla.
- [3] Rodríguez Estévez, J. C. (1998). *Los canteros de la Catedral de Sevilla. Del Gótico al Renacimiento*. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.
- [4] Romero Bejarano, M. (2007). Los maestros mayores de la catedral de Sevilla y su actuación en el entorno de la misma: Alonso Rodríguez y Diego de Riaño en la

- parroquia de San Miguel de Jerez de la Frontera. En A. Jiménez Martín (Ed.), *La piedra postrera. V Centenario de la conclusión de la catedral de Sevilla: comunicaciones* (pp. 451-463). Sevilla, España: Taller Dereçeo.
- [5] Romero Medina R., & Romero Bejarano, M. (2019). Historia constructiva de la iglesia de Santiago de Jerez de la Frontera (1496-1603). En S. Huerta Fernández & I. Javier Gil Crespo (Coord.) *Actas del XI Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Vol. 2* (pp. 959-968). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- [6] Guerrero Vega, J.M., & Pinto Puerto, F. (2022). La reforma de los pilares de la iglesia parroquial de San Miguel de Jerez de la Frontera en el siglo XVI. En P. Plasencia-Lozano, A. Rodríguez García, R. Hernando de la Cuerda, & S. Huerta (Ed.), *Actas del XII Congreso Nacional y IV Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. Mieres. Vol. 1* (pp. 506-517). Madrid-Mieres, España: Instituto Juan de Herrera.
- [7] Jiménez Martín, A. (2013). *Anatomía de la Catedral de Sevilla*. Sevilla: Diputación de Sevilla.
- [8] Álvarez Luna, A., Guerrero Vega, J. M. y Romero Bejarano, M. (2003). *La intervención en el patrimonio. El caso de las iglesias jerezanas (1850-2000)*. Jerez: Ayuntamiento de Jerez.
- [9] García Peña, C. (1987). Portadas góticas gaditanas. *Goya: Revista de arte*, (198), 326-331.
- [10] Caramazana Malia, D. & Romero Bejarano, M. (2016). Nuevos datos sobre "las portadas góticas gaditanas". El patrocinio del cardenal Diego Hurtado de Mendoza en la parroquia de Santiago de Jerez y la autoría de Rodrigo de Alcalá en la parroquia de San Jorge de Alcalá de los Gazules. *Laboratorio de Arte*, (28), pp. 41-59.
- [11] Almagro Gorbea, A., & Zúñiga Urbano, J. I. (2007). *Atlas arquitectónico de la catedral de Sevilla*. Sevilla-Granada: Cabildo Metropolitano-CSIC.
- [12] Ruiz de la Rosa, J. A., Ampliato Briones, A. L., Pinto Puerto, F., & Rodríguez Estévez, J.C. (2010). *La Prioral de El Puerto de Santa María. El proyecto gótico original*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- [13] Esteve Guerrero, M. (1952). *Jerez de la Frontera. Guía Oficial de Arte*. Jerez: Jerez Gráfico.
- [14] Guerrero Vega, J. M., & Jiménez Sancho, Á. (2013). Los hastiales de la Catedral, una lectura de su proceso constructivo. En A. Jiménez Martín (Ed.), *La Catedral entre 1434 y 1517: historia y conservación* (pp. 27-76). Sevilla: Taller Dereçeo.
- [15] Martín Talaverano, R. (2014). Documentación gráfica de edificios históricos: principios, aplicaciones y perspectivas. *Arqueología de la Arquitectura*, (11), e011. DOI: 10.3989/arq.arqt.2014.014.
- [16] Shelby, L. R. (1977). *Gothic Design Techniques. The Fifteenth-century Design Booklets of Mathes Roriczer and Hanns Schmuttermayer*. London- Amsterdam: Feffer & Simons.
- [17] Ruiz de la Rosa, J. A. (2006). Dibujos de ejecución. Valor documental y vía de conocimientos de la Catedral de Sevilla. En *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva* (pp. 297-347). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- [18] Ruiz de la Rosa, J. A. (1987). *Traza y simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y Medioevo*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

DE LA TRADICIÓN A LA MODERNIDAD, EL BOCETO DE LE CORBUSIER COMO HERRAMIENTA PARA PROYECTAR EL CAPITOLIO DE CHANDIGARH

FROM TRADITION TO MODERNITY, LE CORBUSIER'S SKETCH AS A TOOL TO DESIGN THE CAPITOL OF CHANDIGARH

Álvaro Hidalgo Núñez^a, Francisco Antonio Hidalgo Núñez^b, Marina Sender Contell^c,
Santiago Lillo Giner^d

Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

^a ahidalgo@ega.upv.es, ^b frahine@ega.upv.es, ^c mscontel@ega.upv.es,

^d sanlilgi@ega.upv.es

How to cite: Hidalgo Núñez, A.; Hidalgo Núñez, F. A.; Sender Contell, M.; Lillo Giner, S. (2024). *From tradition to modernity, Le Corbusier's sketch as a tool to design the capitol of Chandigarh*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 189-195. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Esta comunicación forma parte de los estudios realizados en mi tesis doctoral sobre la gestación y evolución de Chandigarh para su futura adaptación a los objetivos ODS 2030.

En ese contexto, pretendo centrar este resumen en la gestación de la ciudad a través del boceto de Le Corbusier. Mas concretamente en los dibujos que el arquitecto realiza en sus viajes a la India, previa concepción de la ciudad. A través de la cual, Le Corbusier asume conceptos como el clima, la religión, la cultura, la materialidad, la geometría o el color de los paisajes de la India.

Este estudio extrae dibujos de sus cuadernos personales "carnets", realizados en sus numerosos viajes a la India, para vincular aquellos elementos que Le Corbusier asimila del entorno, con las primeras formas que dan pie al diseño de edificios como los ubicados en el Capitolio.

Se pretende mostrar el valor del dibujo como herramienta para asimilar el entorno, y sobre el que comenzar la fase de ideación proyectual.

Se persigue mostrar el boceto como vínculo entre la cultura india y los proyectos del Capitolio de Chandigarh, sirviendo como punto de partida para un análisis profundo de estas relaciones pormenorizadas en cada edificio.

Palabras clave: Boceto, Viajes de arquitectura, Le Corbusier, Paisaje urbano.

Abstract

This communication is part of the studies carried out in the doctoral thesis on the gestation and evolution of Chandigarh for its future adaptation to the SDG 2030 objectives.

In this context, It is intended to focus this abstract on the gestation of the city through the sketch of Le Corbusier, more specifically, in the drawings that the architect made on his trips to India prior to the conception of the city. Through this, Le Corbusier assumes concepts such as climate, religion, culture, materiality, geometry or the color of the Indian landscapes.

This study extracts drawings from his notebooks, "carnets", made on his numerous trips to India, to link those elements that Le Corbusier assimilated from the environment with the first forms that give rise to the design of buildings such as those located in the Capitol.

It is intended to show the value of drawing as a tool to assimilate the environment and on which to begin the project ideation phase.

The aim is to show the sketch as a link between Indian culture and the Chandigarh Capitol projects, serving as a starting point for a deep analysis of these detailed relationships in each building.

Keywords: Sketch, Architecture travel, Le Corbusier, Urban landscape.

1. Antecedentes

El encargo de Chandigarh supone un punto de inflexión en la carrera profesional de Le Corbusier. Los condicionantes geopolíticos bajo las que se había creado la necesidad de constituir una nueva capital para el estado del Punjab, daban a Le Corbusier la oportunidad perfecta para poner en práctica las teorías sobre la que fundamentaba su obra.

Chandigarh debía representar un símbolo de libertad y modernidad en una India libre tras su independencia del imperio Británico en 1947, y a su vez erigirse como nueva capital de la provincia del Punjab, una vez segregados los territorios que constituyeron Pakistán, con la pérdida de Lahore, su capital previa.

En este contexto, el primer ministro indio Jawaharlal Nehru insta a Le Corbusier a crear una ciudad moderna y "libre de tradiciones del pasado, como expresión de fe, de nación en el futuro".

En febrero de 1951 Le Corbusier realiza su primer viaje de muchos a la India. Y pese a haber negociado en las condiciones de contrato escasas visitas anuales al país, su fascinación por este nuevo mundo le llevó a realizar veintitrés viajes cuyas ideas y reflexiones quedaron cristalizados en treinta y ocho de sus setenta cuadernos o "carnets" de viaje.

En estos carnets de 10x15cm, analiza aquello que le rodea, bien sea el entorno natural, el paisaje urbano, la forma de vida india, su arquitectura tradicional, la religión y sus símbolos, o cualquier elemento que le permita interiorizar una cultura desconocida para él hasta la fecha.

"Para un artista el dibujo es un medio por el cual investiga, escruta, anota y clasifica; es el medio de servirse de aquello que desea observar y comprender, y luego traducir y expresar", Le Corbusier [1].

La India muestra a Le Corbusier sus dos realidades, la física y la espiritual, entrelazadas en la cultura, la sociedad y la ciudad. Por ello, aparte de organizar Chandigarh por usos, estableciendo un paralelismo con la estructura del cuerpo humano, y resolver los distintos sectores mediante la retícula jerarquizada del sistema de las 7v, contó con elementos que gobiernan las ciudades tradicionales de la India, los grandes templos. Con este gesto, Le Corbusier ubica en el capitolio grandes obras que demuestran su comprensión de la filosofía y el estilo de vida indios.

Centrando esta comunicación en el ámbito físico del sector 1, Capitol Complex, cabe destacar que se trata de un complejo de obras inacabado, donde analizaremos los elementos y conceptos que supusieron una inspiración para su diseño y materialización parcial.



Fig. 1. Carnets Le Corbusier – Fondation Le Corbusier – Paris

2. Sector 1. El Capitolio de Chandigarh

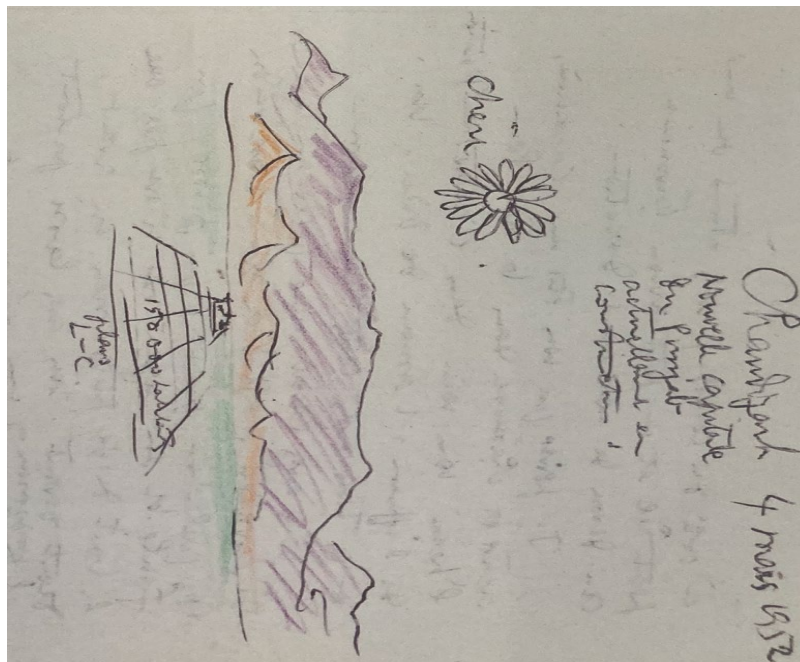


Fig. 2. Sketches of site plan of Chandigarh, 4 March 1952.

El llano terreno en que se ubica la futura ciudad, ofrece una relación inapelable con las montañas del Himalaya, y simboliza una conexión perfecta entre el cielo y la tierra, un vínculo con el más allá. Las Montañas sagradas Kailash, retiro de Shiva en el Himalaya, las fuentes del Yamuna y el río sagrado Ganges son una pequeña muestra del componente espiritual que nutrió a Le Corbusier en el desarrollo la ciudad.

Bien es sabida la fuerte fuente de inspiración que representa el paisaje y el entorno en las obras de Le Corbusier, pudiendo recordar el proceso con el que se materializó "la Pequeña Casa", en la que la obra precedió al lugar, hasta ser encontrado el idóneo para ubicarse, el lago Lemán (1923).

Por esto, no existía otra posición para el capitolio que el norte de la ciudad, a los pies de estas majestuosas montañas. Los Himalayas podrían recordarle a los Andes, o a los Alpes, solo que esta vez la cultura y el lugar requerían de un estudio y una asimilación del entorno que desbordaba lo físico para hacer trascender lo etéreo.



Fig. 3. Lettre à son épouse, Simlà, le 4 mars 1951. FLC, R1-12-89.

Numerosos bocetos de sus viajes muestran la relación visual entre lo material y lo inmaterial, acudiendo al Cebú, o las montañas para enmarcar la silueta de Chandigarh. La definición de la ciudad se adecúa a la fase de proyecto y la influencia que el entorno representa para el nuevo concepto de ciudad, variando las proporciones de los elementos con la intención clara de abrazar la futura urbe, con el Capitolio como rótula entre ciudad e Himalayas, tierra y cielo.

El trazo rápido pero expresivo de sus bocetos plasman conceptos que se repiten de manera constante en su viaje. Y es que conforme el dibujo va definiendo con mayor detalle los elementos que componen la ciudad, nos daremos cuenta como la abstracción de los mismos retoman estos conceptos dibujados en sus primeras impresiones.

Sobre el Capitolio Kenneth Frampton apuntaba "uno de los mayores malentendidos de la arquitectura es que simplemente se considera visual, un objeto al que mirar. Pero realmente cuando caminas, lees el espacio en términos del cuerpo y del suelo. Sobre lo que caminas es algo fundamental en el sentido de que ese camino está relacionado con las cosas hacia las que vas o de las que vienes. En ese sentido el paisaje aún tiene que hacerse, independientemente de los árboles y demás."

Se produce una situación donde la arquitectura empieza a entenderse como una extensión de aquello que ya está ahí. Porque nada existe en el mundo físico a no ser que se relacione con otra cosa, con su entorno, y esa es la relación que debe establecerse.

Le Corbusier haya en Delhi una fuente de inspiración, puesto que la reconocía como una ciudad ordenada y con poca polución, típico en ciudades de la era industrial. Sin embargo, mientras que Lutyens utiliza la simetría en Delhi, en el Capitolio Le Corbusier persigue una distribución asimétrica en equilibrio por la ubicación de masas, concepto que recupera de Fatehpur Sikri, construida en 1571 y considerado como símbolo del secularismo por NERHU, como combinación de la arquitectura india y árabe.

Para sumergirnos en la complejidad del Capitolio, Remi Papillault recuerda en una entrevista para la fundación Arquia, "solo los proyectos realizados para el capitolio ente 1951 y 1956 han sido publicados, todos los demás han quedado en papel. Había muchos proyectos diseñados con detalle para dar sentido al capitolio. Creer que al capitolio solo le falta el palacio del gobernador sería un grave error".

Los edificios y el espacio libre entre ellos tienen para Le Corbusier la misma relevancia, tal y como escribiría años atrás en sus cuadernos durante sus paseos por el Acrópolis de Atenas, donde el gran espacio vacío articula y enfatiza los templos dispersos que quedan sumergidos bajo el cielo azul.

En sus primeros bocetos en el país, demuestra su fascinación por el Jantar Mantar de Nueva Delhi, uno de los cinco complejos dedicados a la observación de los astros construidos por el maharajá Jai Singh en 1724. Le Corbusier esboza el alzado y la planta del observatorio, donde de nuevo se revela ese pensamiento que narra un hilo conductor para ir dando forma al capitolio, la relación entre los seres vivos y el cosmos.

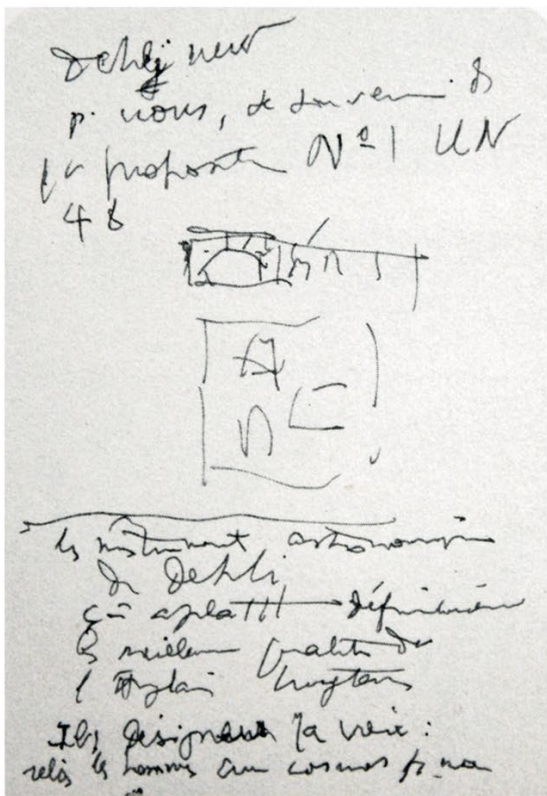


Fig. 4. E18-330.

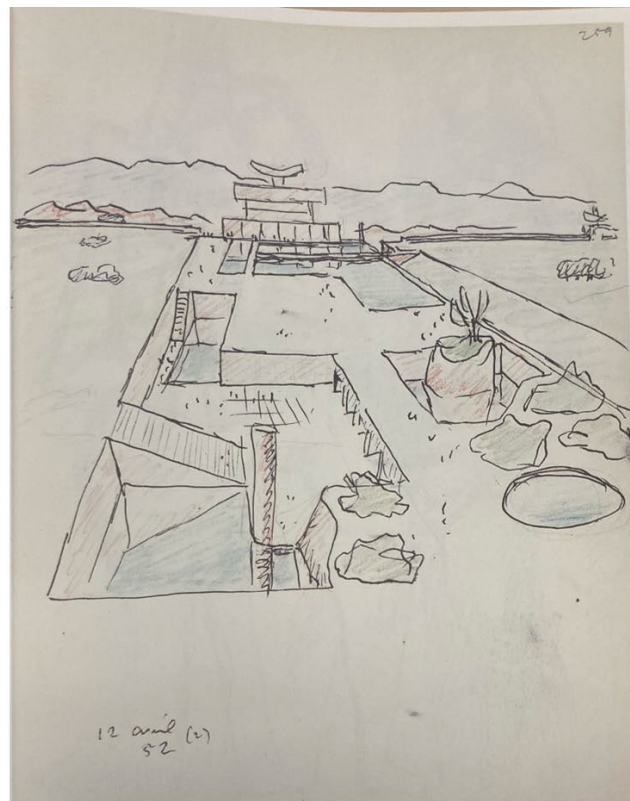


Fig. 5. Palacio del Gobernador.

Si bien el palacio del gobernador forma parte de aquellas arquitecturas no construidas, en los edificios ejecutados somos capaces de observar estas mismas reflexiones mediante un proceso de análisis inverso.

Enric Miralles en 1992, en su viaje a la india junto a Elías Torres y Benedetta Tagliabue realiza un ejercicio de abstracción, simplificando la geometría del contorno de la asamblea, mediante una secuencia de bocetos rápidos para extraer al Cebú como sección.

El Cebú, objeto de numerosos bocetos de Le Corbusier es un animal sagrado en india, que simboliza la naturaleza y abundancia. Junto a otros animales sagrados, representa en el arquitecto una fuente de inspiración, de vínculo entre cultura, religión y arquitectura.

Anotado en su Sketchbook, E18 n° 330, Le Corbusier anota "En India no hay domingo sino un día de 24 horas de armonía, sin muebles, sin más objetivo que las ocupaciones diversas. Y observo la amistad que une afectuosamente a los hombres, mujeres, niños, perros, vacas, búfalos, burros, cabras, cuervos, buitres, pájaros cantores, dioses, árboles, sol, sombra, agua...todo visible, presente, contiguo, conectado. No hay domingo, pecado original de castigo".

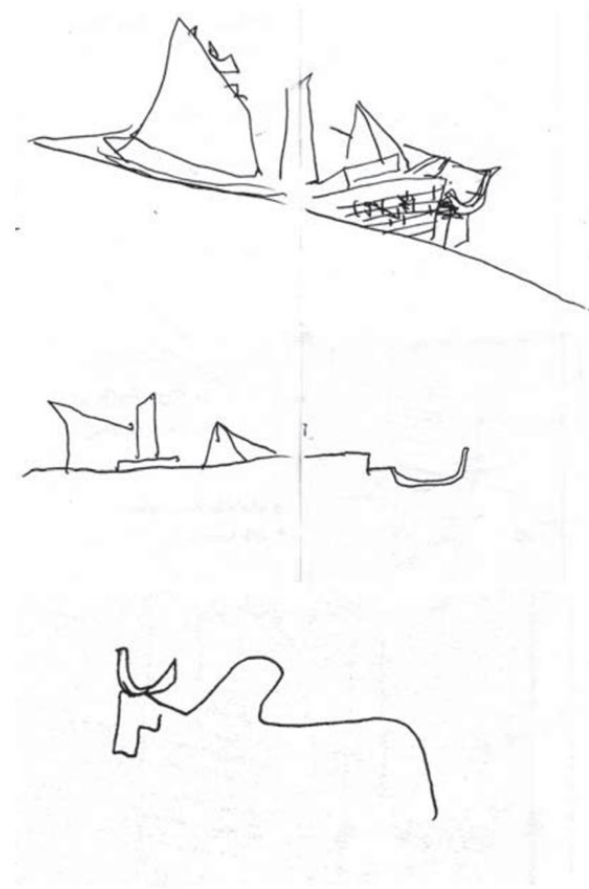


Fig. 6. Enric Miralles 1992.



Fig. 7. Vacas sagradas, Carnet L.C. K44.

3. Conclusiones

El proceso de diseño arquitectónico es complejo, y se convierte en una tarea cuyo acercamiento ha de producirse desde lo conceptual hasta lo material. Cuando Le Corbusier acepta el encargo de Chandigarh, son muchas las inquietudes y obsesiones previas cuya primera intención era poner en práctica, sin embargo, recorrer el lugar, asimilar los valores culturales, y comprender el comportamiento de una sociedad es un factor determinante

para transformar una idea preconcebida fruto de años de estudio, en un proyecto capaz de asentar de manera positiva en el lugar y su sociedad.

Le Corbusier se nutre del paisaje, de monumentos y construcciones vernáculas, tradiciones, elementos de culto, símbolos y vivencias acaecidas en sus viajes, para comprender dicha sociedad, y es a través de sus cuadernos de viaje con lo que consigue congelar esos momentos y pensamientos en papel, para consciente e inconscientemente recuperar ese conocimiento adquirido y dar forma a una idea llamada Chandigarh.

Este tipo de bocetos rápidos, nos demuestran la importancia que adquiere el dibujo para desarrollar un ejercicio de consolidación y asimilación del entorno físico y conceptual. No se trata de graficar aquello que está, sino aquello que se percibe. Son bocetos para uno mismo, que ayudarán a recuperar esas sensaciones llegado el momento.

4. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Le Corbusier. 1968. Dessins. Forces Vives. Paris, Genève.
- [2] Balmaseda Domínguez, Alba. 2013. Le Corbusier y la India: un viaje iniciático. P+C, N°4, pág 115-126.
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3844/lci.pdf?sequence=1>
- [3] Gilabert Sanz, Salvador; Barros Hugo, Costa; Cabanes Ginés, Miguel. 2014. Enric Miralles: Cuadernos del Viaje a la India. Comunicación Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Las Palmas de Gran Canaria.
<http://hdl.handle.net/2117/366310>
- [4] Palacios Aguilar, JDC. (2016). Chandigarh antes de Chandigarh (Cartografía de una idea). En LE CORBUSIER. 50 AÑOS DESPUÉS. Editorial Universitat Politècnica de València. 1625-1642. <https://doi.org/10.4995/LC2015.2015.639>
- [5] Ramesh, A. (2016). Le Corbusier in Chandigarh: A Search for the Natural Order. En LE CORBUSIER. 50 AÑOS DESPUÉS. Editorial Universitat Politècnica de València. 1784-1797. <https://doi.org/10.4995/LC2015.2015.784>
- [6] Drew, Jane; Fry, Maxwell. 1983. Chandigarh. Recuperado de: AA School of Architecture youtube channel. <https://www.youtube.com/AASchoolArchitecture>
- [7] Rewal. Manu. 2.000. Le Corbusier en la india. Fundación Arquia.
- [8] LE CORBUSIER, Oeuvre complete 1946 - 1952. Girsberger, Zurich 1958.
- [9] LE CORBUSIER, Oeuvre complete 1952 - 1957. Girsberger, Zurich 1958.

EL PAISAJE COMO FUNDAMENTO DE LA ARQUITECTURA

LANDSCAPE AS THE BASIS OF ARCHITECTURE

Francisco Hidalgo Núñez^a, Álvaro Hidalgo Núñez^b, Marina Sender Contell^c,
Santiago Lillo Giner^d

Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

^a frahine@ega.upv.es, ^b ahidalgo@ega.upv.es, ^c mscontel@ega.upv.es, ^d sanlilgi@ega.upv.es

How to cite: Hidalgo Núñez, F.; Hidalgo Núñez, A.; Sender Contell, M.; Lillo Giner, S. (2024). *Landscape as the basis of architecture*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 196-204. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Esta comunicación se enmarca en mi trabajo de investigación sobre "CONFLUENCIAS Y ANTAGONISMOS DE LA ARQUITECTURA ORIENTAL Y OCCIDENTAL" tomando como caso paradigmático los trabajos desarrollados por el estudio RCR ARQUITECTES, que persigue, entre otras cosas, establecer relaciones directas entre la metodología y tradición gráfica oriental y la evolución del proceso gráfico personal de RCR arquitectes.

Es conocida la sensibilidad de RCR arquitectes, premio Pritzker 2017, por otorgarle un especial protagonismo al lugar donde se asientan sus obras. A través de sus aguadas, como instrumento de conexión entre el pensamiento y el papel, se inicia un proceso que nace siempre desde el lugar o paisaje que envuelve el proyecto.

Un seguimiento delicado de su trabajo pretende mostrar la relación entre el boceto de ideación fruto de la impulsividad creativa de los autores y la representación gráfica del lugar exacto donde se sitúan sus proyectos, dando como resultado, una arquitectura líquida y fluida con su entorno que consigue un arraigo imperecedero.

El recorrido gráfico de este análisis pretende mostrar la influencia oriental, especialmente japonesa, en la expresividad y profundidad comunicativa del proceso generador de los proyectos arquitectónicos de RCR arquitectes.

"También es importante destacar nuestra influencia japonesa. (...). Ahí profundizamos en su cultura, en esa tradición gráfica que procedía de China y que nos parecía que transcribía de forma directa, casi impulsiva, las ideas que transitaban por nuestras cabezas: el brazo definía automáticamente lo que la mente le dictaba." [1]- Rafael Aranda, Carme Piguem y Ramón Vilalta.

Palabras clave: Arquitectura, Expresividad del boceto arquitectónico, Arquitectura Oriental y Paisaje.

Abstract

This communication is part of my research work on "CONFLUENCES AND ANTAGONISMS OF EASTERN AND WESTERN ARCHITECTURE" taking as a paradigmatic case the works developed by the studio RCR ARQUITECTES, which aims, among other things, to establish direct relations between the methodology and oriental graphic tradition and the evolution of the personal graphic process of RCR arquitectes.

The sensibility of RCR arquitectes, winner of the 2017 Pritzker Prize, is well known for giving special prominence to the place where his works are set. Through his gouaches, as an instrument of connection between thought and paper, a process is initiated that is always born from the place or landscape that surrounds the project.

A delicate monitoring of their work aims to show the relationship between the sketch of ideation resulting from the creative impulsivity of the authors and the graphic representation of the exact place where their projects are located, resulting in a liquid and fluid architecture with its environment that achieves an everlasting rootedness.

The graphical route of this analysis aims to show the oriental influence, especially Japanese, in the expressiveness and communicative depth of the process that generates the architectural projects of RCR arquitectes.

"It is also important to highlight our Japanese influence. (...). There we delved into their culture, into that graphic tradition that came from China and which seemed to us to transcribe in a direct, almost impulsive way, the ideas that were going through our heads: the arm automatically defined what the mind dictated to it". [1] - Rafael Aranda, Carme Piguem and Ramón Vilalta.

Keywords: Expressiveness of the Architectural Sketch, Oriental Architecture and Landscape.

1. Introducción

Desde sus inicios, el proceso creativo de RCR arquitectes se origina y desarrolla a partir del dibujo. Hacia finales de los años noventa, coincidiendo con su primer contacto con la cultura oriental, concretamente la japonesa, la aguada de tinta se convierte en el medio principal para plasmar en el papel sus reflexiones de forma natural, intencionadamente imprecisa y expresiva al mismo tiempo. Desde la simplicidad y la inmediatez que otorga el trazo grueso inicial hasta el resultado final de cada proyecto aparecen dibujos esquemáticos, conceptuales y artísticos.

Su expresividad refleja esta realidad intelectual, donde la búsqueda de posibilidades por las que transita un proyecto se ve potenciada por esos impulsos gráficos iniciales. La aguada, por tanto, se convierte en la herramienta adecuada para comunicar y materializar sus conceptos sin condicionar su ideología.

Josep María Montaner, catedrático de la Escuela de Arquitectura de Barcelona, apunta que sus creaciones gráficas expresan aquellos proto pensamientos indefinidos. *"Los esbozos y las acuarelas de RCR expresan lo que no puede hacerse con palabras y que todavía no tiene forma, lo que expresa una intuición"*. [2]

A su vez, el conocido crítico e historiador del arte Daniel Giralt-Miracle afirma *"En efecto, el lenguaje de RCR es libre, como su propia aplicación, porque tanto su génesis como su evolución los encontramos en sus pinturas y en sus edificios construidos, que son a su vez signos y símbolos, formas integradas en su contexto y que no renuncian a la elegancia, a la belleza y a la sencillez"*. [2]

Actualmente, RCR arquitectes posee un archivo propio de 6.437 dibujos catalogados y digitalizados que han formado parte en exposiciones nacionales e internacionales como: Atlas RCR: Un itinerario por once obras, en la galería Veta de Madrid; RCR Arquitectes dans la collection du Centre Pompidou, en el Centro Nacional de Arte y Cultura Georges Pompidou de París; y RCR. El somni de La Vila, en el museo Arts Santa Mónica de Barcelona.

Acercándonos a su trabajo gráfico desde la reflexión que se genera con la naturaleza, parece apreciarse de forma reiterada la representación de sus ideas y proyectos desde el exterior. Por supuesto, no se trata de una imagen precisa y real, sino más bien de la captación de una atmósfera diluida que intencionadamente se funde de inmediato con el proyecto. Esta cualidad se puede observar en proyectos muy tempranos del estudio

catalán, como la propuesta presentada en 1988 para el faro en Punta Aldea, por la cual ganaron el concurso de ideas; pero también en otros más tardíos y que de igual manera rezuman ese sentimiento de conexión con el lugar, como por ejemplo la carpa del restaurante Les Cols en Olot, realizada en el año 2011.

Si bien la naturaleza toma una relevancia destacable en los bocetos de RCR arquitectes, ¿significa esto que su representación es el punto de partida proyectual que origina tantos pensamientos?, ¿Cómo condiciona el entorno la realización de estos?, ¿Qué evolución gráfica se produce tras sus viajes a japon?

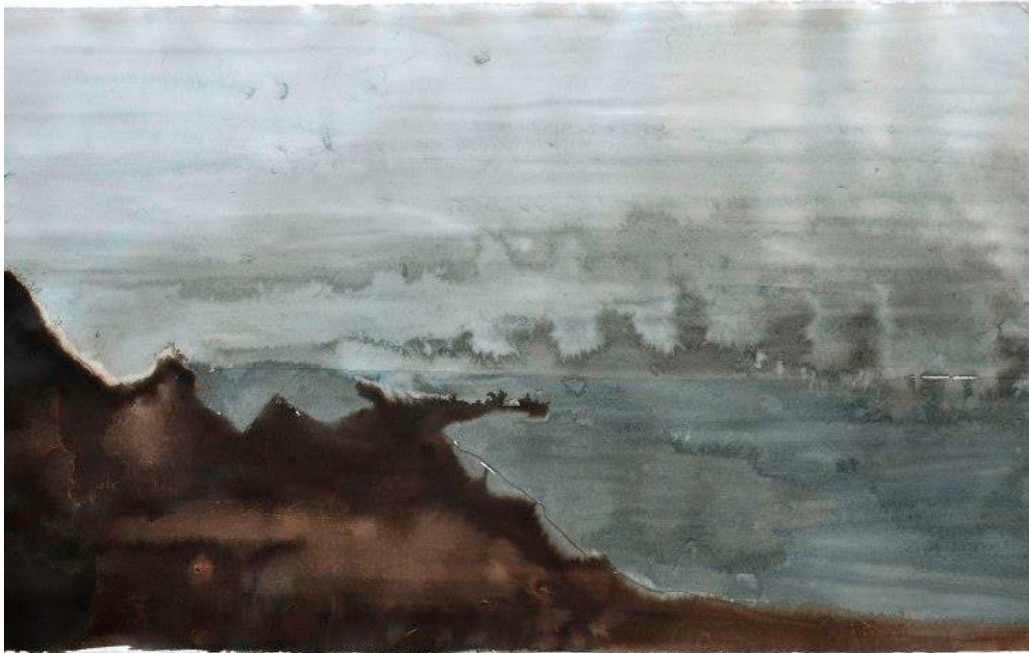


Fig. 1. Boceto concurso Faro de Punta Aldea. Autor: RCR arquitectes.

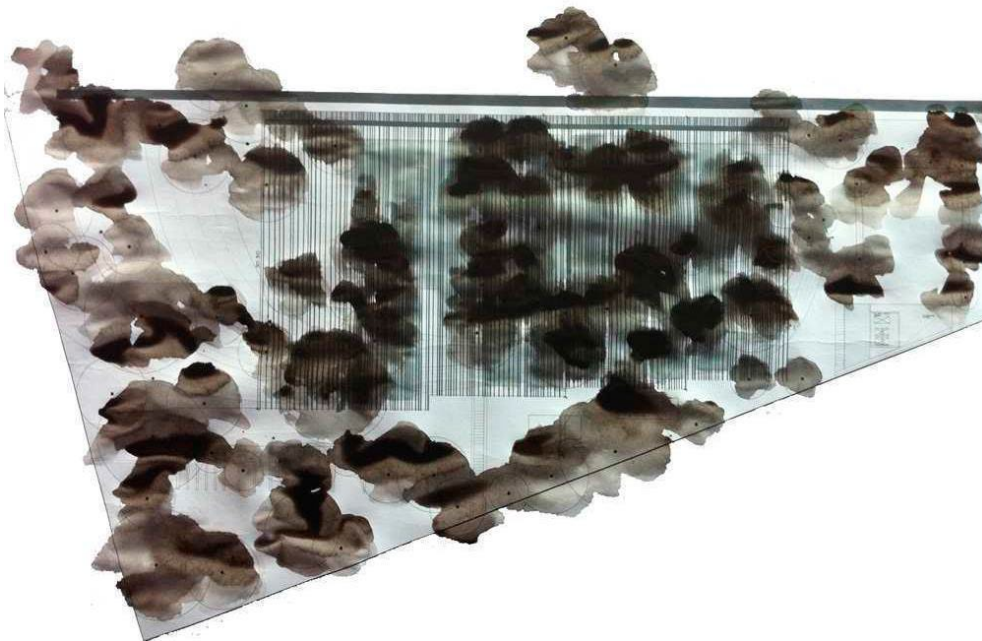


Fig. 2. Boceto Carpa del restaurante Les Cols. Autor: RCR arquitectes.

2. Objetivos

El objetivo de esta investigación es llegar a concretar una serie de parámetros comunes a los bocetos conceptuales de RCR arquitectes en relación al paisaje que les rodea a través de una reflexión fundamentada en las influencias y relaciones que establecen en sus viajes y estancias en el país oriental.

Se pretende explorar la génesis de algunos de sus proyectos y el papel que el lugar tiene en la misma, mediante la demostración analítica, conceptual y detallada de las obras seleccionadas. La escritora y crítica de arte Lucy R. Lippard lo expresa así en su ensayo "Jardines: Algunas metáforas del arte público":

"El arte (y, por extensión, la arquitectura) tiene que haber empezado como naturaleza misma, como una relación entre el ser humano y la naturaleza, de la que no podemos separarnos" [3].

3. Método y Proceso de Investigación

Esta percepción tan conectada a la naturaleza, evidencia en sus obras una relación de mediación entre un paisaje pasado y uno futuro, donde se busca en su mayor parte mantenerlo inalterado. Una visión poética sobre las fuerzas de la naturaleza que les cautivó cuando se adentraron en la cultura japonesa durante sus estancias en el país oriental. La ideología del *Sinto* o *Sintoísmo* fue el primer rasgo de pensamiento trascendental escrito que se conoce en Japón. En sus textos, la creación del país se relata a través de los *Kami*, manifestaciones antropomorfas de dioses que se presentan como fenómenos naturales. En aquella época, estas ideas sirven como principios por los cuales se desarrollará un culto a los espíritus de la naturaleza en forma de creencia *Sinto* o *El Camino de los dioses*.

La moralidad establecida en torno a los *Kami* determinaba una actitud de aceptación y sumisión de las fuerzas de la naturaleza, puesto que ésta se situaba por encima de todo en este mundo. Hoy en día, dicha corriente de pensamiento sigue presente en las costumbres y rituales de los habitantes del país.

Desde el despacho catalán, la respuesta proyectual se plantea siempre a partir de tres principios fundamentales. El primero de ellos, el lugar, pero no únicamente desde un punto de vista objetivo o pragmático de lo que encontramos físicamente allí, sino sobre todo desde un punto de vista subjetivo, perceptual. En una de las entrevistas realizadas por el arquitecto brasileño Gustavo Utarbo bajo el título "Entender el lugar", Rafael Aranda afirma: "el objetivo siempre es conseguir adentrarse en la mirada de aquel que habita ese lugar sin perder la individualidad de tus propias sensaciones" [4]. El segundo, el programa, que mantiene esa dualidad, objetivo y subjetivo. Por último, RCR arquitectes habla de los conceptos. Es decir, qué persiguen ellos transmitir a las personas que vayan a habitar estos espacios.

Para expresar estos conceptos, el pincel se convierte, en la mano de Rafael Aranda, en un instrumento con un recorrido casi automático entre el pensamiento y el brazo. Rafael Aranda explica así la consideración que el lugar tiene durante el proceso de ideación para un proyecto ubicado en el desierto de Shajah al este de Dubai:

"Por ejemplo, en un proyecto que estamos trabajando ahora, cuando analizamos el lugar, el desierto de Sharjah, vemos que es un terreno donde tenemos claramente unas líneas potentes de circulación, de acceso a este lugar. [5]



Fig. 3. Boceto conceptual sobre los fundamentos. Autor: RCR arquitectes.



Fig. 4. Boceto conceptual sobre el lugar. Autor: RCR arquitectes

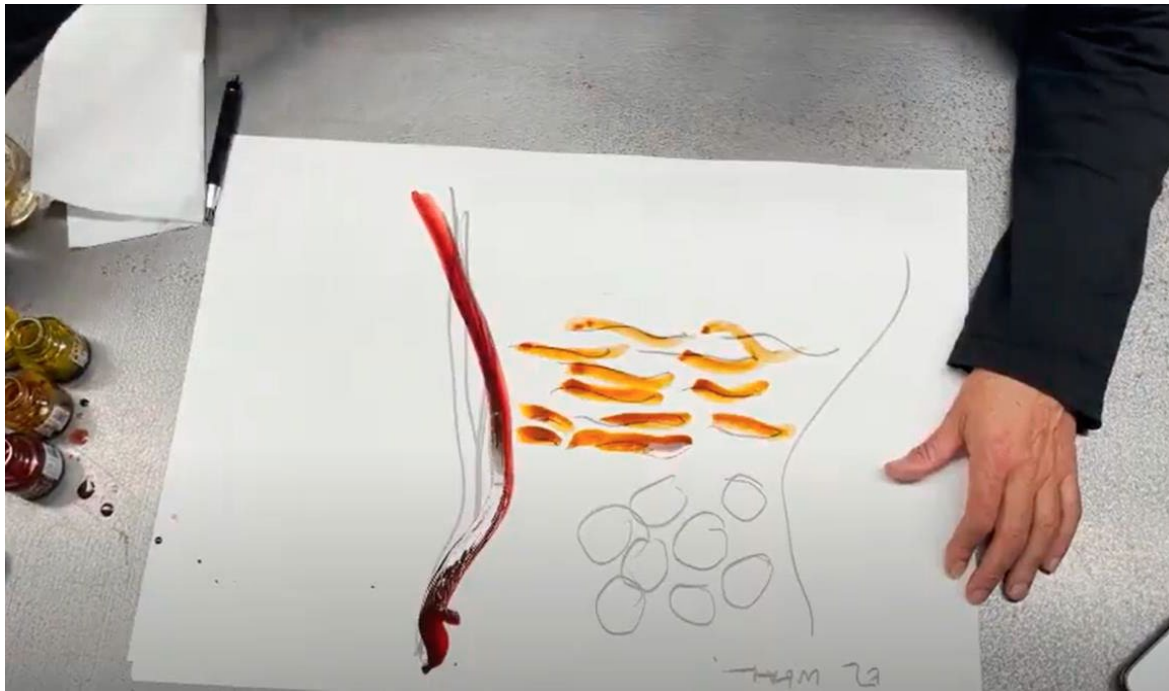


Fig. 5. Boceto conceptual sobre los fundamentos. Autor: RCR arquitectes.

"También tenemos una dirección de lo que son las dunas. Por un lado, lineales y por otro con dunas de formas más concéntricas, fruto de las diferentes corrientes de aire. Además, tenemos una zona muy importante que es una reserva de ghaf, el árbol típico característico de Dubai". [5]



Fig. 6. Boceto conceptual sobre el lugar. Autor: RCR arquitectes



Fig. 7. Boceto conceptual sobre los fundamentos. Autor: RCR arquitectes.

“Es importante ver como a partir de la suma de estas tres áreas, con una percepción subjetiva de un paisaje muy ondulado y continuo, y teniendo en cuenta donde se ubica el norte y por donde tenemos la puesta de sol, empiezas a entender este lugar.” [5]

Uno de los factores más importantes para la definición gráfica de un lugar es, sin ninguna duda, el color. De forma natural e inconsciente vemos en los dibujos de RCR como se produce la elección de una gama cromática concreta para trasladarnos a un espacio determinado. En este caso, el desierto de Shajah en Dubai, donde el cromatismo propio de la zona ya nos transmite unas percepciones de clima y temperatura. Por otro lado, la sinuosidad del trazo grueso del pincel proporciona la expresividad de elementos intangibles como el viento, la luz sobre las dunas, etc.

En algunos bocetos podemos atisbar cierta concomitancia con trabajos de grandes arquitectos como Luis Barragán o Steven Holl por su expresividad, técnica y utilización del color. Sin embargo, las aguadas iniciales de la mayoría de los proyectos de Rafael, Carme y Ramón pretenden plasmar intuiciones o sentimientos y para ello es necesario un dibujo expresivo e impreciso al mismo tiempo.

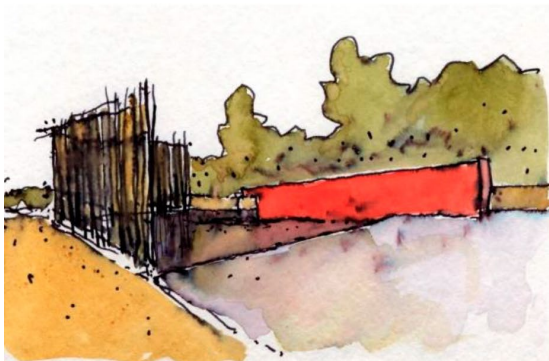


Fig. 8. Boceto de la obra La fuente de los amantes. Autor: Luis Barragán.



Fig. 9. The Rose that Grows in Paradise is Blue 2017. Galería Antonio Jannone. Autor: Steven Holl.

4. Resultados y conclusiones

La espiritualidad detrás de la naturaleza y todos los elementos que la conforman, denominados por la cultura japonesa como Kami: el terreno, la vegetación, el viento, el cielo, etc. están directamente relacionados con lo que RCR arquitectes ha definido en varias ocasiones como percepción subjetiva del lugar y, por lo tanto, su representación gráfica será fuente de inspiración durante el proceso creativo en todas sus obras.

De la misma forma que Bruno Taut en su periplo japonés, presenta y traslada a sus cuadernos nuevas inquietudes sobre temas como la relación con la naturaleza, la sociedad colectiva japonesa o los valores estéticos detrás de la arquitectura tradicional japonesa, RCR se preocupa durante su estancia allí por la relación de la pieza con el paisaje y todos los matices que contiene. Se plantean una serie de nuevos conceptos como el espacio "engawa" (entre) o la definición de un límite, entendiendo que éste no pasa por imponer una línea sino por generar un grueso habitable.

Se puede afirmar que la relación que se percibe entre un paisaje y todos sus elementos, así como la manera de representarlos, condicionarán el punto de partida proyectual de sus obras junto con otros condicionantes como el programa y los conceptos que se pretendan aportar.



Fig. 10. Boceto conceptual para la feria ARCO 2018. Autor: RCR arquitectes

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Merino Gómez, E., Moral Andrés, F., & Delgado Jiménez, A. (2019) Conversando con RCR Arquitectes. Parte I: De los límites del dibujo. Nostalgia de la ingravidez, EGA, 23, DOI:10.4995/ega.2018.10934
- [2] Aranda, R., Pigem, C. & Vilalta, R., 2023. Rcrarquitectes. <https://www.rcrarquitectes.es/es/>
- [3] Lippard, L. (1997), Gardens:Some Metaphors for Public Art. The New Press
- [4] RCR Bunka Fundación Privada (2021, Julio, 23). RCR Talks 2 / Arquitectura y Paisaje & Landscape / Utarbo. <https://www.youtube.com/@rcrbunkafundacioprivada/videos>
RCR Lab·A (2021, Junio, 7). Summer eWorkshop 2021. <https://www.youtube.com/@rcrlaba3121>
- [5] Nobuyuki Yoshida (2015). RCR arquitectes Journey, A+U Architecture + Urbanism, nº542. Tokyo: A+U Publishing Co.
- [6] Botond, B. (2003). Kochuu. Arquitectura japonesa influencias y origen. Fundación Arquia.
- [7] Tange K. (1979) Kenzo Tange Barcelona: Gustavo Gili
- [8] Taut, B. (2007). LA casa y la vida japonesa. Barclona. Fundación Arquia
- [9] Cooper, G. (2009) Project Japan: architecture and art media Edo to now. Victoria: Images Publishing Cop.
- [10] García, G. F. (2001) La arquitectura japonesa vista desde occidente – Japón y Occidente (II). Guadalquivir.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA DOCENCIA GRÁFICA ARQUITECTÓNICA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE TEACHING OF GRAPHIC EXPRESSION

Pablo Juan Gutiérrez^a, Sergio García Doménech^b, Ramón Maestre López-Salazar^c,

Universidad de Alicante, Alicante, Spain

^a pablo.juan@ua.es, ^b sergio.garcia@ua.es, ^c ramon.maestre@ua.es

How to cite: Juan Gutiérrez, P.; García Doménech, S.; López-Salazar, R. M. (2024). *Artificial intelligence for the teaching of graphic expression*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 205-212.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

El auge y la popularidad de la inteligencia artificial (en adelante IA) no ha hecho más que aumentar en los últimos años. De las múltiples aplicaciones, en este trabajo nos centramos en aquellas en las que la imagen forma parte tanto del proceso como del resultado. Gracias a las complejas, pero rapidísimas, combinaciones de algoritmos, las distintas versiones de la IA que actualmente hay a nuestra disposición son capaces de darnos acceso a un verdadero torrente de gráficos digitales que, más o menos orientados, determinados y controlados por nosotros y nosotras, han entrado a formar parte de nuestro imaginario visual contemporáneo.

La presente comunicación surge del esfuerzo por dotar de validez académica a dicha base de datos gráfica que, en la mayoría de las ocasiones, no deja de ser un conjunto de imágenes interesantes pero azarosas o inoportunas, con mucho potencial, pero con una evidente falta de orden. Partiendo de la hipótesis que subraya la importancia de la metodología llevada a cabo para la interacción con los dispositivos electrónicos utilizados, desarrollaremos un modo exportable de utilizar la IA de manera fértil y didáctica en un contexto gráfico arquitectónico. Con las conclusiones argumentaremos cómo es posible, desde el rigor, incorporar este innovador dibujar como parte de nuestra labor docente y, con los resultados, evidenciaremos no sólo las muchas posibilidades sino también las limitaciones de esta serie ilimitada y creciente de dibujos automatizados.

Palabras clave: Expresión Gráfica, Inteligencia Artificial, Geometría, Representación.

Abstract

The rise and popularity of artificial intelligence (hereinafter AI) has only increased in recent years. Of the multiple applications and software, in this work we focus on those in which the image is part of both the process and the result. Thanks to the complex, but extremely fast, combinations of algorithms, the different versions of AI that are currently at our disposal are capable of giving us access to a veritable torrent of digital graphics that, more or less oriented, determined and controlled by us, have become part of our contemporary visual imagination.

This communication arises from the effort to provide academic validity to said graphic database which, in most cases, is still a set of interesting but random or inopportune images, with a lot of potential, but with an evident lack of order. Starting from the hypothesis that underlines the importance of the methodology carried out for the interaction with the electronic devices used, we will develop an exportable way of using AI in a fertile and

didactic way in an architectural graphic context. With the conclusions we will argue how it is possible, rigorously, to incorporate this innovative drawing as part of our teaching work and, with the results, we will show not only the many possibilities but also the limitations of this unlimited and growing series of automated drawings.

Keywords: Graphic Expression, Artificial Intelligence, Geometry, Representation.

1. Introducción

El auge y la popularidad de la inteligencia artificial (AI por sus iniciales en inglés) no ha hecho más que aumentar en los últimos años. Aparentemente parte innegable del porvenir que nos depara la constante transformación (algunas veces evolución) tecnológica, y ya sea en su vertiente textual o gráfica, es usado por todos los perfiles de usuario posibles; desde académicos y profesionales hasta aficionados o *amateurs*. De las múltiples aplicaciones posibles nos centraremos, en este trabajo de investigación, en aquellas en las que es protagonista la imagen (su creación, generación, edición o postproducción), ya sea durante su proceso o como parte del resultado.

Gracias a las complejas, pero rapidísimas, combinaciones de algoritmos, las distintas versiones de la IA que actualmente hay a nuestra disposición son capaces de darnos acceso a un verdadero torrente de gráficos digitales que, más o menos orientados, determinados y controlados por nosotros y nosotras, han entrado a formar parte de nuestro imaginario visual contemporáneo.

La presente comunicación surge del esfuerzo por dotar de validez académica a dicha base de datos gráfica que, en la mayoría de las ocasiones, no deja de ser un conjunto de imágenes interesantes pero azarosas o inoportunas, con mucho potencial, pero con una evidente falta de orden.

2. Desorden e inteligencia artificial

La hipótesis de partida, que en parte ha motivado la realización de esta investigación, es aquella que subraya la importancia capital de la metodología llevada a cabo. No sólo durante la inevitable interacción con los dispositivos electrónicos sino a la hora de valorar las imágenes resultantes y establecer estrategias para su modificación. En el presente apartado contextualizaremos la problemática contemporánea atendiendo a la información, las descripciones textuales y las distintas inteligencias artificiales disponibles en la actualidad.

2.1. Torrentes de información

Inmersos, como estamos, en una era donde la información (en cantidad y calidad) es la más accesible de la historia, se evidencia más importante que nunca ser críticos con la misma. O, dicho de otro modo, es fundamental (para nuestra supervivencia y bienestar) tener el criterio que nos permita jerarquizarla y ordenarla atendiendo a nuestros intereses o consignas.

Las redes sociales, las plataformas de entretenimiento, los medios de información, los motores de búsqueda, los repositorios científicos y académicos... y el largo etcétera de las herramientas de comunicación y difusión de la información que tenemos a nuestra disposición, nos ofrecen una compleja amalgama de datos que, como decimos, debemos seleccionar y filtrar. Lo mismo sucede con los dos conceptos principales con los que trabajamos en el presente estudio: las imágenes y las inteligencias artificiales disponibles. Por un lado, torrentes de imágenes bombardean diariamente nuestra retina y, por otro, existen numerosas plataformas desde donde interactuar con las distintas inteligencias artificiales

disponibles. Es, especialmente en nuestro contexto académico, fundamental una criba selectiva y consciente.

2.2. Palabras e imágenes

En el presente estudio analizamos explícitamente la generación de imágenes a partir de descripciones textuales. Esto es, para cada palabra, o combinación de las mismas, el sistema identifica, combina o propone una serie de imágenes, en la mayoría de las ocasiones inéditas y generadas *exprofeso* para la ocasión. Esta dirección de trabajo (desde el texto a la imagen) requiere, implícita, la contraria (de la imagen al texto). Según estudios recientes a propósito del deep learning “representation learning is a set of methods that allows a machine to be fed with raw data and automatically discover the representatios needed for detection or classification” (Lecun et alters 2015, 436).

Observamos que el proceso requiere que la computadora sea capaz, antes de nada, de identificar, clasificar y comprender las imágenes en bruto (*raw*) que, en un lenguaje informático, se identifican ni más ni menos que con conjuntos de cientos de miles de píxeles. Diferenciar (inteligente y gráficamente) un edificio de un perro o de una planta puede parecer algo baladí, pero en un sistema binario requiere ciertamente de varios niveles de complejidad y programación, de autoaprendizaje y testeo. Con mayor motivo a la hora de analizar y comprender, de leer a partir de una imagen, la diferencia entre una ventana y una puerta, entre dos tipos de pavimento o, por ejemplo, los posibles usos de un espacio atendiendo a los muebles en el mismo.

2.3. Inteligencia artificial gráfica

Tal y como apuntábamos más arriba, el esfuerzo en la investigación lo hemos centrado en el trabajo con las inteligencias artificiales disponibles, fundamentalmente, en el contexto de la generación y edición de imágenes. Dichos sistemas, como decimos, son capaces de identificar y significar los conjuntos de píxeles que, en un formato bidimensional, construyen la representación concreta con la que trabajar. La inteligencia artificial gráfica se utiliza desde hace tiempo implícita en numerosas aplicaciones que se sirven de ella para monitorizar la información (o personalizar la experiencia del usuario) pero que, ahora más que nunca, se nos ofrecen como herramientas interactivas con las que trabajar e intervenir (figura 1).

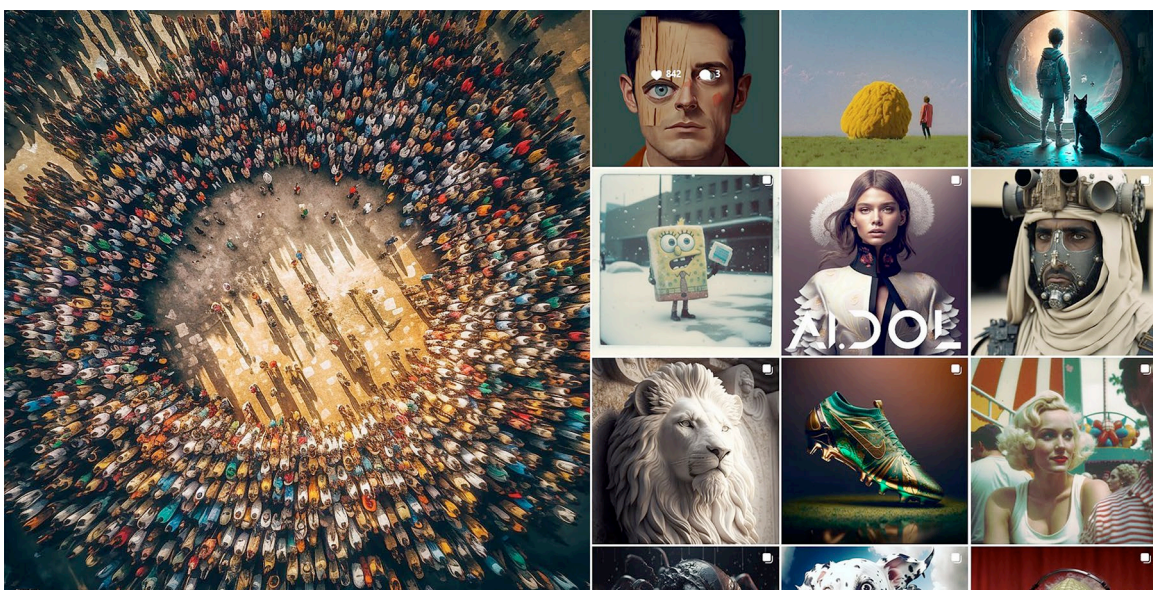


Fig. 1. Imágenes generadas a partir de descripciones con palabras e inteligencia artificial
@midjourneyartwork

3. Orden y expresión gráfica arquitectónica

El objetivo principal ahora es el de desarrollar, a partir de una forma de comprender el flujo de trabajo con la inteligencia artificial gráfica, un modo exportable, fértil y didáctico de utilizarla en nuestros contextos de trabajo gráfico arquitectónicos. Recordemos la advertencia del filósofo Byung-Chul "El presente se reduce a picos de actualidad. Ya no dura." (Han 2009, 18): parte de nuestra labor será, pues, la de construir significado y relaciones desde esta atomización digital en la que la imagen se nos presenta y nos interpela continuamente ya que "cuando leemos imágenes (...) les agregamos la temporalidad propia de la narrativa" (Manguel 2001, 37)

3.1. Dibujar con la inteligencia artificial

Podemos clasificar, fundamentalmente, tres maneras de dibujar con la inteligencia artificial:

- **A partir de descripción textual**

Si nos centramos en una búsqueda de una imagen o serie de imágenes a partir de una descripción textual, debemos hablar de los *prompts* que, en el contexto de trabajo, significan la explicación o definición de aquello que queremos que se dibuje. Cada programa o aplicación tiene sus propias reglas de creación e inserción de prompts, pero podemos resumir estas líneas de texto en la suma de dos componentes:

A, **C**

Siendo A la descripción de aquello que queremos imaginar o generar y **C** los parámetros que lo caracterizan. Por ejemplo, podremos dibujar con este *prompt*:

*Woman sitting on sofa, **ultra-realistic***

Donde la primera parte de la frase corresponde con la descripción en sí y, la segunda, con los parámetros de la imagen. O podremos, por el contrario, utilizar este otro *input*:

*Woman in her 60s sitting on the sofa in her living room, calmly observing the wooded exterior through her large and only window. On her lap is a black dachshund, asleep. The walls are plain with some landscape paintings, there is a fireplace on the back wall, turned off. The whole room is illuminated in red. **Hyperrealistic, CGI, HDR, red-lighting, --ar 16:9***

Que, al ser más concreto, afinará mejor el resultado (en el caso de que sepamos lo que buscamos). Los parámetros a introducir dependen de cada inteligencia artificial, por citar unos cuantos:

- **Aspect ratios** (que define la relación de aspecto de la fotografía: --ar)
- **Chaos** (mediante el que se define el grado de diferencias entre las imágenes resultantes: --chaos)
- **No** (mediante el que se define los elementos que no queremos que contenga la **imagen**)
- **Quality** (para controlar la calidad en el renderizado y procesado del detalle en el resultado: --quality)
- **Style** (para orientar la imagen hacia un imaginario gráfico: comic, realista, naturalista, impresionista, expresivo, tinta, acuarela, ...: --style)
- ...etc.

- **A partir de descripción gráfica**

Por su parte, para una generación o búsqueda de imágenes a partir de una descripción visual o gráfica, comenzaremos la descripción con la dirección web de la imagen o imágenes con las que queremos que la inteligencia artificial desarrolle sus propuestas. En este caso los dos componentes se definirán así:

B, C

Donde **C** siguen siendo los parámetros que permite cada una de las inteligencias artificiales y **B** será la descripción gráfica de partida. Es decir, en vez de escribir *Woman sitting on a sofa* subiremos una imagen que lo represente y generaremos los resultados a partir de ahí. Dado que cada imagen contiene, *per se*, una serie de estilos y parámetros implícitos (tipo de fotografía, detalle, estilo, iluminación, color y un largo etcétera) será muy importante partir de una imagen lo suficientemente sugerente sobre la que establecer variaciones o, por el contrario, lo suficientemente precisa. La inteligencia artificial nos pedirá definir un parámetro (*Image Weight*) con el que valorar el grado de similitud o diferencias entre los resultados finales y las imágenes de partida.

- **A partir de una combinación textual-gráfica**

Por último, y como es lógico, la mayoría de los sistemas nos permitirán combinar ambas descripciones: la visual y la gráfica:

A + B, C

3.2. Aprender con la inteligencia artificial

La siempre contradictoria y polémica relación entre las palabras y las imágenes a las que se refieren supone, con el uso de la inteligencia artificial gráfica, un nuevo estado de complejidad. Aunque podríamos ser capaces, con un método bien estructurado y consensuado, de establecer una estrategia para nombrar una imagen de una determinada y unívoca manera, a las plataformas de generación de imágenes les resulta muy difícil plantear una solución específica, concreta y única (ver ejemplos Figuras 2 y 3). "The first is the eye that sees, the second is the object seen, the third is the distance between them" says Dürer after Piero della Francesca (PANOFSKY p. 67): la distancia entre el ojo y el objeto se torna, mediada por la IA, en un parámetro creativo y parte constituyente de las herramientas de modificación de lo gráfico.

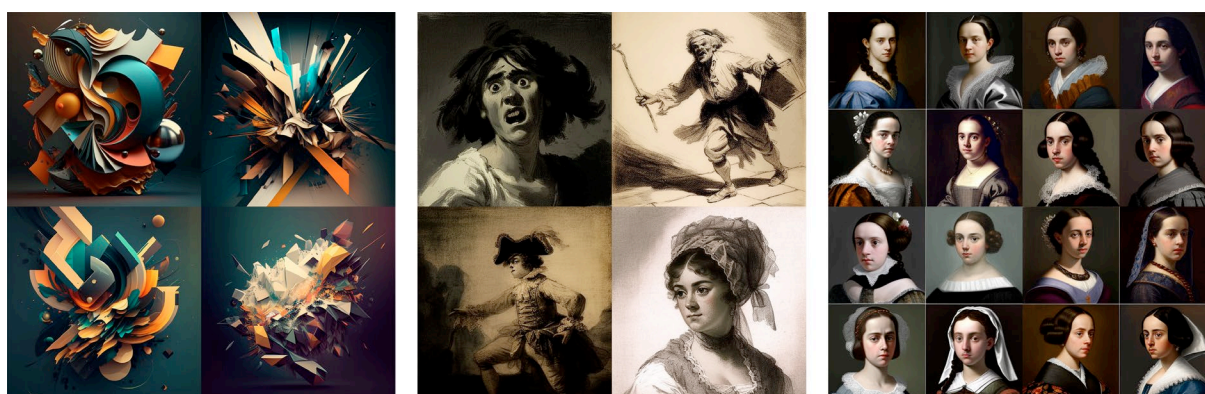


Fig. 2. Prompts, de izquierda a derecha: Abstractions; Francisco_De_Goya, drawings, ink and graphite; Meninas_of_Velazquez, variations. Inteligencia artificial utilizada (para todas las imágenes del trabajo): Midjourney



Fig. 3. Prompts, de izquierda a derecha: A sun study, a solar study, from sunrise to sunset, an urban context; architecture in arrakis; a vertical section of a modern architecture, technical drawing, ink.

Por el contrario, y haciendo del defecto virtud, la manera habitual que tienen de trabajar es ir ofreciendo, por aproximaciones sucesivas, múltiples soluciones que, cribadas por el dibujante entendido como aquel que interactúa con la computadora, van acercándose, poco a poco, a aquello que se pretende. O mejor, que se busca. Porque, y este concepto es clave para lo que actualmente nos permiten obtener las aplicaciones actuales, a la computadora no le cuesta tanto la cantidad como la precisión: ella nos da cantidad y, en el flujo de trabajo, nosotros y nosotras seleccionamos para cribar y conseguir un resultado preciso y adecuado. Pertinente (Figura 4). Siguiendo la tesis de Bauman “el hombre moderno (...) recorre el mundo prestando continuidad a lo episódico y haciendo un todo de lo fragmentario” (Bauman 2003, 46)

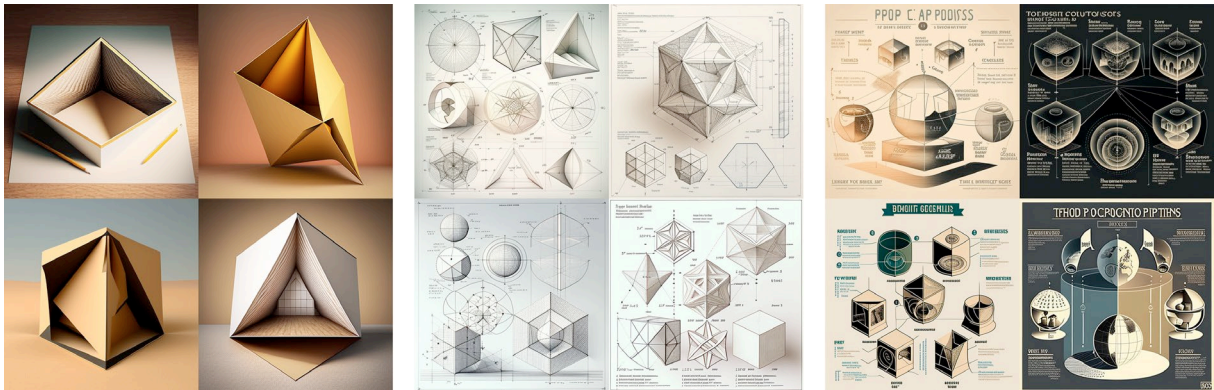


Fig. 4. Prompts, de izquierda a derecha: conical perspective of a perfect cube; geometry diagrams technical drawing; Infographic drawing explaining the types of projections

El ejemplo de la Figura 5 y 6 es muy elocuente para lo que intentamos evidenciar. Mientras que utilizando técnicas y herramientas de dibujo por ordenador y tratamiento de imagen tradicionales (nótese que ya diferenciamos entre tradicional como aquello anterior a la IA) los resultados son muy precisos y únicos (con un tiempo de elaboración alto, pero acertados), con el uso de la inteligencia artificial la metodología cambia: poco tiempo, muchos resultados y muy imprecisos. Aunque esto sin duda mejorará con la evolución e implementación de la inteligencia artificial (en el momento en el que escribimos estas líneas ya hay una versión beta para el software Photoshop que permite modificar las imágenes -o partes de ellas- selectivamente y mediante *prompts*) lo cierto es que el grado de precisión y de adecuación a nuestros propósitos sigue siendo menor en el caso de la utilización de texto para la definición de gráficos ya que, de alguna manera u otra, se implementa un componente de azar y ambigüedad *per se*.



Fig. 5. De izquierda a derecha: modelo básico (en adelante X); entorno urbano, entorno invernal, entorno apocalíptico. Autores: Justo Oliva Meyer y Carlos Bañón.



Fig. 6. Prompts, de izquierda a derecha: variations of X, urban city, trees, cloudy; variations of X, a photo inside an industrial and dirty city, snowing; variations of X changing the sky and inserting the result in an industrial city

3.3. Enseñar utilizando la inteligencia artificial

En el presente trabajo de investigación proponemos entender la inteligencia artificial como parte de las herramientas de trabajo que, tanto el discente como el docente, tienen a su disposición. Sólo de esta manera estaremos en condiciones de definir unos enunciados y unos objetivos alineados con las competencias, las capacidades y con los resultados del aprendizaje que el estudiante debe alcanzar.

Es por este motivo por el que, además de enseñar las principales reglas de juego que el empleo de las plataformas requiere, se ponga en valor el papel del dibujante de arquitectura que, hoy más que nunca, se evidencia como la pieza clave del dibujar contemporáneo. Como nos recuerda Arneheim (y donde dice línea y papel entiéndase imagen y dispositivo digital): "Cualquier línea trazada sobre una hoja de papel (...) es como una piedra arrojada a un estanque: perturba el reposo, moviliza el espacio. Ver es la percepción de una acción." (Arneheim 1999, 27).

Determinando y guiando el torrente visual con el que nos referíamos al principio del trabajo al contexto de trabajo actual, el discente o el docente tienen una responsabilidad doble: por un lado, seleccionar las imágenes adecuadas (de la misma manera que cuando dibujamos con carboncillo seleccionamos la línea) y, por otro, valorar si dichas imágenes seleccionadas están a la altura de lo que requieren los objetivos del trabajo en el que nos encontremos inmersos. Lógicamente no es lo mismo un proceso de ideación donde las imágenes actúan casi a modo de disparador que un proceso de representación de una atmósfera concreta en una arquitectura geoméricamente determinada. En cualquier caso y siguiendo las ideas de Scarpa "I want to see things. I don't trust anything else. I place things in front of me on the paper so that I can see them. I want to see therefore I draw" (Carlo Scarpa 1990, 12 en Fraser 1993).

4. Conclusiones



Fig. 7. Prompts, de izquierda a derecha: blend Meninas and Edward Hooper splash; blend Schwitters collage and picture X

Las principales conclusiones del trabajo, entendidas a modo de líneas de investigación, son:

- Incorporar el rigor, durante este innovador dibujar, no tanto con la precisión del resultado sino con la adecuación del mismo a los objetivos e hipótesis iniciales,
- Las limitaciones de esta serie ilimitada y continuamente creciente de dibujos automatizados son, desde el punto de vista geométrico, la todavía falta de correspondencia con un elemento coherente y tridimensional al que se referencien y, desde un punto de vista conceptual, la inevitable falta de precisión que una definición textual tiene a la hora de definir de manera unívoca un resultado gráfico,
- Incorporar en el proceso de enseñanza-aprendizaje las herramientas gráficas contemporáneas que significan las inteligencias artificiales es tan pertinente como necesario y, a su vez, complementa y subraya, delimitando su marco de trabajo, la importancia de las tradicionales.

5. Citas y referencias bibliográficas

- [1] Arneheim, R. 1999. Arte y percepción visual. Madrid: Alianza editorial
- [2] Bauman, Z. (2003) "De peregrino a turista" en Hall, S. (ed) Cuestiones de identidad cultural, Buenos Aires: Amorrortu
- [3] Fraser, Ian; Henmi, Rod (1993). Envisioning Architecture: An Analysis of Drawing
- [4] Han, Byung-Chul (2009). *El aroma del tiempo. Un ensayo filosófico sobre el arte de demorarse*. Barcelona: Editorial Herder.
- [5] LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton, G. (2015) "Deep learning". *Nature* 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- [6] Manguel, Alberto (2001) Leer imágenes. Madrid: Alianza editorial
- [7] Panofsky, Erwin (1927) *Perspective as a symbolic form*. Barcelona: Tusquets editores

EL PORTAL DEL MAR DE VALENCIA. UN ACCESO FORTIFICADO A LA CIUDAD

THE "PORTAL DEL MAR" OF VALENCIA. A FORTIFIED ACCESS TO THE CITY

Santiago Lillo Giner^a, Francisco Hidalgo Núñez^b, Álvaro Hidalgo Núñez^c,
Manuel Giménez Ribera^d

Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

^asanlilgi@ega.upv.es, ^bfrahine@ega.upv.es, ^cahidalgo@ega.upv.es, ^dmagiri1@ega.upv.es

How to cite: Lillo Giner, S.; Hidalgo Núñez, F.; Hidalgo Núñez, A.; Manuel Giménez, R. (2024). *The "Portal del Mar" of Valencia. A fortified access to the city.* In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023.* Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp.213-222. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La historia del portal del Mar de Valencia, construido inicialmente para permitir el acceso al recinto fortificado cristiano desde los caminos procedentes del puerto, se encuentra íntimamente ligada a la historia de la propia ciudad y muy en especial, a la de sus murallas. Sin embargo, es con el vecino edificio de la Ciudadela con quien ha mantenido un devenir paralelo desde el momento de su creación. No en vano, uno de los elementos que integraban este recinto militar y que constituía parte de su origen, era el baluarte semicilíndrico edificado para defender esta puerta.

Esta relación de interdependencia, condicionada por su propia ubicación estratégica, es sin duda la que ha propiciado que el portal del Mar se postulase, a pesar de la existencia de otras puertas de mayor entidad, como el acceso más fortificado, con un mayor nivel de defensa, de todo el perímetro amurallado de la ciudad.

La presente investigación tiene como objetivo el estudio de los aspectos morfológicos y estilísticos fundamentales del Portal del Mar de Valencia y su entorno urbanístico, a través de un recorrido histórico por los principales acontecimientos que han ido conformando el monumento desde su origen hasta su desaparición final. El estudio histórico se complementa con el análisis gráfico desarrollado en base a planimetrías históricas y grabados de la zona con los que ha podido llevarse a cabo una recreación virtual del propio Portal del Mar y del edificio de la Ciudadela anexo.

Palabras clave: Portal del Mar, Ciudadela, Valencia, muralla.

Abstract

The history of the "Portal del Mar" in Valencia, initially built to allow access to the Christian fortified enclosure from the roads coming from the port, is closely linked to the city's history, particularly to the history of its walls. However, the neighbouring building of the Citadel held a parallel evolution from the time of its creation. Not for nothing, one of the elements that made up this military facility and became part of their origin was the semicylindrical stronghold built to defend this gate.

This relationship of interdependence, conditioned by its strategic position, is undoubtedly the one that has meant the portal to be postulated, despite the existence of other more

substantial gates, such as the most fortified access and with a higher level of defence in the whole walled city perimeter.

This research aims to study the fundamental morphological and stylistic aspects of the "Portal del Mar" in Valencia and its urban environment through a historical journey of the main events that have shaped the monument from its origin to its final disappearance. The historical study is complemented by the graphical analysis developed based on historical planimetry and engravings of the area with which it has been possible to carry out the virtual restitution of the Portal del Mar itself and the annexed Citadel building.

Keywords: "Portal del Mar", Citadel, Valencia, city walls.

1. Ubicación y origen

El primer portal del Mar de la muralla cristiana de la ciudad, construida en el siglo XIV, vino a reemplazar al conocido como de la Xerea, situado en la primitiva muralla árabe y que daba paso al arrabal del mismo nombre en la antigua Balansiya, cuando todavía coexistían los dos recintos fortificados. Sin embargo, no se encontraba exactamente frente a él, ya que, según afirma Teixidor: "Fabricado el Muro nuevo que en el día cerca la ciudad, se hubo de abrir el nuevo Portal del Mar, que no se abrió enfrente del antiguo Portal de la Xerea, por embarazarlo nuestro Convento"[1]. Efectivamente, según testimonia el plano que Pascual Esclapés trazaría en 1805 en base al manuscrito de Tosca [2], superponiendo a la trama urbana la muralla islámica, la antigua puerta del Mar queda desplazada hacia la vertiente oriental del perímetro amurallado a causa de la presencia del recinto del convento de Santo Domingo y su huerto, que ya existía al construirse la nueva muralla. Carboneres afirma también, a propósito de su ubicación, que la puerta se encuentra en el punto de intersección de las prolongaciones hacia la muralla de la calle del Mar por un lado y del camino que conduce desde el portal hasta el puente homónimo por otro, que aproximadamente se correspondería con lo que hoy en día es la calle Navarro Reverter [3].

La primera referencia documental encontrada hasta la fecha que permite constatar la existencia de un portal en la muralla conocido como portal del Mar o porta de la Mar, data del 20 de mayo del año 1401, fecha en la que se hace entrega al carretero Pere Pasqual de 16 sueldos por el transporte a este acceso de 16 carretas de piedra labrada, procedentes del derribado portal de n'Avinyó [4]. Posteriormente, en el año 1409, el Consejo de la ciudad acordaría la apertura de la citada calle del Mar, con el fin de embellecer la ciudad y dotarla de una salida hasta la puerta homónima: "... Per que lo dit Consell apres moltes paraules e rahons de quen haudes, hague en be la abertura del dit carrer (del Mar), com fos cosa de gran enbelliment de la ciutat e dret cami per exir de la ciutat e anar al portal de la Mar"[5].

A lo largo del siglo se llevan a cabo diferentes intervenciones menores, como la instalación de una hornacina en la que quedaría alojado un Ángel Custodio en el año 1475, hasta que en agosto del año siguiente se acuerda que en el camino del Mar, en la parte exterior de la muralla, "sia fet hun bell portal ab ses belles torres de la fayco e manera que per los Obrers de les obres de la ciutat sera devisada"[4]. Efectivamente, en los terrenos situados extramuros frente al portal original daría comienzo, aprovechando una cimentación ejecutada anteriormente, la construcción de un nuevo acceso que con el tiempo terminaría reemplazando al primero. Para ello se establece un pago de diez mil sueldos durante el primer año y veinte mil los siguientes hasta su terminación. En 1497 se tienen noticias de la expropiación de una casa y un huerto al mercader Pedro Coscollá, en cuyo solar debía construirse el nuevo portal [4] aunque, tras varias interrupciones, la obra quedaría nuevamente inconclusa hasta el año 1540 en que se procede a su continuación. Finalmente, en 1542, con motivo de la visita del príncipe Don Felipe, se acuerda "scurar e netejar la cequia que passa davant les torres noves del portal de la Mar"[4].

La ejecución de esta nueva versión de un portal que se encontraba ya en uso debía suponer sin embargo la consecuencia lógica de la renovación del tramo de muralla al que quedaría adscrito, es decir, el tramo que discurría entre el portal conocido como de los Judíos y la torre de l' Esperó. Esta torre, edificada originalmente como refuerzo del giro de la muralla procedente del cauce del Turia, pasó a formar parte posteriormente del recinto fortificado de la Ciudadela.

Es difícil plantear una hipótesis que nos permita establecer cuáles pudieron haber sido los motivos por lo que se procedió a construir el portal antes que la propia muralla en la que, como se ha dicho, debía quedar integrado, aunque evidentemente es lógico pensar que su ejecución debía responder a un proyecto más amplio que contemplaría la renovación de todo el lienzo en su vertiente oriental. Esta renovación se haría finalmente efectiva en el año 1543, con la construcción del tramo de muralla anteriormente citado.

Efectivamente, a las primeras alarmas de posibles ataques sobre la capital por parte de la armada otomana a principios de la década de los treinta -que tuvieron como consecuencia directa la construcción del baluarte del Grao- les sucedieron otras, como las acontecidas en 1543. En esta ocasión, tras los ataques a diferentes poblaciones de la costa, el virrey don Fernando de Aragón, duque de Calabria, procuró reforzar todas las defensas del Reino [6]. Aunque la mayor parte de las inversiones se concentraron en los puntos más estratégicos del litoral valenciano, en la capital se llevaron a cabo una serie de visitas por parte del virrey, acompañado de varios especialistas en materia de defensa y guerra, tales como Alonso Delgadillo, Francisco Fenollet, Diego de Cárceres, Pedro de Castroverde y Joan de Cervelló [7], a raíz de las cuales se elaboraron diversos planes de fortificación y movilización de tropas. De uno de estos planes pudo al fin la capital ser partícipe entre los años 1543 y 1544 [8]. En esta ocasión se plantearían reformas en las murallas de la ciudad, especialmente en la fachada oriental de la muralla, la más expuesta a un previsible ataque desde el mar. Como consecuencia de estas reformas se llevó a cabo la construcción en 1543 del baluarte situado junto al portal del Mar y la ejecución del proyecto de fortificación de Pedro de Guevara (Fig. 1) en 1544 en base al cual se reforzaría la torre de l' Esperó con la construcción de un baluarte provisional [9]. Ambas obras supusieron el origen de lo que posteriormente se daría a conocer en principio como Casa de Armas y por último, como Ciudadela de Valencia.

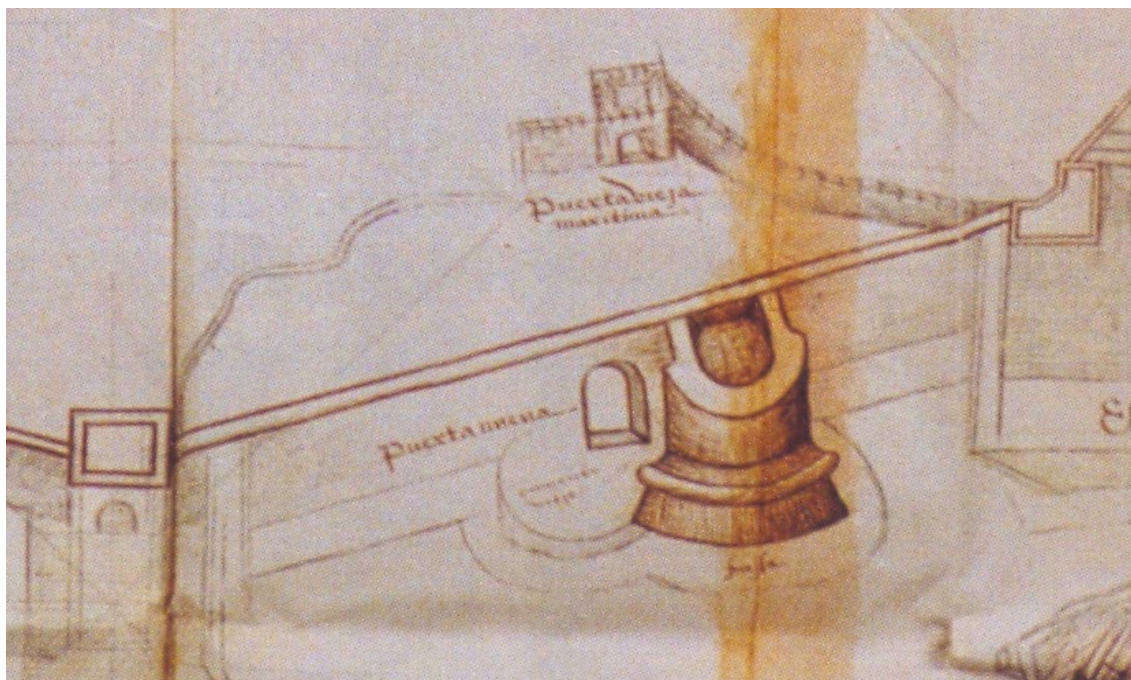


Fig. 1. Proyecto para la fortificación de Valencia (fragmento). Pedro de Guevara. 1544. Archivo de los Duques de Alba.

Como se ha señalado anteriormente, la base de todas las intervenciones llevadas a cabo en este periodo sería la renovación del tramo de muralla comprendido entre la citada torre de l' Esperó y el portal de los Judíos, cuyo coste final alcanzaría los doce mil ducados [4], y que el historiador Escolano recoge en sus Décadas: "En el [año] de mil quinientos cuarenta y tres abrieron foso alrededor de la ciudad donde no le había, que fue desde la puerta de los Judíos hasta la del Real y desde la de Cuarte hasta el portal Nuevo, a costa de la Fábrica de los Muros y Valladares. Y por el mismo tiempo levantaron el baluarte de la puerta de la Mar y renovaron el lienço de muro que corre desde la torre del Esperón hasta la puerta de los Judíos; acabándose todo en el año siguiente de mil quinientos cuarenta y cuatro..."[10]. Aunque las razones por las cuales se decidió renovar este tramo de muralla nos son desconocidas, podemos trazar algunas teorías que nos ayuden a clarificar la cuestión. Como se ha indicado anteriormente, se había planteado la posibilidad de construir un nuevo portal incluso antes de levantar el propio muro, hasta el punto de llegar a ejecutar su cimentación fuera del recinto amurallado. Una vez construida esta nueva puerta que, según parece, en un principio quedaba exenta, serviría de punto de partida para levantar después la nueva muralla.

La primera hipótesis que se desprende de todo ello nos remite al hecho de que el trazado excesivamente irregular de la antigua muralla pudiera ofrecer puntos muertos y zonas poco seguras para su defensa, además de dificultar la construcción de una estructura auxiliar para protegerla. Otra posible razón se basa, aunque no se ha podido certificar, en que la muralla del siglo XIV hubiera podido quedar dañada a consecuencia de las continuas avenidas del Turia, que se desbordaba siguiendo el curso de lo que había sido la Rambla de Predicadores, y surgiera la necesidad de renovarla o de crear un doble cinturón para protegerla [1]. Otros indicios responden a necesidades comerciales, según las cuales la construcción de un doble cerramiento facilitaría el control de mercancías procedentes del puerto y el pago de los correspondientes aranceles, teniendo como base el edificio de la Aduana en uno de los lados de la plaza situada entre los dos portales. En cualquier caso, con la presencia de esta doble protección se generaría una nueva plaza que sería destinada en un principio a albergar a los canteros instalados hasta entonces en la vecina plaza de Predicadores [1].

Una vez construido el nuevo portal no se derribaría el viejo, que permaneció en pie hasta el año 1707, hecho que demuestran numerosas referencias documentales, tanto gráficas como escritas. Tal es el caso de la fechada en 17 de abril de 1606: "...lo dit sotsobrer pera fer una paret entre los dos portals de la Mar, al costat de la casa de don Christophol Vallterra"[4], o la cita de Teixidor, que además nos describe algunos de sus elementos: "A poca distancia del nuevo Portal del Mar i casi enfrente del Bastion o Baluarte nuevo, avia un Portalejo no mui alto, pero tan ancho que passavan sin dificultad galeras i coches: i sobre el avia habitacion cuya puertecita esta va a mano izquierda saliendo de la ciudad. Sobre este Portalejo a la parte interior de la Ciudad estava colocada la milagrosa antiquissima imagen de la Virgen de Buena Via, a quien hacian solemnissima fiesta anual los vecinos de la Plaza (...)" [1].

Como se ha dicho, la coexistencia de dos portales dando paso a la ciudad a través de sus dos correspondientes tramos de muralla, dio lugar a la formación de un espacio o plaza delimitado en los lados opuestos al muro por el solar donde posteriormente se construiría la Casa de Armas y por el edificio de la antigua Aduana. La plaza ofrecía así un espacio donde las mercancías podían ser controladas convenientemente, facilitando el pago de las correspondientes tasas [1].

Otros documentos gráficos que atestiguan la presencia de esta doble muralla y de sus puertas correspondientes son, en primer lugar, el citado plano de Pedro de Guevara, que representa el perímetro amurallado de la ciudad. A través de sus trazos se puede constatar cómo surgen, partiendo de la torre de l' Esperó, dos murallas diferentes: una cóncava y de trazado irregular en el centro de la cual se representa, según cita la nota anexa, la "puerta vieja marítima" y otra de trazado recto que llega hasta la puerta "de los Judíos", a la que queda adosada el baluarte semicilíndrico. Junto a él, representado como un simple vano

con arco de medio punto, se encuentra la "puerta nueva" y debajo de ésta se intuye una forma circular con la inscripción "cimiento viejo", que corrobora el hecho de que fue levantada sobre una cimentación construida con anterioridad. Como se observa, la puerta original se reduce a una construcción prismática de planta rectangular con remate almenado y un vano que, aunque no se aprecia con claridad, parece conformado, al igual que en la puerta nueva, por un arco de medio punto de menor tamaño que el de la anterior.

Por otra parte, el grabado vista de Valencia, que Wijngaerde realizó en el año 1563 (Fig. 2A), será también de utilidad a nuestro propósito. Aunque aparece representado prácticamente en forma de boceto, se puede apreciar con claridad el doble lienzo de muralla junto a la Casa de Armas, delimitado al sur por el edificio de la antigua Aduana y al norte por la torre de l' Esperó. Aunque ambas murallas, al contrario que en la imagen de Guevara, aparecen rectas, el portal viejo se muestra también como una simple elevación en la zona del vano, también aquí en forma de arco de medio punto. Junto la abertura de la puerta nueva -que se percibe en el presente grabado como más pequeña que la primitiva- se observa el baluarte de 1543 adosado a la muralla que termina en el torreón o en su baluarte frontal.

En tercer lugar, podemos recurrir al *Nobilis Ac Regia Civitas Valentie in Hispania* de Mancelli, ejecutado en 1608 (Fig. 2B). El espacio delimitado por el doble lienzo de muralla se representa en este caso cerrado en el lado septentrional por uno de los nuevos edificios de la Casa de Armas, cuyo testero queda adosado al tramo de muralla junto al baluarte semicircular. En el lado opuesto permanece el edificio de la Aduana. En la vertiente occidental de la plaza el portal interior o viejo aparece como en la imagen anterior, es decir, una elevación de la muralla rematada con almenas bajo la cual se encuentra el vano de la puerta flanqueado por una serie de edificios de una sola planta. En cambio, el portal nuevo queda representado con notables diferencias respecto al grabado anterior. Se muestra en este caso como una puerta más monumental, con un volumen prismático que sobresale en planta y alzado del perímetro de la muralla y coronado por una cornisa almenada.

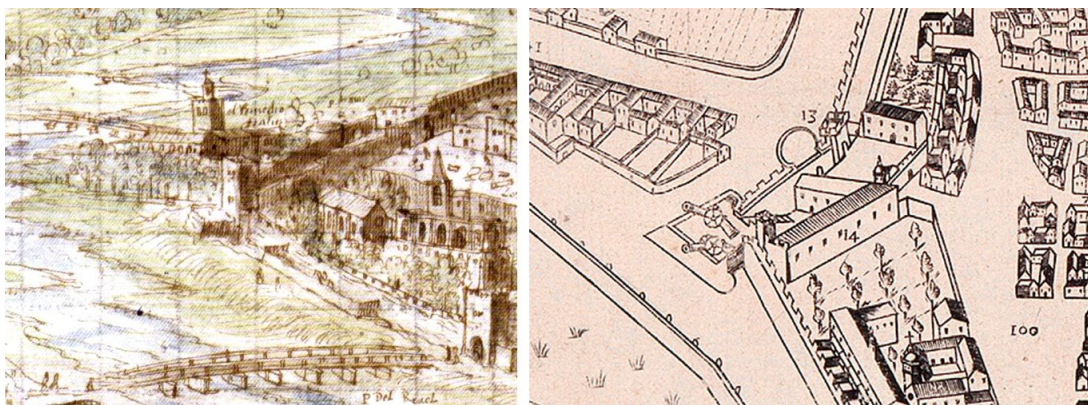


Fig. 2. Vista de Valencia. Wijngaerde. 1563. *Nobilis Ac Regia Civitas Valentie*. Mancelli. 1608

A lo largo del resto del siglo, hasta el derribo en 1707 del portal viejo, no se tienen noticias de obras significativas en ninguno de los dos portales. A pesar de todo, observando la representación de la puerta nueva del Mar que Mancelli lleva a cabo y comparándola con la del grabado que Wijngaerde realizó 45 años antes, parece que hubiera podido sufrir una importante remodelación en este periodo de tiempo. Esta hipótesis pierde fuerza sin embargo cuando analizamos el plano de Tosca (Fig. 3) en el que, si bien el portal no puede verse por encontrarse representado prácticamente en planta, sí nos permite apreciar el aumento de sección del muro que se produce según la representación de 1608. Además, al analizar el resto de puertas menores de la ciudad, se comprueba que han sido todas ellas reproducidas del mismo modo, es decir un prisma rectangular rematado por almenas, aun cuando se tiene constancia de que muchos de ellos eran simples vanos practicados en la

muralla [11]. Esto nos lleva a suponer que Mancelli habría idealizado la representación de los portales de la ciudad, entre ellos el del Mar, en aras de ofrecer una imagen más monumental, con una mayor carga simbólica, de la ciudad amurallada.

El mencionado *Valentia edetanorum*, realizado por Tomás Vicente Tosca en 1704, es la última fuente gráfica que acredita, casi un siglo después que la anterior, la existencia del doble lienzo de muralla. Trazado en perspectiva militar, la fidelidad y el detalle con que se representa el conjunto de la Casa de Armas en su etapa previa a la guerra de Sucesión nos permite entender, en contraposición con la segunda versión del plano grabada por Fortea treinta y cuatro años después, las transformaciones que sufrieron el edificio y su entorno inmediato como consecuencia de la victoria de los Borbones y la instauración del decreto de Nueva Planta en el año 1707. Estas transformaciones son especialmente patentes en la zona que nos ocupa ya que, por motivos de seguridad, se demolieron el portal viejo del Mar, el lienzo interior de la muralla y algunos de los edificios adyacentes.

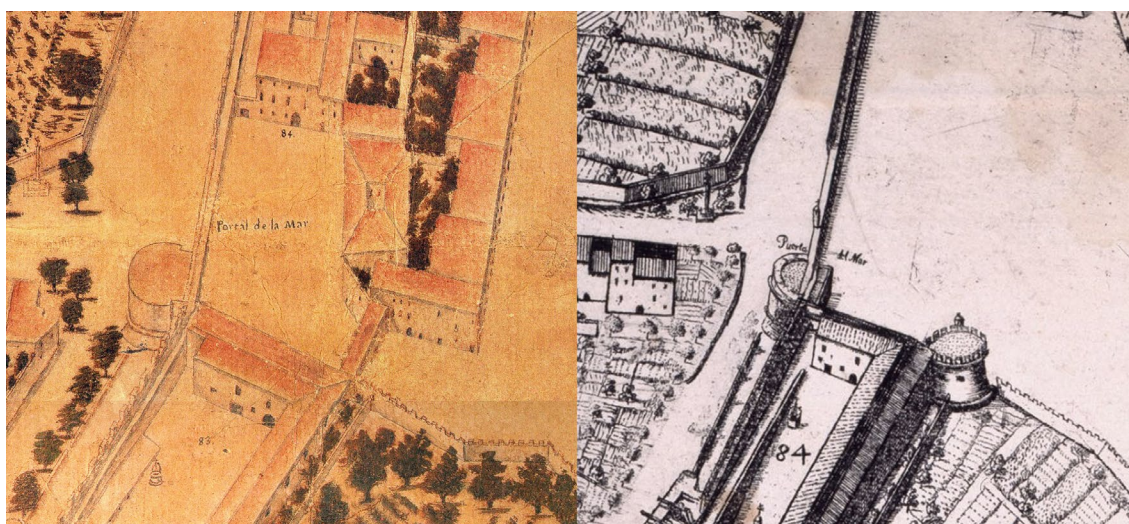


Fig. 3. *Valentia edetanorum/ aliis contestanorum*, vulgo del Cid (fragmento). Versión original de Tomás Vicente Tosca de 1704 y posterior grabada por Fortea en 1738. AMV

2. Adscripción al neoclasicismo del entorno

Como consecuencia del celo por la seguridad de las fortificaciones que trajo consigo el cambio de régimen y el temor de las autoridades a las posibles represalias por parte de los propios ciudadanos, que habían manifestado abiertamente su apoyo a la causa austracista, el portal nuevo del Mar sería clausurado “a cal y canto”[13]. Según indica Teixidor, permanecería cerrado hasta que “concluida la obra de cantería que le adorna, con facultad del Rey se abrió Domingo día de la Virgen de los Desamparados a 13 de mayo del año 1764 i por el solamente entran los generos que vienen del mar i se registran en la pequeña Aduana que ai a la izquierda a este fin fabricada en el mismo año, como la habitacion que está enfrente de ella para retiro de los soldados que estan de guardia en dicho portal. Sobre este, a la parte interior, ai una piedra negra en forma ovada, i en ella con letras mayusculas romanas de oro ai gravado: AÑO DE 1764 REYNANDO D. CARLOS III”[1].

Efectivamente, “la calidad arquitectónica de la nueva Aduana, construida en la segunda mitad del XVIII, en cierta medida vino a exigir la reordenación de un entorno caracterizado por el hacinamiento e insalubridad del caserío y la estrechez del callejero”[14]. Coincidiendo por tanto con la conclusión de las obras del nuevo edificio de la Aduana en el año 1764, la zona empieza a ser objeto de mejoras urbanísticas, especialmente a partir de la ocupación francesa con el gobierno del Mariscal Suchet. El portal se reabre, profundamente transformado en estilo neoclásico y con un arco de entrada mayor, tal y como aparece en

los conocidos grabados de Pedro Vicente Rodríguez y Tomás López Enguídanos de 1802 y 1809 respectivamente, donde se representa la fachada de la puerta orientada a la plaza de Santo Domingo (Fig. 4).

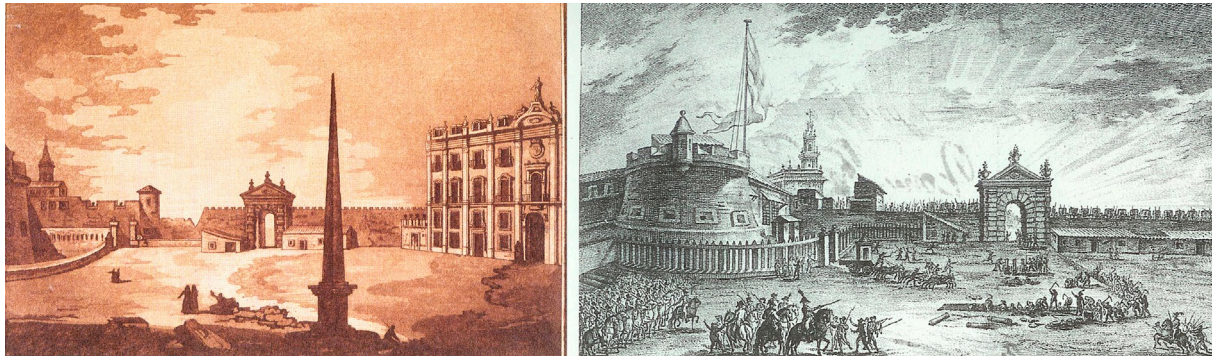


Fig. 4. Vista de la Plaza de Sto. Domingo. Pedro Vicente Rodríguez. 1802. Vista de la Ciudadela. Tomás López Enguídanos. 1809

El arco central de medio punto y aproximadamente 3,70 m. de luz aparece en esta nueva versión del portal flanqueado por pilastras almohadilladas, al igual que el resto del paramento de fachada. Se completa con una prominente cornisa y un frontón triangular que aloja la piedra ovalada que cita Teixidor. Como adorno, el monumento se remata en su centro y esquinas con acróteras. Además, junto al portal fueron construidas, adosadas a la muralla, dos pequeñas edificaciones que debían albergar el cuerpo de Guardia, para cuyo proyecto se utilizó el plano trazado en 1751 por Carlos Beranguer para el Cuartel de Benimamet [15].

3. Nuevas reformas

El 23 de mayo de 1817 se propone a la Junta General de la Fábrica de Murs i Valls la apertura "de una nueva puerta (...) colateral e idéntica en todo a la actual para evitar los riesgos que puedan ocurrir, especialmente en la temporada del verano por el excesivo número de carruages y gentes que por ella transitan"[11], tal y como se había hecho anteriormente con la del Real. El proyecto, que no llegó a realizarse (Fig. 5), serviría de base para el que finalmente se llevó a cabo en 1842, bajo la dirección del arquitecto Jorge Gisbert como miembro de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos, a la cual el consistorio había remitido su realización [12], y cuyas obras concluirían al año siguiente. El croquis representa el estado previo de la puerta y el resultante después de la adición de un segundo vano simétrico al anterior. Se mantendría la cornisa superior, aunque el frontón triangular y las acróteras del remate serían sustituidos por un nuevo cuerpo plano adornado con el escudo de armas de la ciudad y las dieciséis banderas concedidas por Decreto del Gobierno provisional como premio por los servicios prestados por la ciudad en el alzamiento nacional de 1843 [11]. Las jambas y dovelas de los arcos quedan marcadas por el relieve de la sillería, según el almohadillado de las pilastras. La decoración se completa con las inscripciones conmemorativas "Reynando Isabel Segunda. Año 1843" en la fachada exterior y "Construida la puerta de la derecha en 1764, el Ayuntamiento de esta ciudad en los años 1842 y 43 edificó la segunda bajo la dirección del arquitecto D. Gorge Gisbert" en la interior [11].

El vano añadido corresponde al lado de la muralla más próxima a la Ciudadela, por lo que hubo de demolerse el pequeño edificio para el cuerpo de guardia que custodiaba el acceso. El aspecto que ofrecía el portal tras su remodelación queda reflejado en grabados como el de Gimeno (Fig. 6), donde además se pone de manifiesto su relación con el baluarte de la Ciudadela. En éste, parece haber desaparecido el escudo y las banderas del

remate. Destaca sin embargo el énfasis en la representación del movimiento, del continuo tránsito de peatones y mercancías que esperan junto al portal para ser llevadas al puerto; es el símbolo de una sociedad preindustrial que empieza a despertar bajo el humo de sus fábricas.

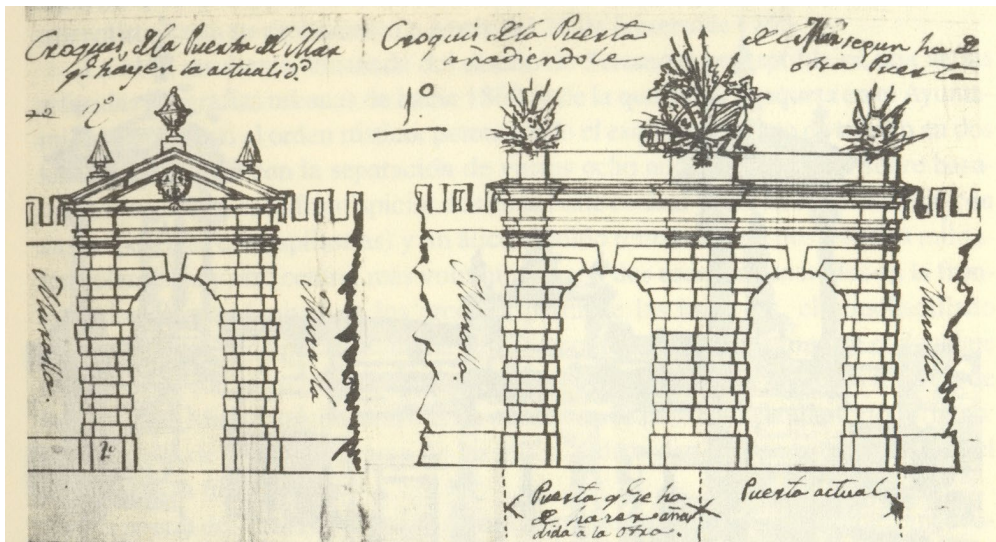


Fig. 5. Proyecto de reforma de la puerta del Mar. Manuel Serrano. 1817. AMV



Fig. 6. La puerta de la Mar. Moreno Gimeno. 1843-1868. Manuel Sanchis Guarner. La ciudad de Valencia.

4. Conclusiones

Como fruto de la nueva política de expansión urbana que se estaba llevando a cabo en la ciudad, tuvo lugar en el año 1865 el derribo de las murallas y con ellas el de la mayor parte de sus puertas. En el caso del Portal del Mar, su desaparición se formalizaría tres años más tarde, apenas veintiséis años después de su remodelación. El portal del Mar, como tantas otras obras del patrimonio de la ciudad, víctima de una floreciente tendencia desarrollista, pasaría con su desaparición, a formar parte del legado exclusivo de nuestra memoria.

Con el análisis de algunas de las principales fuentes documentales y el estudio de las planimetrías y grabados disponibles, se ha llevado a cabo la restitución virtual del Portal del Mar en el entorno del Conjunto de la Ciudadela en cada una de sus diferentes etapas, de las que incluimos una en el presente documento (Fig. 7). A través de la reconstrucción del edificio, se pretende recuperar la imagen de uno de los principales enclaves defensivos de la ciudad que perduraría hasta bien entrado el siglo XX. Se trata, en definitiva, de recuperar la memoria de un legado que no debería quedar en el olvido.

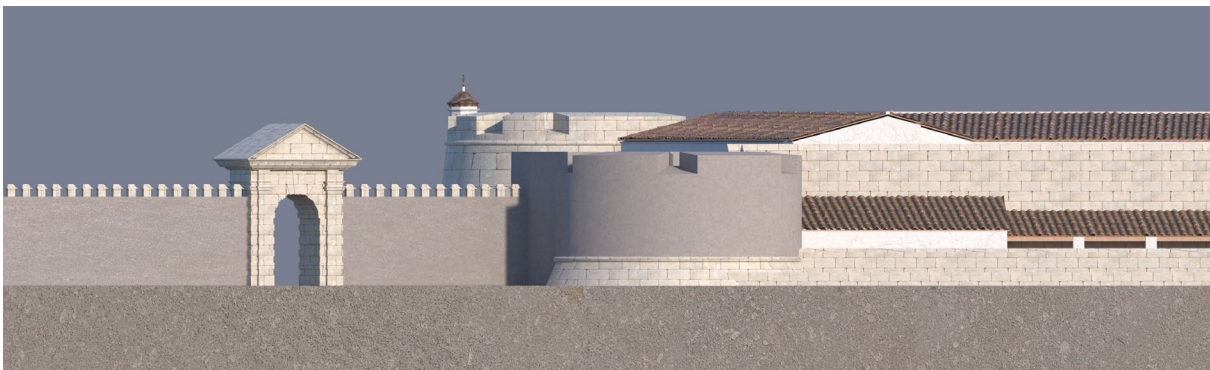


Fig. 7. Reconstrucción planimétrica del portal del Mar y el baluarte de la Ciudadela previa a la remodelación de 1842. Dibujo del autor.

5. Referencias bibliográficas

- [1] TEIXIDOR Y TRILLES, José. *Antigüedades de Valencia*. Valencia: Paris-Valencia, 1985. Facsímil del original: Imprenta de Francisco Vives Mora, 1895. Pp. 157-164.
- [2] ESCLAPÉS DE GUILLÓ, Pasqual. *Resumen historial de la fundación y antigüedad de la Ciudad de Valencia*. Valencia: Paris-Valencia, 1979. Facsímil del original: Josef Estevan, 1805
- [3] CARBONERES, Manuel. *Nomenclátor de las puertas, calles y plazas de Valencia*. Valencia: Paris-Valencia, 1980. Facsímil del original: Imp. del Avisador Valenciano, 1873
- [4] Archivo Municipal de Valencia. Libro Sotsobreria de Murs i Valls. SMV d3-13, f 126v, nº. 4. 1. 1., nº. 121, d3-124, nº. 179
- [5] Archivo Municipal de Valencia. *Manual de Consells*, nº. 24 A
- [6] PARDO MOLERO, José Francisco; RUIZ IBÁÑEZ, José Javier. "Una monarquía, dos reinos y un mar. La defensa de los reinos de Valencia y Murcia en los siglos XVI y XVII". En: CANCELLA, R. et al. *Mediterraneo in armi (secc. XY-XVIII)*. Palermo: Quaderni di Mediterranea, 2007, p. 430-445
- [7] PARDO MOLERO, José Francisco. "Proyectos y obras de fortificación en la Valencia de Carlos V". *Estudis: revista de historia moderna*, 2000, nº. 26, p. 137-176

- [8] ARCINIEGA GARCÍA, Luis. "Defensas a la antigua y a la moderna en el Reino de Valencia durante el siglo XVI". *Espacio, tiempo y forma. Serie VII. Historia del arte*, 1999, n.º. 12, p. 61-94
- [9] COBOS GUERRA, Fernando; DE CASTRO FERNÁNDEZ, José Javier. "Inicio y desarrollo de la fortificación moderna en el Reino de Valencia 1544-1579". En: SÁNCHEZ GIJÓN, A. (coord.). *Luis Escrivá, su apología y la fortificación imperial*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència, 2000
- [10] ESCOLANO, Gaspar. *Décadas de la insigne y coronada ciudad y Reino de Valencia*. Valencia: Paris-Valencia, 1980. Facsímil del original: Terraza Aliena, 1878
- [11] CARRERES ZACARÉS, Salvador. "El Portal de la Mar". *Anales del Centro de Cultura Valenciana*, 1948, n.º. 20, p. 44-65
- [12] Archivo Real Academia de Bellas Artes de San Carlos. Comisión de arquitectura. Junta de 21 de febrero de 1842
- [13] PLANES, Isidoro. *Sucesos fatales de sta ciudad, y Reyno de Valencia o Puntual Diario de lo sucedido en los Años de 1705, 1706 y 1707*. Valencia: Biblioteca Valenciana. Sig. Mss/159
- [14] HERNÁNDEZ SORIANO, Teresa; TEIXIDOR DE OTTO, María Jesús. "La vieja fábrica de tabacos de Valencia". *Cuadernos de geografía*, 1997, n.º. 61, p. 77-96
- [15] AGS. BERANGUER, Carlos. "Plano, perfil y vista de un cuerpo de guardia, que se ha de colocar en el lugar de Benimamet". 1751

LA NECESIDAD DEL DIBUJO PARA LA DOCUMENTACIÓN Y LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN. EL INICIO DE LA TRATADÍSTICA ARQUITECTÓNICA EN ESPAÑA

THE NECESSITY OF DRAWING FOR THE DOCUMENTATION AND TEACHING OF CONSTRUCTION. OF CONSTRUCTION. THE BEGINNING OF ARCHITECTURAL TREATISES IN SPAIN

Santiago Llorens Corraliza

ETSIE. Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain
sllorens@us.com

How to cite: Llorens Corraliza, S. (2024). *The necessity of drawing for the documentation and teaching of construction. of construction. The beginning of architectural treatises in Spain*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 223-233. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Es objetivo de este trabajo el análisis de los primeros tratados de arquitectura publicados en España, así como de los manuales de construcción con que se complementa la enseñanza en el seno de los gremios de constructores y canteros, hasta llegar a la implantación de los estudios oficiales de arquitectura en nuestro país y las publicaciones que fueron referencia para la enseñanza de la arquitectura y la construcción.

La metodología consistirá en el análisis de las planchas y láminas de tratados y manuales más relevantes para estudiar sus medios gráficos y técnicas de reproducción empleadas.

Los límites de esta investigación se establecen con el inicio de la enseñanza reglada de la arquitectura en nuestro país, que da fin a la lucha entre los gremios y el estado, por la reglamentación de las atribuciones profesionales en el campo de la construcción.

Es importante para el colectivo docente el conocimiento de la importancia que el dibujo tuvo en la producción de la arquitectura, su documentación y la enseñanza de la construcción en España.

La originalidad de este trabajo se pone de manifiesto, en cuanto que, si bien se ha escrito mucho en el ámbito de la tratadística arquitectónica en nuestro país, no se conocen avances en cuanto al papel determinante que el grafismo tuvo en la enseñanza de la construcción, que se puede establecer como una relación íntima y simbiótica, de mutua dependencia a todos los efectos.

Palabras clave: Expresión Gráfica, Edificación, Tratadística, España.

Abstract

The objective of this work is the analysis of the first architectural treatises published in Spain, as well as the construction manuals in order to complement teaching within the guilds of builders and master mason, until reaching the implementation of architecture official studies in our country and the publications that were a reference for the architecture and construction teaching.

The methodology will consist of the analysis of the most relevant plates and sheets of treatises and manuals to study their graphic media and reproduction techniques used.

The limits of this research are established with the beginning of regular architectural teaching in our country, which ends the struggle between the unions and the state, for the professional regulation attributions in the construction field.

It is important for the teaching group to know the importance that drawing had in architecture production, its documentation and the construction teaching in Spain.

The originality of this work is evident, so that, although has been written a lot about architectural treatises in our country, no advances are known about the decisive role that graphics had in the construction teaching, which It can be established as an intimate and symbiotic relationship, of mutual dependence for all purposes.

Keywords: Graphic Expression, Building, treatise, Spain.

1. Los inicios de la tradidística arquitectónica

El hallazgo en 1414 del manuscrito "*De Architectura*" de Marco Vitruvio Polión despertó gran interés por la arquitectura y el humanismo. Posteriormente, la invención de la imprenta en 1444 permite extender por toda Europa el saber almacenado durante siglos en pergaminos y manuscritos. Los tratados de arquitectura ocupan un lugar preeminente en sus inicios, impulsados por la necesidad de adquirir conocimiento sobre la antigüedad clásica de la nobleza renacentista, también por el deseo de culturizarse de una emergente burguesía, interesada por las artes, y concretamente por la arquitectura. Este hecho explica que los editores de las primeras traducciones del latín del texto de Vitruvio se interesan por incorporar las ilustraciones que se habían perdido del mismo, para hacer comprensible al lector los sistemas constructivos de que se habla en el texto.

Paralelamente en España, aunque llegan algunas traducciones de los cultos tratados de arquitectura, los manuales de construcción ocupan un lugar preeminente en la producción de la arquitectura, aún en manos de los gremios de constructores y canteros. En el siglo XVII, mientras que Francia e Inglaterra comienzan a estructurar la enseñanza de la ingeniería, y posteriormente de la arquitectura, en España no será hasta el siglo XIX, cuando se concrete una enseñanza reglada de la arquitectura y la ingeniería, con el advenimiento de los Borbones. Se verá entonces que la resistencia de los gremios a la implantación de titulaciones oficiales que les reste poder se traducirá en la problemática para editar en nuestro país cursos de arquitectura o ingeniería propios, o traducción de los franceses o ingleses. En España, serán los manuales de construcción los que protagonizan la transmisión de los sistemas constructivos a las nuevas generaciones de arquitectos y canteros.

1.1. Las planchas de las traducciones del Vitruvio

La edición príncipe del Vitruvio no tiene título, ni fecha, ni lugar de impresión, ni tan siquiera ilustraciones. Una nota del editor ha permitido suponer que fue impreso en Roma entre 1486 y 1492 por Iohannes Sulpitius de Veroli [1].

A partir de entonces se suceden las traducciones del manuscrito con interpretaciones libres de las ilustraciones -nunca fueron encontradas las originales- por parte de los editores.

La primera traducción importante fue la de Fray Giovanni Giocondo en el año 1511 [2]. El padre Giocondo fue el primero que incluye 100 ilustraciones que traducían al grafismo el pensamiento vitruviano. Las láminas del padre Giocondo se realizan con la técnica de Xilografía, por lo que sus líneas carecen de precisión. Utiliza la perspectiva como modo de representación predominante. Su influencia fue decisiva durante las posteriores traducciones aparecidas a lo largo del siglo XVI.

Las ediciones más interesantes para nosotros, por la excelencia de las ilustraciones, fueron la de Cesare Cesariano (1521) y la de Danielle Barbaro (1556).

La traducción de Cesariano tuvo gran influencia en Italia, Francia y Alemania.

Los análisis geométricos de la edición de Cesariano aportan la componente gráfica esencial para entender la nueva visión de la arquitectura. También será decisiva su interpretación humanista del mundo, colocando al hombre como centro del universo.

Por su parte, la edición de Danielle Barbaro, tuvo gran relevancia debido a la excelencia de las ilustraciones de Andrea Palladio. Palladio utiliza la proyección diédrica y la perspectiva, según convenga, con rayados y transparencias para destacar los aspectos constructivos y con una clara intención descriptiva.

Posteriormente se realizan muchas más traducciones del texto de Vitruvio a otras lenguas, entre las que destaca la edición que Claude Perrault [3] -médico, fisiólogo y dibujante- realiza al francés en 1673, por encargo de Luis XIV. Esta obra y sus excelentes láminas se utilizan como referencia para futuras ediciones hasta bien entrado el siglo XIX.

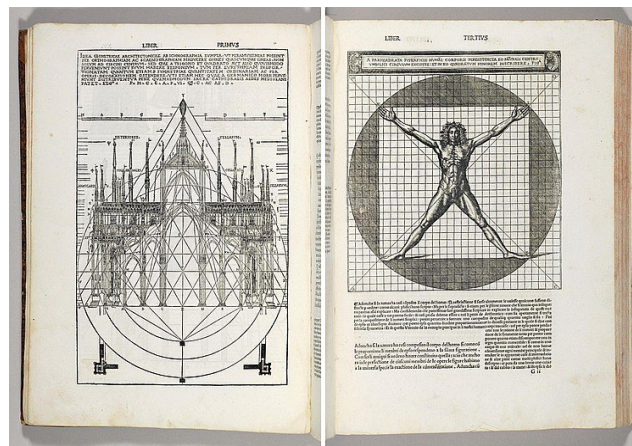


Fig. 1. Ilustraciones de "De Architettura" de Marco Vitruvio. Edición de Cesare Cesariano de 1511

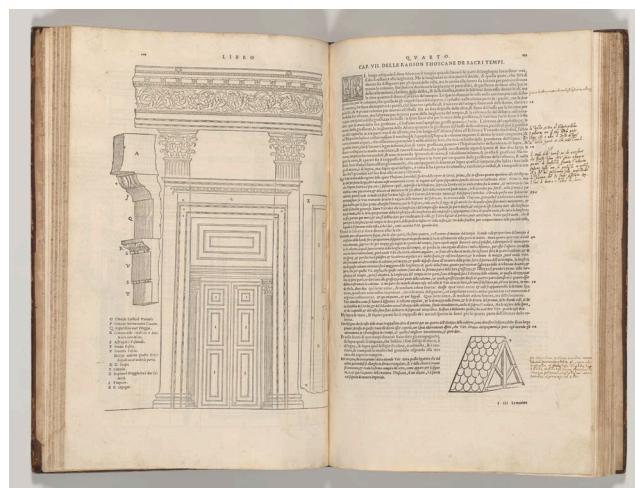


Fig. 2. Ilustraciones de "De Architettura" de Marco Vitruvio. Edición de Danielle Barbaro de 1556

1.2. Los tratados clásicos de arquitectura

Paralelamente a las traducciones del texto de Vitruvio, comienzan en Italia a publicarse, una serie de tratados de arquitectura. Con ellos se pretende establecer una teoría de la

proyección, donde se elaboran los principios rectores y se designan los elementos básicos que la componen.

El primer gran tratado de arquitectura lo publica Leon Baptista Alberti a finales del siglo XV bajo el título "*De Re Aedificatoria*". Alberti se aleja de la línea establecida por Vitruvio, basando su arquitectura en unos principios elaborados por la razón y un tratamiento adecuado de los materiales y técnicas de construcción. Alcanzó más de 23 traducciones en todos los idiomas, lo que habla de su tremenda trascendencia. No obstante, la ausencia de ilustraciones le aparta de nuestro estudio.

El primer gran tratado que presta especial atención a las ilustraciones es el de Sebastiano Serlio, publicado entre 1537 y 1575 con el nombre "*I sette libri d'Architettura*" [4].

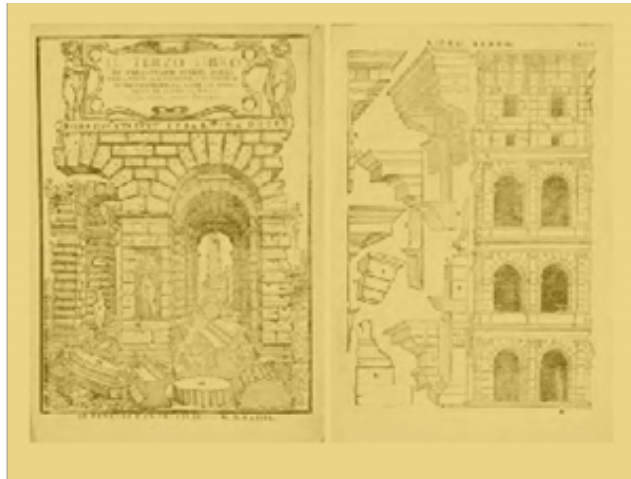


Fig. 3. Ilustraciones de "*I sette libri d'architettura*" de Sebastiano Serlio. 1537-1575

El hecho de publicar dos libros dedicados a geometría (Libros I y II) y perspectiva coloca al arquitecto en una nueva dimensión: Como conocedor del dibujo y la ciencia de la perspectiva, asienta su dominio sobre el diseño, superando las competencias exclusivamente germiales del *maitre maçon* medieval.

Por último, debemos citar por la importancia de sus ilustraciones "*I Quattro libri dell' Architettura*", editado en 1570 en Venecia por Andrea Palladio [5]. El tratado constituye un solo volumen dónde se abordan no sólo los principios de la arquitectura y los órdenes clásicos, sino también el diseño y construcción de puentes, palacios y villas. Con ello, Palladio sustituye la teoría por un culto a la construcción, por la forma arquitectónica, dentro del canon de los estilos, pero basada en un articulado sistema de proporciones. El gran éxito de la obra se debe, en gran parte, a la excelencia de las ilustraciones, modelo y precisión de orden.

Su gran aceptación provocará una *codificación* del modo de dibujar la arquitectura, al tiempo que sus dibujos en proyección diédrica (sin sombras) con una línea firme y minuciosa, la aparición de cotas proporcionales y la descripción de los elementos constructivos que aparecen en las secciones describe la arquitectura de un modo absolutamente racional. La obra fue reeditada muchas veces y su traducción al inglés en 1715 fue la precursora del *Palladianismo* en Inglaterra y posteriormente en Estados Unidos [6].

1.3. Los tratados clásicos de arquitectura franceses

En 1643 François Derand inicia en Francia la publicación de los grandes tratados de construcción con "*L'Architecture des voutes*" [7], permitiendo la geometrización de los procesos constructivos para determinar con exactitud sobre el papel el futuro estado y forma de los elementos constructivos, tratados como sólidos inmateriales. El descubrimiento

de la calcografía permite superar los problemas de la talla en madera de los anteriores tratados, apareciendo nuevas variables gráficas como la línea de puntos.

La aplicación de los principios de la geometría cartesiana a la estereotomía dio lugar a la “*maniere universale*”, con los tratados de Jean Baptiste La Rue, quien publica en 1728 el “*Traité de la coupe des pierres*” [8] y la más completa obra en 3 volúmenes de Amédée-François Frézier “*La théorie et pratique de la coupe des pierres et des bois*” [9], publicado entre 1773-1739. Sus láminas describen en planta y alzado la traza de las piedras y en perspectiva los detalles de estas, al tiempo que se visualiza el espacio del conjunto en perspectiva.

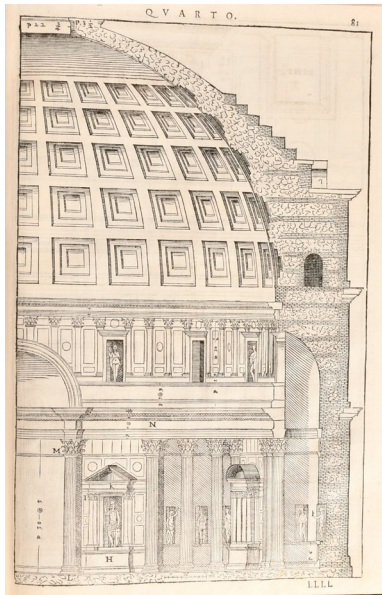


Fig. 4. Ilustración de “*I Quattro libri dell' Architettura*”, editado en 1570 en Venecia por Andrea Palladio

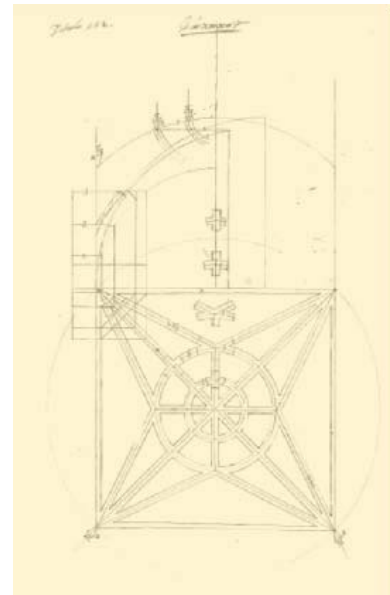


Fig. 5. Ilustración de “*La théorie et pratique de la coupe des pierres et des bois*”. Frezier. 1773

2. La tratadística arquitectónica en España

España, vecina de Francia y en algún momento aliada de Inglaterra, desarrolló su propia cultura, más pendiente de las corrientes renacentistas provenientes de Italia - con la que nos unían estrechos lazos- que de los vientos reformistas que provenían del otro lado de los pirineos. No obstante, hemos de destacar que la producción arquitectónica en España siempre ha tenido un marcado carácter regionalista, regido por unas ordenanzas proteccionistas que son elaboradas en el seno de las asociaciones gremiales, para eludir la competencia exterior. Gremios que formaban a sus componentes en la más absoluta tradición artesanal. No será hasta el advenimiento de los Borbones y la creación de la Academia de San Fernando en 1757, cuando se reconozcan los valores científicos que debe afrontar la nueva arquitectura. La estancia en Roma que realizan los pensionados españoles acrecentó los lazos culturales que unían a nuestro país con Italia, con la constante presencia de artistas italianos en las cortes de los monarcas españoles.

Obras anteriores al Academicismo

Con anterioridad al periodo academicista, en España se edita un único tratado en 1526 por el clérigo Diego Sagredo con el nombre de “*Las medidas del romano*” [10]. Junto con la “*Regola*” de Serlio, que se traduce en 1537, constituyen el modelo de manuales arquitectónicos del siglo XVI.

Sagredo se plantea poner a disposición de los maestros de obra un manual de uso directo. Sus ilustraciones recogen los modelos de representación en perspectiva de uso en la Italia renacentista. Las limitaciones de la Xilografía se dejan sentir en la calidad de las ilustraciones.

La primera traducción del texto de Vitrubio al castellano es muy tardía: Se debe a Miguel Urrea [11], y aparece en 1582. Las ilustraciones, obra de Caporali, son burdas copias de planchas de Fra Giocondo o Cesariano, entre otros. Esta facilidad para reproducir dibujos de distinta procedencia -a menudo sin citar a sus autores- será una constante de la manualística española.

Los primeros manuscritos

Era práctica corriente en los gremios que el aprendiz elaborase un cuaderno de notas con la inclusión de dibujos, tomados de los edificios en que participaba o de obras singulares. Con el tiempo, los ya maestros de obra recopilaban los dibujos de estos cuadernos para convertirlos en manuscritos que eran consultados por los nuevos aprendices.

Alguno de ellos, como el manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón, que data de 1540, fue incluido por Simón García en el *"Compendio de arquitectura y simetría de los templos"* [12], publicado en 1681.

Pero sin duda el manuscrito más importante del renacimiento español se debe a Hernán Ruiz el Joven, que data de 1558 y fue encontrado por Pedro Navascues en los fondos de la biblioteca de la ETSAM [13].

El manuscrito de Hernán Ruiz recoge multitud de temas producto de su experiencia como maestro mayor de la catedral de Sevilla tales como trazas, ordenes arquitectónicos, perspectivas, diseño de tipologías de iglesias y otras obras de su autoría.

El conocimiento de la traza era indispensable para todo maestro de obra. Los dibujos de Hernán Ruiz utilizan la línea para expresar las formas y sus relaciones en los abatimientos de planos. La función fática que aporta la geometrización dota a estos dibujos de una cualidad abstracta, exenta de toda materialidad.

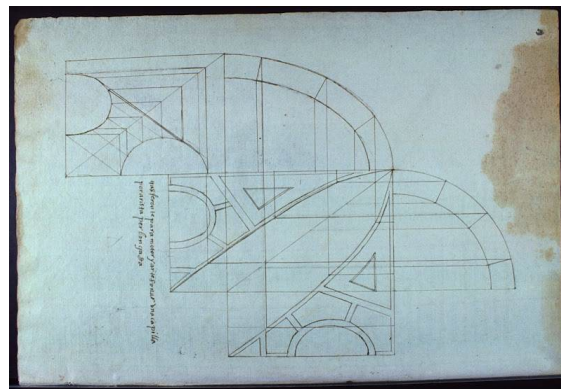


Fig. 6. Ilustración de las bóvedas de la sacristía del colegio de los jesuitas de Marchena. *"Manuscrito de Hernán Ruiz el Joven"*, hacia 1558

Los manuscritos de trazas y cortes de cantería

Desde mediados del siglo XVI y hasta mediados del siglo XVII circulaban por nuestro país una serie de libros que eran copia de manuscritos de obras realizadas por otros maestros de obras y que versaban exclusivamente sobre trazados de bóvedas y escaleras que más tarde se dio por llamar estereotomía. El corte de piedra adquirió en nuestro país una relevancia equiparable a la que tuvo en Francia, donde sí se editaron gran número de tratados de esta materia [14]. Aunque fueron muchos los canteros franceses que trabajaron en España

durante el periodo de la construcción de las grandes catedrales, esto no se tradujo en una dependencia en nuestro país de las técnicas empleadas por los franceses.

El primer gran manuscrito conservado en nuestro país se debe a Alonso de Vandelvira, que con el nombre de "Libro de traças de corte de piedras" [15] datado entre 1575 y 1590. Al lado de los trazados geométricos precisos de la descripción gráfica del elemento, Vandelvira extrae detalles de las uniones -los nudos- aislados del elemento a que pertenecen. Este recurso será de gran utilidad para definir los ensambles de las estructuras de madera y posteriormente de los metálicos.

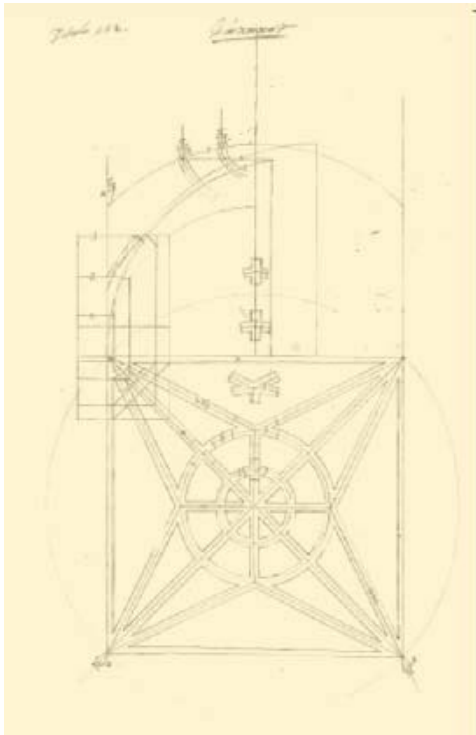


Fig. 7. Ilustración del arranque de una bóveda. "Libro de traças de corte de piedras". Alonso de Vandelvira. 1575

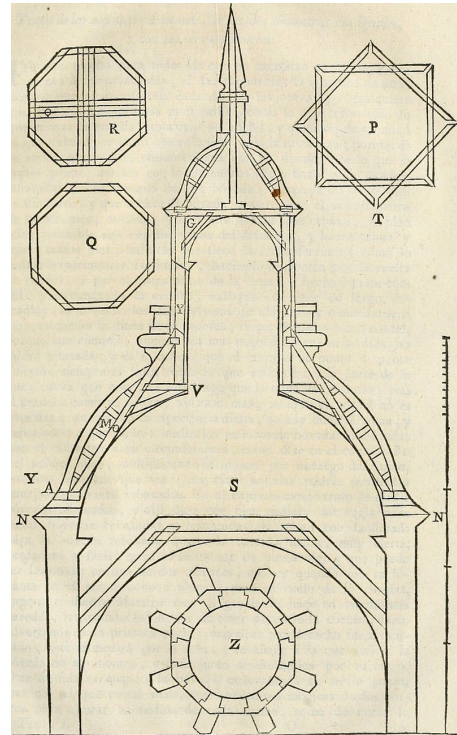


Fig. 8. Ilustración del modelo de cúpula encamonada. "Arte y uso de la arquitectura", 1663

En 1663 el monje agustino Fray Lorenzo de San Nicolás divulga sus conocimientos sobre arquitectura en un manual de título "Arte y uso de la arquitectura", dirigida más a los aprendices que a los maestros de obra [16].

Las Xilografías de Fray Lorenzo son de baja calidad, debido a la falta de buenas maderas, como explica el propio autor, pero sus modos de representación son muy adecuados y explican perfectamente con cortes y detalles a distintos niveles los organismos complejos.

Las publicaciones posteriores que aborda el arte de la montea se centran en aportar consejos prácticos para calcular la superficie de las bóvedas y así poder elaborar presupuestos. Tal es el caso del "Breve tratado de todo género de bóvedas" de Juan de Torija, editado en 1661 [17]. Por último, podemos constatar que a partir del siglo XVIII las referencias al arte de la montea se suelen incluir como capítulo aparte en los tratados de Matemáticas. Tal es el caso del "Compendio mathematico" del presbitero Tomás Vicente Tosca, editado en 1712, dónde se dedica el tomo V a la Arquitectura Civil, Montea y Cantería. Estos tratados se dedican a especular con la teoría, dejando de lado el interés por las soluciones constructivas. No se molestan en elaborar gráficos propios, dedicándose a reproducir ejemplos de los tratados franceses.

La tratadística específicamente española

Además de las obras que versaban sobre los órdenes clásicos, los manuscritos y libros sobre el arte de la montea o soluciones de armazones de madera, hubo en nuestro país una tratadística que abordaba problemas constructivos y estilísticos de raíz hispana y que no tuvieron paralelo con las obras que en esta época se producen en Europa.

Juan de Arfe y Viaña publica en 1585 en Sevilla la "*Varia conmesuración para la escultura y la arquitectura*" [19], obra en la que aplica sus conocimientos adquiridos en el gremio de los plateros y que fue un pilar importante para el desarrollo del renacimiento español. Sus ilustraciones, si bien tiene una intención descriptiva, adolecen de los problemas técnicos que hemos visto en otras Xilografías. Con sus láminas, Juan de Arfe pretende adaptar los órdenes clásicos a la ornamentación religiosa.

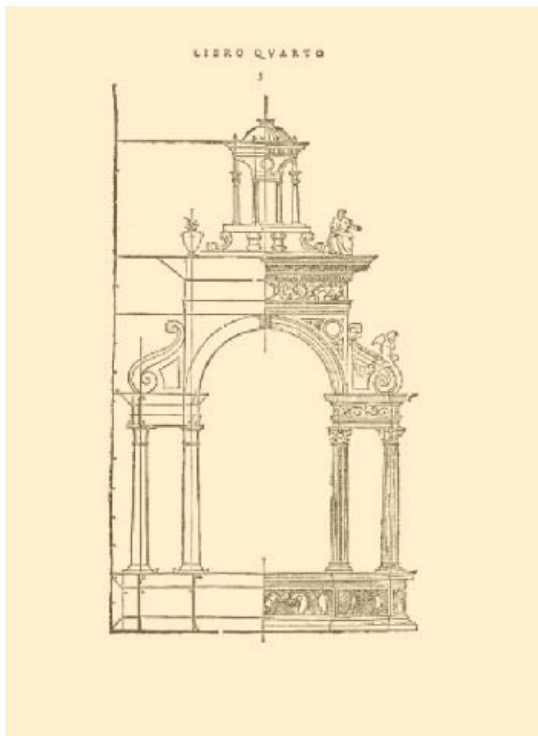


Fig. 9. Ilustración andas de estilo corintio. "*Varia conmesuración para la escultura y la arquitectura*", 1585

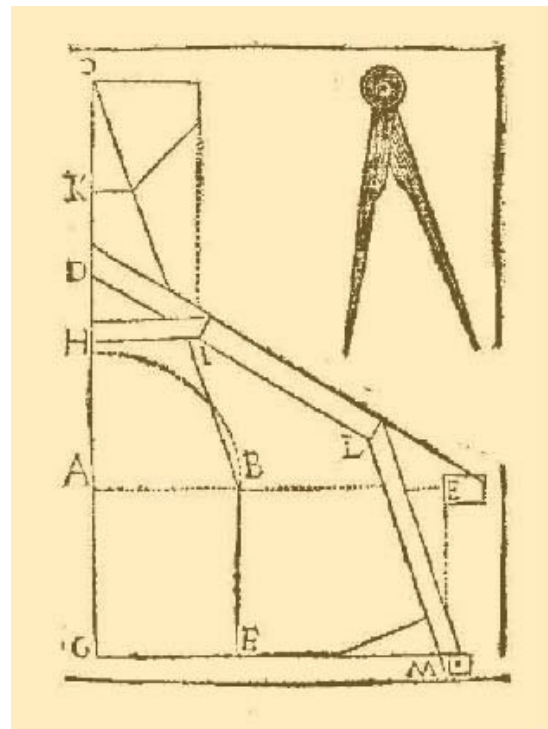


Fig. 10. Ilustración de una estructura de madera. "*Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*" 1663

Otro tratado de interés es el que publica Diego López de Arenas en 1663 con el título "*Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*" [20] en el que pretende difundir la técnica de construcción en madera de cúpulas encamionadas que practican los moriscos en España y que estuvieron sometidas durante siglos al más estricto secreto.

López de arenas pone el foco en la geometría, con gran precisión en el trazado y jerarquía de las líneas. También intenta incorporar un compás como elemento de medición para poder establecer una escala proporcional. No obstante, las dificultades del grabador dificultan la comprensión de los gráficos. Intenta realizar líneas de puntos, pero habrá que esperar a la calcografía para que ello sea posible.

3. Las publicaciones durante el periodo académico

El advenimiento de los Borbones a España en el siglo XVIII tuvo como consecuencia la implantación en nuestro país de los modelos de pensamiento franceses que se materializaron en la fundación de instituciones similares a las del país vecino.

La idea de crear en España una Académie, al estilo de la Académie-des-Beaux Arts se gesta en el reinado de Felipe V. Habrá que esperar hasta 1751, reinando Fernando VI, para que se establezca la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

En 1758, reinando ya Carlos III se mandan a los pensionados a Roma, iniciando un periodo de introducción del clasicismo en nuestro país. Este interés por tutorar la enseñanza de las artes se extiende a la arquitectura, dónde va a confrontar con la actividad de las asociaciones gremiales, que durante siglos ha controlado la formación y la producción de la arquitectura. En 1786 se crea la comisión de Arquitectura para que cualquier obra con cargo a fondos públicos sea sometida a su consideración. Así, los nombramientos de arquitectos, que habían sido competencia de Prelados, Cabildos, Ayuntamientos o gremios locales, pasan a ser competencia de la Academia por decreto gubernativo.

El academicismo no tuvo inicialmente gran aceptación, posiblemente debido al éxito alcanzado por la obra del Escorial que, debido a su sobriedad, se convierte en el estilo propio del renacimiento español.

Los manuales de Construcción

Al lo largo del siglo XVIII,, paralelamente a la corriente academicista, se siguen publicando en nuestro país manuales para uso de constructores que servirán de enlace entre la tradición artesanal y la aplicación de las matemáticas y la geometría a la arquitectura.

Uno de los más utilizados se debe al arquitecto Juan García Berruguilla, que publica en 1.747 un manual de título "*Verdaderas prácticas de las resoluciones de la geometría*" [21]. Su autor persigue con esta obra simplificar los conceptos matemáticos para llegar a los oficiales y constructores sin conocimientos de geometría. Sus planchas reflejan las limitaciones del autor en el arte del trazado y del editor al elegir la Xilografía como técnica de estampación. Los gráficos aparecen desordenados, las líneas carecen de jerarquía y las barras se abaten al final de los cortes, causando un falso efecto perspectivo.

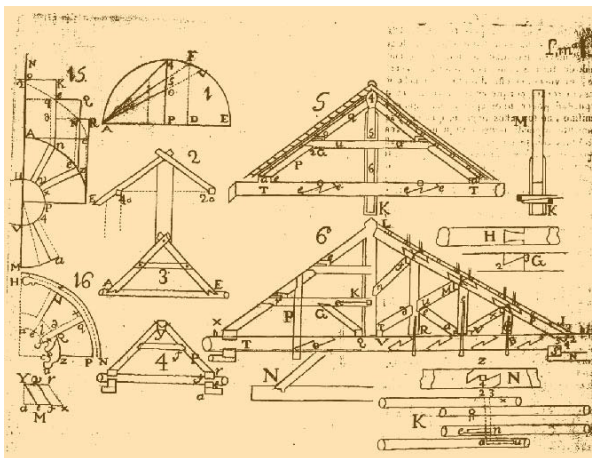


Fig. 11. Ilustración de estructuras de cubiertas. "*Verdaderas prácticas de las resoluciones de la geometría*". Juan García Berruguilla. 1747

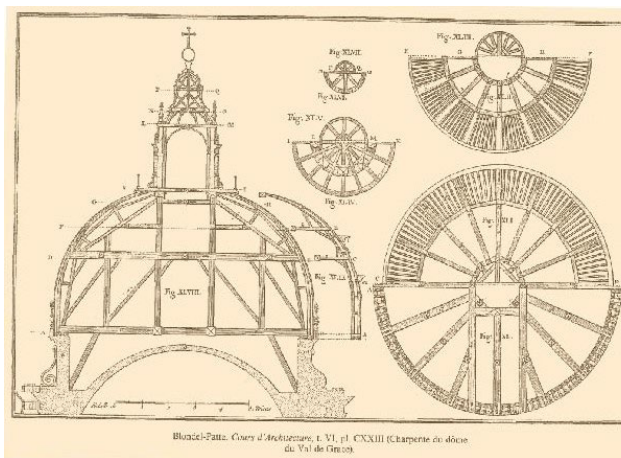


Fig. 12. Ilustración de la cúpula de Val de Grace. "*Elementos de matemáticas*". Tomo IX. Benito Baile. 1783. Del Cour d'Architecture de J-B. Rondelet

En 1790 se encarga a Manuel Hijosa la traducción del "*manual de arquitectura*" de Giovanni Branca [22], libro muy utilizado en Italia durante los siglos XVII y XVIII. Su edición esta más cuidada que la de otros manuales: La disposición de los dibujos en la plancha es correcta, la línea aparece jerarquizada y las secciones de las barras se expresan en perspectiva, dándoles su condición de objeto. No parece interesar la medida o escala de los elementos, por lo que su condición parece ser tipológica.

Tratados para uso de la Academia

La recién creada Academia no contaba con textos específicos del tipo *Cours d'Architecture* en nuestra lengua para comenzar su andadura. Por un lado, se pretende editar un prontuario con las obras de Vitruvio y Vignola. Por otro lado, se encarga la edición de un Curso de Arquitectura a José Castañeda, Ventura Rodríguez y Diego de Villanueva.

Muerto Castañeda, las desavenencias entre los otros dos, hacen que sea Benito Bails quien publique en 1783 su tomo IX de los "*Elementos de matemáticas*" [23], dedicado a la arquitectura civil. Benito Bails recopila textos y láminas de Palladio, Blondel, Patte, Frezier o Milizia, actuando como un mero divulgador. En cualquier caso, sus planchas gozan de gran calidad, al realizarse mediante la técnica de grabado en cobre o Calcografía.

4. Conclusiones

La aparición de la imprenta pone a disposición de la nobleza y burguesía del siglo XV todo el saber de la humanidad almacenado en pergaminos durante siglos.

Con la incorporación de las planchas en las ediciones del texto de Vitruvio, se hace patente la necesidad del grafismo como complemento indispensable para la descripción de la arquitectura y la construcción.

En las primeras ediciones del Vitruvio se manifiesta la necesidad de utilizar la geometría en la descripción de la arquitectura y la construcción.

Las ilustraciones de Serlio sobre edificios romanos establecen un patrón en torno a la codificación de la arquitectura, especialmente con su descripción de los órdenes clásicos.

El tratado de Palladio establece la codificación en planta-alzado-sección como modo de representación gráfica de la arquitectura y la construcción, que será seguida posteriormente en tratados y manuales.

En Francia se inicia la tratadística específicamente de construcción con la edición de los tratados de estereotomía de Durand, La Rue y Frezier, aplicando la geometría al corte de la piedra.

En España, las asociaciones gremiales de constructores y canteros realizan sus propios manuales para enseñanza y divulgación de sus técnicas constructivas. Los manuscritos de Hernán Ruiz el Joven y Alonso de Vandelvira no serán editados como libros, sino copiados a mano para su difusión entre los gremios.

Juan de Arfe y Diego López de Arenas y otros, desarrollan una tratadística específicamente española en la que se vuelcan las experiencias de plateros y tallistas en el campo de la imagería, contribuyendo a la difusión de la arquitectura clasicista -plateresco- propia del renacimiento español.

A lo largo del siglo XVIII se continúa la tradición manualística, con ediciones de pequeños libros para constructores, esta vez impresos. Las ilustraciones explican de un modo simbólico las técnicas constructivas a que se hace referencia en el texto.

Con la fundación de la Academia de Bellas Artes de San Fernando se intenta editar un Curso de Arquitectura que no logra ver la luz, sustituyéndose por un tratado de Matemáticas encargado a Benito Bails, en el que la arquitectura y la construcción ocupan uno de los XI libros de la obra. Las planchas que lo componen se copian de los tratados franceses de cantería y los *Cours* impartidos en las *Académie* francesas.

La falta de éxito de las publicaciones académicas francesas y españolas se debe a la oposición de los gremios de constructores a la regulación de los estudios de arquitectura, así como a la imposición de las titulaciones por medio de las Academias de Bellas Artes. También porque en España se había impuesto la arquitectura Herreriana, en detrimento del clasicismo francés.

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Ciapponi, L. (1982). En Dora Wiebenson (Ed.), *Los tratados de Arquitectura*. pag. 52. Herman Blume.
- [2] Idem. Idem. Pag. 53
- [3] Miller, N. (1982). En Dora Wiebenson (Ed.), *Op cit.* pag. 52.
- [4] COAAT de Oviedo. (Ed. facsimil). (1986). Serlio, S. (1537). *Tutte l'Opere d'Architettura*.
- [5] Cabiati, O. (Ed. facsimil). (1990). Palladio, A. (1570). *I quattro libri dell'architettura*.
- [6] Ackerman, J. (1982). En Dora Wiebenson (Ed.), *Op cit.* pag. 83.
- [7] Cabiati, O. (Ed. facsimil). (1743). Derand, F (1643). *L'Architettura des voutes*.
- [8] Laget, O. (Ed. facsimil). (1977). De La Rue, J.B (1738). *Traité de la coupe des pierres*.
- [9] Doulsseker, J. D. (Ed. facsimil). (1773). A.F. Frezier. (1773). *La Theorie et la Pratique de la Coupe des Pierres et des Bois*.
- [10] García, V. (Ed. facsimil). (2016). Sagredo, D. (1546). *Las medidas del romano*.
- [11] Gracián, J. (Ed. facsimil). (1582). De Urrea, M. (1546). *De Architectura*.
- [12] García, S. (1681). *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*. Recuperado de <https://www.biblioarquitectonica.com/el-manuscrito-de-rodrigo-gil-de-hontanon-a-traves-del-compendio-de-architectura-y-simetria-de-los-templos-de-simon-garcia-1681-1683/>
- [13] Navascues, P. (1974). *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*. Madrid, ETSAM
- [14] Perouse de Montclos, J.M. (2001) *L'architecture a la française*. Paris, Picard. Pag. 200
- [15] Alonso de Vandelvira. (1575) "*Libro de traças de corte de piedras*. Manuscrito Recuperado de <https://www.biblioarquitectonica.com/el-tratado-de-cortes-de-piedra-1588-1591-de-alonso-de-vandelvira/>
- [16] CSIC. Instituto de estudios madrileños (Ed. facsimil). (2018). Fray Lorenzo de san Nicolás. Edición anotada (1663). *arte y vso de architectvra*.
- [17] Editorial Maxtor. (Ed. facsimil). (2021). Torija, J (1570). *Breve tratado de todo género de bóvedas*.
- [18] Editorial Maxtor. (Ed. facsimil). (2019). Tosca, T.V. (1712). *Compendio mathematico*.
- [19] Editorial Maxtor. (Ed. facsimil). (2003). Arfe y Viafane, J. (1585). *Varia conmesuración para la escultura y arquitectura*.
- [20] Visor Libros. (Ed. facsimil). (2005). López de Arenas, D (1663). *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarifes*
- [21] COAAT de Murcia. (Ed. facsimil). (1980). García Berruguilla, J. (1747). *Verdaderas prácticas de las resoluciones de la geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto arquitecto*.
- [22] Wentworth Press. (Ed. facsimil). (2018). Branca, G (1790). *Manual de arquitectura*
- [23] Forgotten Books. (Ed. facsimil). (2018). Bails, B (1783). *Elementos de matemáticas*

EL PATRIMONIO RELIGIOSO DE RECONQUISTA. CASO DE ESTUDIO

THE RELIGIOUS HERITAGE OF RECONQUISTA. CASE STUDY

María Concepción López González^a, Jorge García Valldecabres^b, Jorge Girbés Pérez^c

Universitat Politècnica de València ETSIE, Valencia, Spain

^a mlopezg@ega.upv.es, ^b jgvallde@ega.upv.es, ^c jgirbes@ega.upv.es

How to cite: López González, M. C.; García Valldecabres, J.; Girbés Pérez, J. (2024). *The religious heritage of reconquista. Case study*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 234-241. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Durante el s. XIII el rey Jaime I continúa las acciones de reconquista iniciadas por Alfonso I el Batallador. Comienza así la conquista del Reino de Valencia entendida como anexión de territorios por un lado y como cruzada por otro. En este marco, donde los sentimientos patrióticos y religiosos confluyen, da comienzo a lo que Burns ha dado en llamar el Reino Cruzado de Valencia. La necesidad de cristianizar con celeridad los territorios conquistados, obliga a la consagración de antiguas mezquitas y a la construcción de nuevos templos utilizando sistemas constructivos económicos, de rápida ejecución y que cubrieran un gran espacio para albergar la mayor cantidad de fieles, a los que Arturo Zaragozá denomina iglesias de reconquista. En esta comunicación se pretende realizar un estudio topológico de esta tipología utilizando como laboratorio de ensayo la capilla de la Comunión de la iglesia de San Bartolomé de Godella (Valencia). Para ello, se han realizado análisis geométricos, metrológicos, tipológicos y constructivos, dando como resultado un tipo de iglesia que veremos repetirse en todo el ámbito de la cuenca mediterránea. La capilla de la Comunión de la iglesia de San Bartolomé fue originalmente la iglesia que se construyó durante el s. XIII. Su análisis implica una investigación original y novedosa.

Este estudio se enmarca en el Proyecto Prometheus financiado por la Unión Europea PROtocols for information Models librariEs Tested on HEritage of Upper Kama Sites (H2020-MSCA-RISE-2018 N° 821870

Palabras clave: Iglesias de reconquista, Análisis geométricos, Iglesia de San Bartolomé de Godella.

Abstract

During the s. XIII king Jaime I continues the actions of reconquest initiated by Alfonso I the Battler. Thus began the conquest of the Kingdom of Valencia understood as the annexation of territories on the one hand and as a crusade on the other. Within this framework, where patriotic and religious sentiments converge, what Burns has come to call the Crusader Kingdom of Valencia began. The need to quickly Christianize the conquered territories, forces the consecration of old mosques and the construction of new temples using cheap construction systems, of rapid execution and that cover a large space to house the largest number of faithful, to whom Arturo Zaragozá called churches of reconquest. In this communication we intend to carry out a topological study of this typology using the Communion chapel of the church of San Bartolomé de Godella (Valencia) as a test laboratory. For this, geometric, metrological, typological and constructive analyzes have been carried out, resulting in a type of church that we will see repeated throughout the Mediterranean basin. The chapel of the Communion of the church of San Bartolomé was

originally the church that was built during the s. XIII. His analysis implies original and innovative research.

This study is part of the Prometheus Project funded by the European Union PROtocols for information Models libraries Tested on HEritage of Upper Kama Sites (H2020-MSCA-RISE-2018 N° 821870

Keywords: Reconquest churches, Geometric analysis, Church of San Bartolomé de Godella.

1. Introducción y objetivos

Durante el s. XIII el rey aragonés Jaime I aborda con gran ímpetu la reconquista de los territorios ocupados por los musulmanes iniciadas por Alfonso I el Batallador cien años antes. Comienza así la conquista del Reino de Valencia entendida como anexión de territorios por un lado y como cruzada religiosa por otro. En este marco, donde los sentimientos patrióticos y religiosos confluyen, da comienzo a lo que Burns ha dado en llamar el Reino Cruzado de Valencia. Aparece con ello una necesidad de repoblación de las tierras conquistadas apoyada sobre una garantía de ciertos beneficios para los nuevos repobladores (cartas puebla) y un fervor religioso que actúa como eje vertebrador de las nuevas comunidades de vecinos. La necesidad de cristianizar con celeridad los territorios conquistados, y de ofrecer un lugar sagrado donde celebrar los oficios religiosos, obliga a la inmediata consagración de antiguas mezquitas y a la rápida construcción de nuevos templos. Se trata de iglesias de arquitectura sencilla, de nave única, bajo coste económico de construcción, sin grandes pretensiones ornamentales y estilísticas, pero dignas de representar el nuevo centro religioso de los núcleos de población cristianos. Son las denominadas "iglesias de reconquista".

Se trata de una tipología constructiva basada en la formación de arcos diafragma y techumbre de madera. Son arcos apuntados de piedra sobre los que apoyan grandes vigas y entramado de madera cubierto con teja árabe. Es un sistema que, según Arturo Zaragoza [1] "está formado por una serie de arcos dispuestos transversalmente al eje longitudinal de la nave que se pretende cubrir. Los arcos tienen la función de soportar la cubierta del edificio. La techumbre es generalmente de madera, aunque en algún caso se forme con losas de piedra". El origen de esta tipología constructiva no se encuentra plenamente establecido, aunque Lampérez [2] lo sitúa en las comarcas francesas del Languedoc y la Provenza influenciadas por el Imperio Romano, pasando posteriormente al arco mediterráneo de la península ibérica. Según Leopoldo Torres Balbás [3] su origen podría encontrarse en los graneros ("horrea") y astilleros ("navilia") romanos.

Es un sistema que precisa de poca madera debido a la ausencia de cimbras para el encofrado de bóvedas de piedra, así como para las cerchas que quedan sustituidas por los arcos de piedra diafragmáticos. La cubierta se acomete mediante armaduras de madera. Los arcos parten en algunos casos desde los muros perimetrales y en otros desde el propio nivel del suelo. De este modo se siguen abaratando costes y tiempos de construcción debido a la ausencia de bóvedas que implican labores de cantería y también en la construcción de los muros, por ser éstos de menor espesor al no tener que soportar el peso de las bóvedas de piedra. La estabilidad del conjunto queda asegurada por el apeo de los arcos diafragma situados de tramos en tramo. No hay duda de que esta solución constructiva resultaba idónea para la construcción de templos en tiempos de conquista.

Durante los siglos XIII y XIV se construyen múltiples iglesias cuya estructura se ajusta al modelo definido: La iglesia fortaleza de Nuestra señora de los Ángeles de Castielfabib, la iglesia de la Sangre de Llíria, iglesia de Sant Feliu de Xátiva, la iglesia de Santa Margarita de Onda, iglesia parroquial de Coratxá, iglesia parroquial de Olocau del Rey, iglesia de la Asunción de la Mare de Deu de Vallibona e iglesia del Salvador de Sagunto, entre otras. En los monasterios suele encontrarse esta tipología constructiva para cubrir grandes espacios como los que

albergan los dormitorios de los monjes. Ejemplo de ello son los monasterios de Sigena, Poblet o Santes Creus.

Este modelo constructivo no se utiliza únicamente en la construcción de edificios religiosos, sino que es empleado cuando se desea cubrir grandes superficies como es el caso de las atarazanas de Valencia o de Benicarló o las en "flecas" u obradores donde se trabajaba en los hornos para cocer el pan como es el caso del horno de Olocau del Rey (1272) o el de San Mateo (8 x 11 metros con arcos tendidos en el suelo). También en los almacenes de grano como el "Diposit" de Ollería y la masía del "Campás" de Torreblanca.



Fig 1. A: Sant Feliu de Xàtiva; B: Santa Margarita de Onda; C: La Sangre de Lliria

En esta comunicación se aborda el estudio y análisis gráfico y metrológico de un edificio religioso que se enmarca en esta tipología constructiva denominada de "iglesias de reconquista" [4]. Se trata de la pequeña capilla gótica de la iglesia de san Bartolomé de Godella (Valencia, España).

2. Objeto de estudio

La Iglesia de San Bartolomé de Godella se sitúa en el centro histórico del municipio, siendo declarado Bien de Relevancia Local. El conjunto edilicio se encuentra conformado por el templo, la torre campanario, la casa abadía y un patio denominado popularmente como "la llongeta". La iglesia, a su vez, está constituida por tres espacios bien diferenciados por su fecha de construcción y estilo arquitectónico: La capilla de la comunión, sobre la que se basa este estudio, la antigua capilla de la comunión y la iglesia.

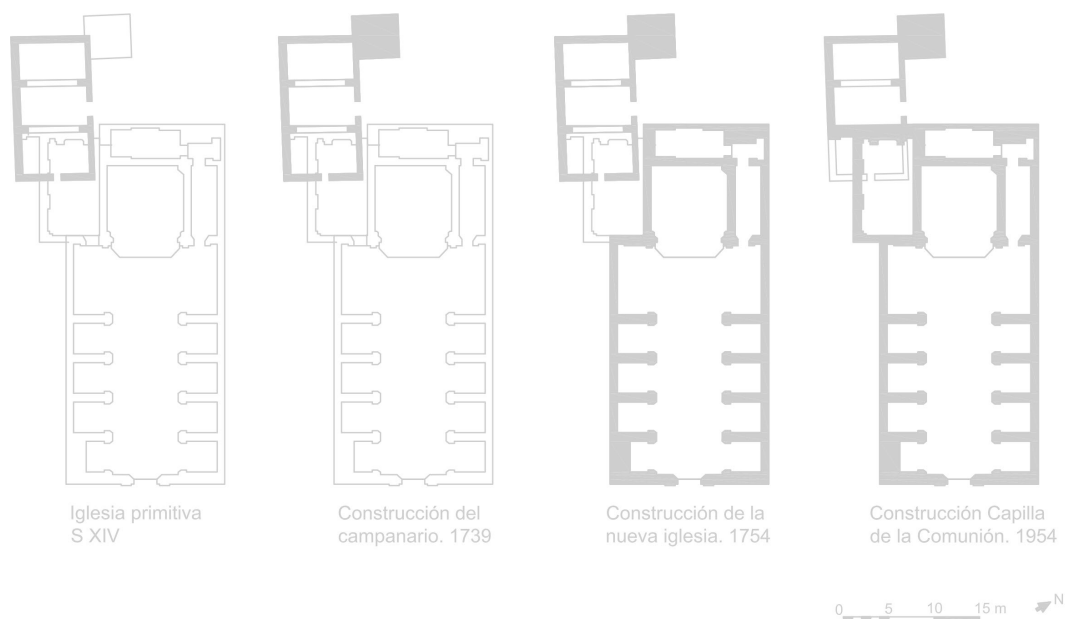


Fig 2. Evolución de la iglesia de San Bartolomé de Godella. Fuente: el autor

La capilla de la comunión, también denominada capilla del Cristo de la Paz, es el edificio más antiguo, y constituyó la primitiva iglesia. Fue construida a comienzos del siglo XV [5]

Entre 1745 y 1754 fue construida una nueva iglesia, mucho más grande y adecuada a los nuevos cánones religiosos y estilos estilísticos [6] Aunque se trata de un edificio barroco, destaca por su austeridad ornamental [7]. En 1784 se construyó la capilla de la comunión adosada al templo. En contraposición a la iglesia, está decorada con un profuso estilo barroco. Para su construcción fue necesario derribar la primera crujía de la iglesia primitiva, pasando a entrar en desuso, siendo utilizada como sala de almacén. El estado de abandono que tuvo durante doscientos años hizo necesaria su intervención en 1954 [8]



Fig 3. Interior de la capilla del Cristo de la Paz (Capilla de la comunión) de Godella. Fuente: el autor

Aunque originalmente tuvo tres crujías, en la actualidad sólo perduran dos de ellas. La techumbre de madera consiste en un artesanado de estilo mudéjar. Sólo una de las dos crujías es original, ya que la otra tuvo que ser repuesta [9]. Tras la intervención de 1954, fue convertida en capilla de la comunicación por lo que la estancia que cumplía esta misión hasta el momento pasó a convertirse en una estancia de paso [10]

La iglesia original sobre la que se centra este estudio, ha sido mencionada por diversos autores haciendo referencia a las iglesias se reconquista como Arturo Zaragoza, Leopoldo Torres Balbás o Asunción Alejos Moran [11], pero no existen estudios específicos sobre la misma excepto algunas descripciones historiográficas como la realizada por el párroco Bartolomé Albert donde recoge los datos del manuscrito que le fue transmitido por D. Agustín Sancho Vargues, ganador de los Premios Florales de Godella de 1923. La única planimetría existente hasta el momento es la planta aportada por Santiago Salvador Ferrando [12].

En la actualidad las dimensiones de la iglesia primitiva son de 7,37 x 10 metros, siendo el grosor del arco diafragma de 57 centímetros.



Fig 4. Imagen del artesanado mudéjar de madera policromada que cubre la iglesia primitiva de Godella. Fuente: el autor

El artesanado mudéjar, datado de comienzos del siglo XV, que cubre la capilla está bellamente policromado. Este tipo de techumbre es muy utilizado en el ámbito de la Corona de Aragón. Beatriz Rubio Torrero hace un amplio recorrido geográfico y descriptivo sobre esta tipología [13]. También Felipe Garín Ortiz [14] cita numerosos ejemplos valencianos donde se usan los arcos perpiaños de piedra y cubierta de madera a dos aguas. En el caso de la capilla de la comunión de Godella se aprecia un falso almizate, como en la iglesia de la Sangre de Llíria. Sobre esta techumbre realizan un amplio estudio Leopoldo Torres Balbás[15] y Asunción Alejos[16].

3. Metodología de trabajo

Como se ha expuesto, diversos autores han estudiado la capilla del Cristo de la Paz de Godella pero, hasta la actualidad, sólo se ha elaborado una planta de la misma utilizando métodos de medición tradicionales. Dada la complejidad de la armadura de madera y, sobre todo, la curvatura de los arcos de piedra diafragmáticos, se ha considerado conveniente realizar una toma de datos mediante Escáner láser 3D. Los análisis geométricos y metrológicos precisan de levantamientos muy rigurosos y exactos que contribuyan a la obtención de resultados fiables.

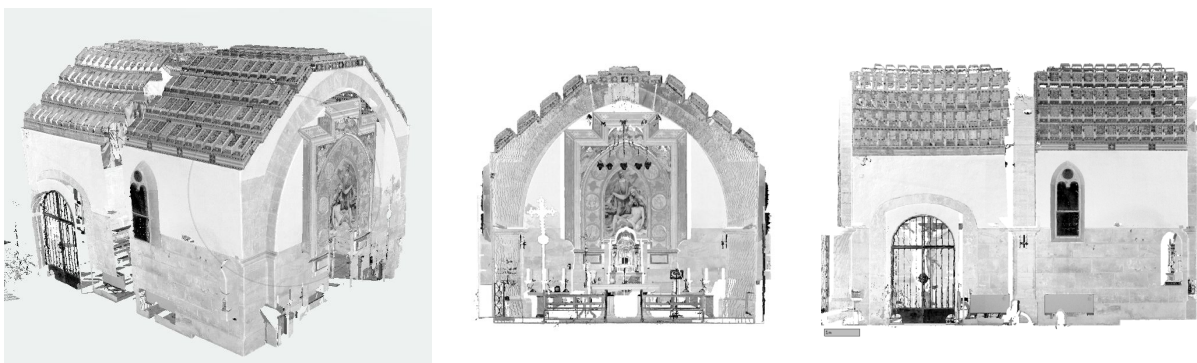


Fig 5. Imágenes de la nube de puntos: Fuente: el autor

Se utilizó un escáner de la marca Faro, modelo Focus-130-3D., con un error de 2 mm cada 25 metros. Para el procesamiento y registro de las nubes de puntos se utilizó el programa Scene versión 19. A través de la herramienta clingbox se realizaron secciones horizontales y verticales (longitudinales y transversales). Sobre la propia nube de puntos se realizaron los análisis geométricos y se tomaron medidas. La nube de puntos resultante fue exportada a autoCad. Se determinaron los centros y radios de las curvaturas de los arcos de piedra. Con los resultados obtenidos se establecieron las conclusiones.

4. Resultados

Sobre la nube de puntos se han realizado los análisis geométricos, tanto en planta para determinar las trazas utilizadas en el diseño primigenio, como sobre las secciones verticales para descubrir las monteas utilizadas en el diseño de los arcos. Estas monteas eran determinantes para la talla de las dovelas.

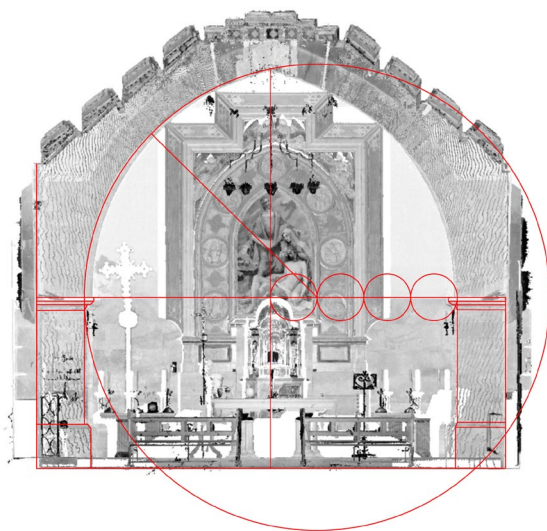


Fig 6. Análisis geométrico de arco diafragma indicando el centro y radio del arco Fuente: el autor

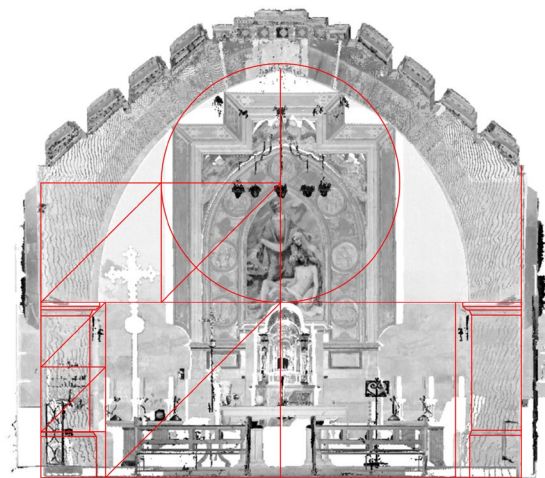


Fig 7. Análisis geométrico de la altura de muros y ancho de la capilla. El trazado regulador es el cuadrado: Fuente: el autor

Como se observa en la figura 6, el arco apuntado se forma haciendo centro a la altura de la imposta donde comienza el arco. La ubicación del centro coincide con la cuarta parte de la luz del arco. Se trata de un arco de fácil resolución.

En la figura 7 se observa que la altura de la imposta viene determinada por el cuadrado, así como el ancho de los contrafuertes sobre los que descansa el arco. La altura restante en la parte baja del contrafuerte coincide con la altura del zócalo. La altura de los muros laterales mantiene la relación 1:4 respecto al ancho de la capilla.

Se trata, en ambos casos, de unos trazados geométricos sencillos, donde no se realizan juegos geométricos en torno al cuadrado, ya que ni la sección áurea ni el diagonal han sido utilizados en las monteas.

En la figura 8 se ha realizado el análisis geométrico de la planta. Al haber sido alterada la crujía de la derecha con la construcción de la capilla de la comunión. El análisis se ha realizado exclusivamente en la crujía de la izquierda, es decir, la que se corresponde con el presbiterio. Se puede comprobar que la relación entre el ancho de la capilla y el ancho de la crujía se corresponde con la sección aurea perfectamente, considerando como límites del rectángulo áureo el interior de los muros y el eje del arco diafragmático.



Fig 8. Análisis geométrico de la planta Fuente: el autor

No se han encontrado relaciones proporcionales entre las trazas y las monteas.

Tras realizar el análisis metrológico, se ha podido comprobar que todas las medidas se ajustan al sistema metrológico valenciano instaurado por el rey Jaime I (vara=906 cm; palmo=22.65 cm; pie= 30,2 cm). El ancho de los contrafuertes y arcos es de 2,5 palmos (57 cm). el ancho interior de crujías es de 19 palmos (4,31 m).

Se ha analizado la orientación de la capilla que, curiosamente, no está orientada exactamente al este como corresponde a las iglesias medievales. Sin embargo, su orientación corresponde perfectamente con la orientación a la Meca, lo que hace suponer que hubo una mezquita anterior sobre la que se levantó la nueva iglesia cristiana de reconquista utilizando parte de la cimentación del edificio musulmán.

5. Conclusiones

La capilla del Cristo de la Paz de Godella, es una iglesia de las denominada de reconquista, con arcos diafragmáticos apuntados de piedra y techumbre de madera policromada a dos aguas. Fue levantada, probablemente sobre una mezquita, dada la orientación de la edificación. Su construcción fue llevada a cabo por un maestro cantero conocedor de la geometría euclidiana de regla y compás, según se desprende de los análisis proporcionales que fueron realizados para su diseño. Su construcción fue llevada a cabo por un maestro valenciano que utilizó el sistema metrológico de Jaime I impuesto en el Reino de Valencia.

Estas conclusiones se derivan de unos análisis gráficos que, en muchas ocasiones no son tenidos en consideración cuando se realizan estudios del patrimonio arquitectónico, pero que pueden ser muy reveladores para ratificar y corroborar hipótesis no demostradas con documentación escrita.

6. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Zaragoza Catalán, A. (1996). Naves de arcos diafragma y techumbres de madera en la arquitectura civil valenciana. En *Actas del Primer congreso nacional de la construcción. Madrid*
- [2] Lamperez y Romea, V (1930). *Historia de la arquitectura cristiana española en la Edad Media*. Madrid: Espasa Calpe
- [3] Torres Balbás, L. (1959). Naves con edificios anteriores al siglo XIII cubiertas con armaduras de madera sobre arcos transversales. *Archivo español de arte*, T. XXXII, pp. 109-119
- [4] Zaragoza Catalán, A. (2000). *Arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Generalitat valenciana
- [5] Pascual Berlanga, G. y Ballester Martínez, C. (1995). *El patrimonio arqueológico de Godella. Evolución del Poblamiento*. Valencia: Ayuntamiento de Godella
- [6] Albert Soler, B. (1989). *Recuerdos del Bicentenario*. Valencia: Edición no comercial
- [7] Garín Ortiz de Taranco, F. (1986.) *Catálogo monumental de la provincia de Valencia*. Valencia: Caja de Ahorros de Valencia
- [8] Albert Soler, B. (1989) *Recuerdos del Bicentenario*. Valencia: Edición no comercial
- [9] García de Vargas, R. (1956). *Estudio sobre la iglesia antigua de Godella*. Valencia: Ayuntamiento de Godella
- [10] Senent Valls, V. (2000). *La Capella de la Comunió de Godella*. Valencia: Quaderns1
- [11] Alejos Moran, A. (1981). *Estudio de la capilla del Cristo de la Paz de Godella*. Centro de estudios turolenses
- [12] Salvador Ferrando, S. (2015). *Estudio historiográfico de la iglesia Parroquial de San Bartolomé de Godella*. Trabajo final de grado. Universitat Politècnica de València.
- [13] Rubio Torrero, B. (1998). La techumbre de la iglesia parroquial de San Juan Bautista de la Chiprana (Zaragoza). *Emblemata* 4, pp. 125-161
- [14] Garín Ortiz, F. (1973). Algunas consideraciones y ejemplos apenas conocidos del gótico levantino "de reconquista". *Revista de la Universidad Complutense. Homenaje a Gómez Moreno II*. XXII (85), pp. 111-121
- [15] Torres Balbás, L. (1955). La techumbre mudéjar de la iglesia de Godella (Valencia), *Al-Andalus*, vol. XX, pp. 196-206
- [16] Alejos Morán, A. (1982). Carpintería mudéjar en una iglesia valenciana. Aproximación al estudio de la capilla del Cristo de la Paz de Godella. En *Actas II Simposio Internacional de Mudejarismo: Arte*. Teruel, pp. 261-71

LA ILUMINACIÓN NATURAL EN UN TEMPLO RENACENTISTA

NATURAL LIGHTING IN A RENAISSANCE TEMPLE

María Jesús Máñez Pitarch^a, José Teodoro Garfella Rubio^b

Universitat Jaume I, Castelló, Spain

^a frahine@ega.upv.es, ^b ahidalgo@ega.upv.es

How to cite: Máñez Pitarch, M. J.; Garfella Rubio, J. T. (2024). *Natural lighting in a Renaissance temple*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 242-250. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

El objetivo de este escrito es presentar los estudios documentales y gráficos realizados con el fin de detectar la intención del maestro-constructor de la parroquial de Vistabella del Maestrazgo al diseñar las ventanas, con el propósito de permitir que los rayos de sol que penetran por éstas iluminaran elementos arquitectónicos específicos.

La metodología utilizada incluyó un exhaustivo levantamiento arquitectónico, la realización de ortofotos y planos diédricos, así como la utilización de un software especializado en detectar las diferentes direcciones de los rayos solares durante las cuatro estaciones y en algunos días concretos del año. También se realizó un estudio diédrico de estos rayos.

Como resultado de estos trabajos, se pudo concluir que las ventanas del templo fueron diseñadas con la intención de permitir que los rayos de sol iluminen partes importantes del interior del edificio coincidiendo con festividades religiosas locales.

Estas conclusiones resaltan la originalidad del diseño, ya que, en el siglo XVII, y considerando la relativa importancia del templo, resulta muy relevante que se haya tenido en cuenta la iluminación específica de elementos arquitectónicos como el altar mayor o algunas de las portadas interiores del templo.

Palabras clave: Iluminación, Renacimiento, Vistabella, Iglesia.

Abstract

The objective of this paper is to present the documentary and graphic studies conducted to determine the intention of the master-builder of the Vistabella del Maestrazgo parish church when designing the windows. The purpose was to enable the penetration of sunlight through these windows to illuminate specific architectural elements.

The methodology employed included an exhaustive architectural survey, the creation of orthophotos and dihedral plans, and the utilization of specialized software to identify the different directions of the sun's rays during the four seasons and on some specific days of the year. A dihedral study of these rays was also carried out.

As a result of this research, it was concluded that the windows of the temple were intentionally designed to allow sunlight to illuminate significant interior areas of the building, particularly during local religious festivities.

These conclusions emphasize the originality of the design, as it is noteworthy that in the 17th century, given the relative importance of the temple, specific lighting considerations were given to architectural elements such as the main altar or certain interior portals of the church.

Keywords: Illumination, Renaissance, Vistabella, Church.

1. Introducción

La iglesia de Nuestra Señora de la Asunción, construida entre 1604 y 1624, se encuentra en la pequeña localidad de Vistabella del Maestrazgo, en la provincia de Castellón. Es considerada uno de los mejores ejemplos de templos renacentistas de la arquitectura valenciana. En reconocimiento a su valor histórico y arquitectónico, fue declarada Bien de Interés Cultural con categoría de monumento en el año 2007.

Exteriormente, el edificio destaca por su estructura exenta, con un cuerpo principal de planta rectangular y un ábside poligonal orientado hacia el este. También tiene una girola más baja que permite ver la parte superior del ábside y sus ventanas. A su vez, en la cabecera de la iglesia, se añade otro cuerpo rectangular de menores dimensiones, en anchura y altura, que el rectángulo principal. En el lateral del edificio, orientado al sur, se encuentra la fachada principal, que cuenta con dos portadas y la torre campanario. La portada principal se divide en tres cuerpos siguiendo los órdenes dórico, jónico y corintio, con influencia del retablo mayor de la basílica de El Escorial y que, como éste, transmitía los dogmas de la iglesia católica promulgados por el Concilio de Trento contra las herejías protestantes. Destacando sobre las demás construcciones del municipio, la torre campanario alcanza una altura de 29,48 metros.

Interiormente, sigue el modelo de nave única con capillas entre contrafuertes. Las capillas entre contrafuertes están comunicadas entre sí a través de grandes arcos de medio punto, lo que da la impresión de auténticas naves laterales (Fig. 1).

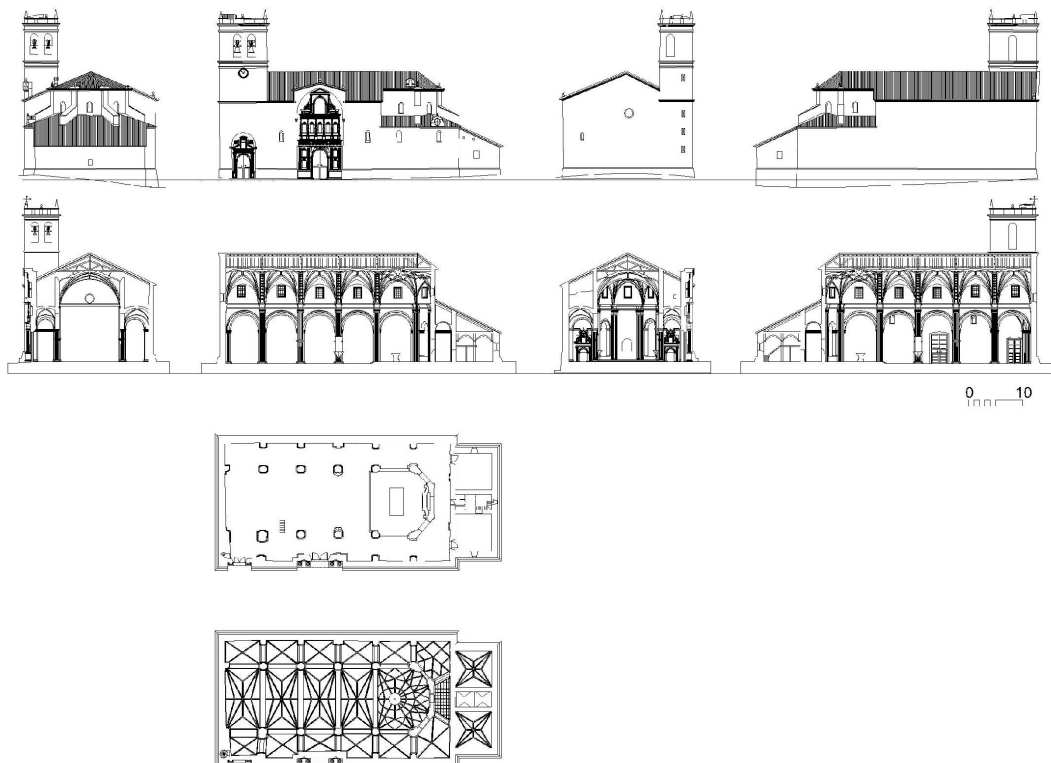


Fig. 1. Planos del edificio mostrando la disposición de las ventanas.

Fue diseñada por el arquitecto francés Joan Tell en estilo renacentista, aplicando principios de simetría, proporción y modulación.

El templo de Vistabella, junto con otras iglesias diseñadas por el arquitecto Joan Tell, como las de Benlloch y La Jana, y las de Cáliz y Traiguera, posiblemente trazados también por este maestro, todas ellas ubicadas también en la provincia de Castellón, son ejemplos destacados de la transición entre el estilo gótico y el barroco. Estos templos prefiguran el modelo jesuítico que se inició en la iglesia de *Il Gesú* en Roma, diseñada por Vignola, y que posteriormente influyó en numerosas iglesias barrocas [1].

Llama la atención la disposición y la forma de las ventanas, las cuales se encuentran básicamente en la fachada sur, la fachada oeste, el ábside del edificio, así como en la capilla y la sacristía ubicadas tras el altar.

1.1. Fundamento

La iluminación de elementos o partes de los templos mediante la luz solar que entra por puertas y ventanas ha sido un recurso utilizado a lo largo de los siglos. Algunos de ellos han sido estudiados, mientras que otros aún están por investigar. En tierras burgalesas, en la ermita de San Juan de Ortega, la luz solar equinoccial ilumina un triple capitel románico. Además, esos mismos rayos del equinoccio también iluminan otro capitel románico en el ábside de la iglesia de Santa Marta de Tera en Zamora. Por otro lado, en la catedral de Palma de Mallorca, los rayos del solsticio de invierno proyectan el rosetón gótico sobre la pared opuesta en los días cercanos a la Navidad.

El espacio arquitectónico se define no solo por la estructura y la disposición de los elementos que lo componen, sino también por los efectos y cualidades de iluminación que este sistema proporciona [2].

La iluminación natural en el interior de los templos renacentistas fueron un aspecto significativo que se cuidó meticulosamente en el diseño arquitectónico. En contraste con la arquitectura gótica, donde las vidrieras dominaban la iluminación, en el Renacimiento se buscaba una luz natural clara y diáfana.

1.2. Antecedentes

En el contexto de la evolución arquitectónica, se observa que el estilo románico limitaba el tamaño de las aberturas, utilizando pequeños ventanales que cumplían la función de permitir la entrada de luz al interior del templo y facilitar la lectura de los programas iconográficos.

Por otro lado, la arquitectura gótica introdujo un cambio significativo, reemplazando las simples aberturas románicas por grandes vidrieras que, además de transmitir contenidos iconográficos, iluminaban el espacio con una luz coloreada y no natural [3].

Sin embargo, en el Renacimiento se produjo una nueva transformación en la concepción de los vanos y la iluminación. Se buscaba crear un ambiente interior claro y diáfano, iluminado por una luz natural sin el uso de vidrieras góticas.

En este sentido, se prefería que las paredes fueran blancas, reflejando la pureza y simplicidad del color que resultaba agradable a Dios, como afirmaba Alberti. Respecto a las ventanas, Alberti propuso que fueran pequeñas y situadas en la parte alta, con el objetivo de brindar una mejor iluminación y permitir que solo se viera el cielo a través de ellas, evitando distracciones tanto para los fieles como para los sacerdotes. Dada la reducción de ventanales, la iluminación del interior se compensaba por la ausencia de vidrieras [4].

A partir del siglo XVI, las normas derivadas del Concilio de Trento no abordaban específicamente el tema de la iluminación en las iglesias. Sin embargo, en la literatura de la época se encontraron recomendaciones al respecto. En torno a 1577, San Carlos Borromeo, en su libro "Instrucciones de la fábrica y del ajuar eclesiástico", estableció normas para el diseño y la construcción de ventanas en los templos, sugiriendo que estas se cerraran con

vidrios transparentes. Esta recomendación marcó el declive de la iluminación coloreada característica del período gótico [5].

En España, durante la construcción de la catedral de Granada, Francisco del Castillo, uno de los candidatos a maestro mayor de las obras en 1577, criticó los proyectos de sus competidores, Lázaro de Velasco y Juan de Orea, en relación con la iluminación. Del Castillo señaló que las ventanas estaban ubicadas demasiado abajo, ya que se debía aprovechar al máximo la luz que pudiera ingresar al edificio.

Posteriormente, tanto en la basílica de El Escorial como en la catedral de Valladolid, se implementó el nuevo concepto de iluminación renacentista. Estos templos destacaron por su juego de luces y sombras, que realzaban la importancia de los vanos y los volúmenes, y enfatizaban la materialidad de la arquitectura [6].

En resumen, la iluminación natural en el interior de un templo renacentista se valoraba por su capacidad para crear un ambiente luminoso, sereno y espiritual, en armonía con los principios estéticos y religiosos de la época.

1.3. Hipótesis

En la iglesia de Vistabella del Maestrazgo, la iluminación del interior del templo se logra principalmente mediante la luz natural que entra a través de varias ventanas. En la fachada principal, se encuentran cuatro ventanas y una linterna que permiten el ingreso de luz. En la fachada oeste, se encuentra un óculo y una ventana, mientras que en el ábside hay cinco ventanas rectangulares. Además, el cuerpo auxiliar que alberga la sacristía y la capilla cuenta con tres ventanas rectangulares con rejas en las fachadas norte, este y sur. La torre campanario se ilumina a través de cuatro pequeñas ventanas rectangulares.

Las cuatro ventanas de la fachada principal, la ventana de la fachada oeste y las ventanas de la torre campanario tienen forma de aspilleras y están abocinadas tanto interiormente como exteriormente con un ángulo de 65°. El óculo, de 1.6 metros de diámetro de luz, se encuentra también abocinado a 65° tanto en su interior como en su exterior. El resto de las ventanas solo se encuentran abocinadas interiormente. En la parte superior de la nave principal aparecen ocho falsas ventanas rectangulares, cuatro por cada lado.

En la mayoría de los templos castellanenses construidos en la misma época, las ventanas de las naves principales permiten la entrada de luz natural debido a la disposición de las cubiertas entre los contrafuertes, que cubren las naves laterales más bajas que la cubierta de la nave principal. Sin embargo, en la parroquial de Vistabella, estas ventanas no pueden permitir la entrada de luz debido a que tanto las naves laterales como la nave principal están cubiertas por una única cubierta a dos aguas.

Se puede decir que todas estas ventanas siguen los estándares renacentistas y reflejan las pautas establecidas por Borromeo, ubicándose en la parte alta del templo para proporcionar una iluminación clara y transparente. No obstante, la colocación de las ventanas en la fachada sur no parece seguir un orden preestablecido, y también resulta sorprendente la presencia de la ventana oculta en la fachada oeste y el amplio óculo.

2. Objetivos

El objetivo de la investigación fue realizar estudios documentales y gráficos para determinar la intención del maestro-constructor al diseñar las ventanas de la iglesia parroquial de Vistabella del Maestrazgo y determinar si su propósito era permitir que los rayos de sol que ingresaban a través de estas ventanas iluminaran elementos arquitectónicos específicos en días determinados.

3. Método y Proceso de Investigación

En primer lugar, tras realizar un exhaustivo levantamiento arquitectónico, la obtención de ortofotos y la creación de planos precisos, se determinó que el edificio se encuentra en una latitud de $40^{\circ}17'38''N$ y una longitud de $0^{\circ}17'31''O$.

En segundo lugar, se utilizó el programa SkyMap Pro-11.0 para realizar los cálculos, el cual proporciona el azimut y la altitud del Sol en cualquier lugar, día, mes y año. Estos cálculos se verificaron gráficamente mediante la carta solar correspondiente a la latitud 40° .

En tercer lugar, se realizaron los cálculos necesarios para determinar la incidencia de los rayos del Sol en el edificio en los solsticios de verano e invierno, aproximadamente el 21 de junio y el 21 de diciembre respectivamente. En el solsticio de invierno, el arco del Sol en proyección horizontal abarca 118.27° desde el amanecer hasta el anochecer, con $59^{\circ} 8'$ desde el este hacia el sur, desde el amanecer hasta el mediodía, y otros $59^{\circ} 8'$ desde el sur hacia el oeste, desde el mediodía hasta el anochecer. En el solsticio de verano, el arco del Sol en proyección horizontal abarca 243.97° , con $121^{\circ} 59'$ desde el este hacia el sur y otros $121^{\circ} 59'$ desde el sur hacia el oeste (Fig. 2)

En las operaciones se consideró el mediodía como hora solar, teniendo en cuenta el desfase con el horario oficial en España, donde en invierno las 12:00 hora solar corresponden a las 13:00 hora oficial, y en verano las 12:00 hora solar corresponden a las 14:00 hora oficial. También se calcularon los mismos arcos de sol para el año 1604, año en el que comenzaría la construcción del edificio, encontrando que el sol abarcaría un arco de 118.10° en invierno y 244.13° en verano. Debido a la poca discrepancia entre ambas mediciones, el resto de los cálculos de soleamiento se realizaron para el presente siglo.



Fig. 2. Alcance de los rayos del Sol en el solsticio de invierno y el solsticio de verano.

4. Resultados y conclusiones

Tras el análisis, se observa que en la fachada norte apenas inciden los rayos del Sol durante todo el año. La ausencia de ventanas en esta fachada, excepto por la ventana de la capilla del cuerpo auxiliar y la del ábside, junto con su apariencia de muralla, sugiere que las demás ventanas buscaban más la entrada de los rayos solares que simplemente la luz natural. Por esta razón, se realizó un análisis de la incidencia de los rayos del Sol y su entrada a través de las ventanas en días específicos del año.

El primer día examinado fue el 24 de junio, fecha en la que se celebra el nacimiento de San Juan Bautista [7], un santo muy venerado en el municipio y al que se dedica la capilla del cuerpo auxiliar [8]. Este día, al amanecer, es uno de los pocos momentos en el año en que los rayos del Sol podrían entrar por la ventana de dicha capilla y también por la ventana norte del ábside.

El segundo día analizado fue el día 15 de agosto, que coincide con la celebración de la fiesta de la Asunción de la Virgen, a quien está dedicada la iglesia parroquial de Vistabella del Maestrazgo. Se realizaron cálculos para determinar la posición del Sol en ese día específico. A las 7:58 hora solar, se determinó que los rayos del Sol ingresan por la ventana central del ábside, con un azimut de $97^{\circ} 25'$ y una altitud de $30^{\circ} 19'$, iluminando el tercer tramo de la nave principal, donde se encuentra la puerta principal de entrada al templo. Alrededor del mediodía solar, el Sol ilumina la figura de la Virgen de la Asunción ubicada en la fachada del retablo, y entra por las ventanas de la fachada sur, la nave lateral del templo. A las 17:45 hora solar (19:45 hora oficial en España), se estima que los rayos del Sol ingresan por el óculo y la ventana de la fachada oeste, que son perpendiculares a dicha fachada, debido a que la altitud del Sol en ese momento es de $12^{\circ} 50'3''$. Esto se verifica gráficamente y se concluye que el altar quedaría iluminado [9] (Fig. 3). Es de destacar que originalmente, el altar estaba compuesto únicamente por una abertura en forma de arco de medio punto practicada en el muro frontal del ábside. Sin embargo, actualmente, los rayos de sol no pueden ingresar por la otra ventana de la fachada oeste debido a las casas adosadas posteriormente que obstruyen la entrada de luz.

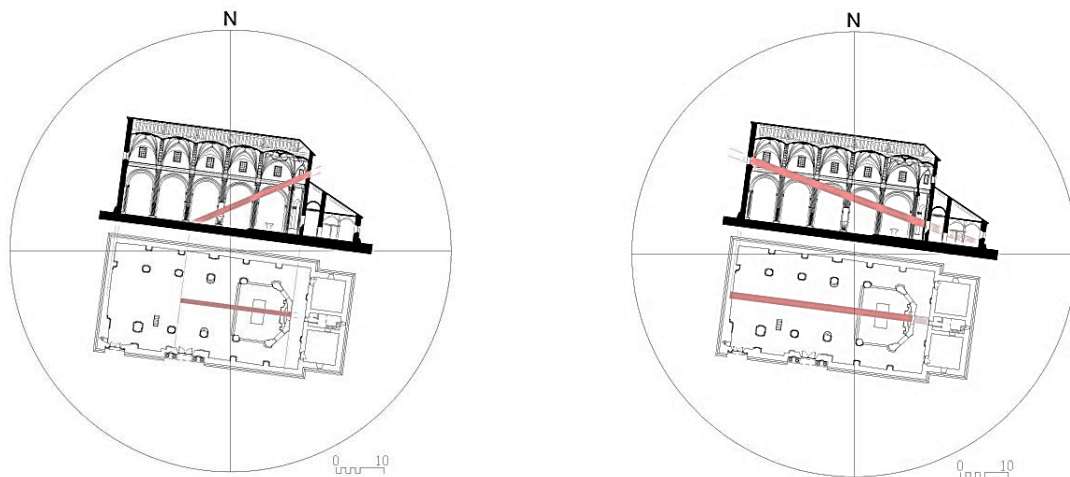


Fig. 3. Representación gráfica de la incidencia de los rayos del Sol el 15 de agosto. A las 7:58 hora solar, los rayos del Sol entran por la ventana central del ábside, iluminando el tercer tramo del templo donde se encuentra la puerta principal. A las 17:45 hora solar, los rayos del Sol entran por el óculo y alumbran el altar mayor.

También se analizó el día 29 de agosto, día de San Juan Bautista, que es muy adorado tanto en el municipio como en la cercana ermita de San Juan de Peñagolosa, la cual se encuentra dentro del término municipal. Se observó que, a primera hora de la mañana, aproximadamente a las 7:31 hora solar, los rayos del Sol ingresarían por la ventana del ábside, iluminando el primer tramo de la nave principal [10]. Por otro lado, a última hora de la tarde, alrededor de las 18:04 hora solar, los rayos de sol entrarían por la ventana de la fachada oeste, atravesando toda la nave lateral y alumbrando la portada de la capilla de San Juan (Fig. 4). Es importante mencionar que actualmente no se puede apreciar este efecto, ya que una casa bloquea la entrada de los rayos de sol por dicha ventana.

Asimismo, fue necesario prestar especial atención al día 29 de septiembre, festividad de San Miguel. Por una parte, la portada pequeña de la iglesia albergaba la imagen del arcángel San Miguel, y, por otra parte, se ha verificado en la documentación histórica la relevancia que este día tenía en la población:

1. Cada año en la villa se realizaba la feria de San Miguel [11].
2. El justicia debía decir pregón el día de San Miguel. Se le ordena al Justicia que no puede permitir juegos prohibidos por reales pragmáticas en tiempos de *fira* (feria) o en otros tiempos y que el día de San Miguel ha de dar pregón: (...) *que ningú sia gosat jugar a jogchs prohibits per reals precmatiques*(...).[12] (que nadie juegue a juegos prohibidos por reales pragmáticas) [13].

3. El cargo de *Mustasaf* debía jurar el cargo el día de San Miguel, cargo para todo un año, en la iglesia parroquial a la hora acostumbrada [14].

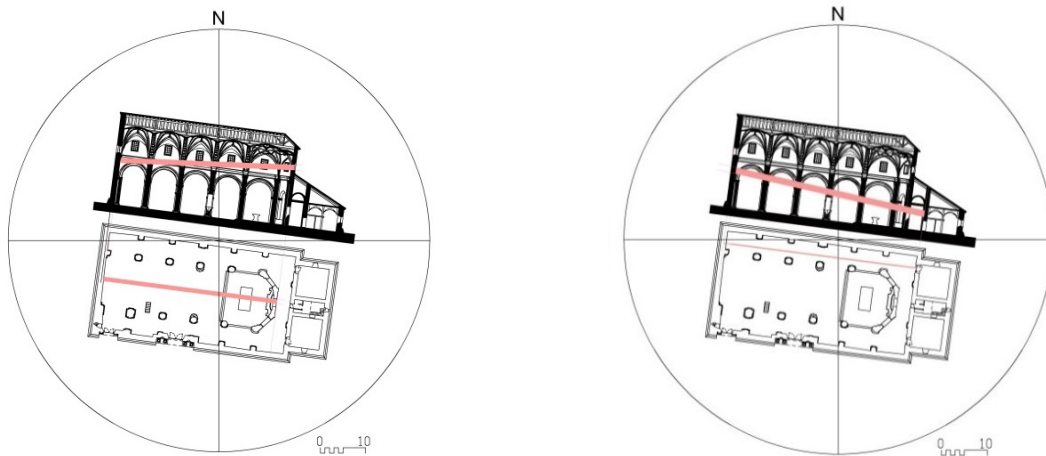


Fig. 4. Representación gráfica de la incidencia de los rayos del Sol el 29 de septiembre. A las 6:25 hora solar, los rayos del Sol entran por la ventana central del ábside, iluminando el lugar donde está la pila bautismal. A las 18:04 hora solar, los rayos del Sol entran por la ventana pequeña de la fachada oeste, iluminando la portada de la capilla de San Juan Bautista.

Ese día, por la mañana, a las 6:25 hora solar, los rayos de sol entrarían a través de la ventana central del ábside, atravesando toda la nave central del templo y proyectándose sobre el muro de los pies de la iglesia, ubicado junto a la portada pequeña de acceso al templo dedicada a San Miguel. Aproximadamente al mediodía solar, la altitud del Sol sería de $46^{\circ} 53'$, y la imagen del santo colocada en el nicho de la portada quedaría iluminada. Este día es uno de los últimos del año en el que el sol entraría por la ventana central del ábside, y ya no entraría a través del óculo.

El día 1 de noviembre, a las 12:09, la luz solar atraviesa las ventanas de la fachada sur y proyecta su luz aproximadamente sobre el eje de la nave principal (Fig. 5)

El último día analizado fue el día de Navidad. En la documentación histórica se encuentran varias referencias relevantes, como el pago de impuestos y, aún más importante, el juramento del cargo de justicia:

(...) Sera Justicia lo any següent y jure lo dia y festa de la nativitat de nostre Señor Deu Jesuchrist, en la Yglesia Parrochial de la present Vila a la ora y en la forma acostumada en poder del comanador de la present Vila de son lloctinent o de la persona que tindre poder de dit comanador, rebent acte publich de dit jurament lo escriba de la cort de dit Justicia(...)[15].

(...) Sera Justicia al año siguiente y jurará el día y fiesta de la natividad de nuestro Señor Dios Jesucristo, en la iglesia parroquial de la presente Villa a la hora y en la forma acostumbrada, en poder del comendador de la presente villa, de su lugarteniente o de la persona que tendrá poder de dicho comendador, recibiendo acto público de dicho juramento el escribano de la corte de Justicia (...).

El día de Navidad es uno de los días del año en los que la luz solar penetra más en el templo, debido a que el Sol se encuentra en una posición más baja. Aproximadamente a las 12:30 hora solar, la altitud del Sol es de $25^{\circ} 59' 59''$. La luz solar entra en el templo a través de las ventanas de la fachada sur, iluminando toda la nave central y destacando claramente el inicio del altar, el centro del presbiterio y la parte posterior del altar en el deambulatorio. Si la puerta principal de la iglesia se encuentra abierta, la luz llegaría hasta el centro del templo (Fig. 5)

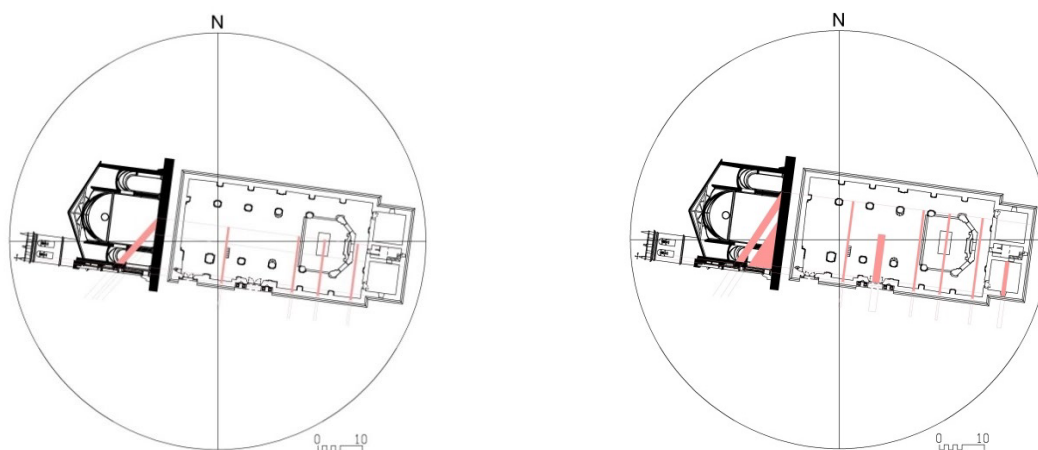


Fig. 5. Representación gráfica de la incidencia de los rayos del Sol el 1 de noviembre. A las 12:30 hora solar, los rayos del Sol entran por las ventanas de la fachada sur, iluminando la nave principal del templo. Representación gráfica de la incidencia de los rayos del Sol el 29 de diciembre. A las 12:30 hora solar, los rayos del Sol entran por las ventanas de la fachada sur, iluminando casi la totalidad de la iglesia.

Como resultado de la investigación, se llegó a la conclusión de que las ventanas del templo fueron diseñadas de manera intencionada para permitir que los rayos de sol iluminen partes importantes del interior durante festividades religiosas locales. Estas conclusiones resaltan la originalidad del diseño, ya que, en el siglo XVII, considerando la importancia relativa del templo, es notable que se haya tenido en cuenta la iluminación específica de elementos arquitectónicos como el altar mayor y algunas de las portadas interiores.

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Mañez Pitarch, M.J. (2014). La arquitectura religiosa renacentista en tierras del maestre: la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Vistabella del Maestrazgo (Tesis doctoral) Universitat Politècnica de València. Valencia. España.
- [2] NIETO ALCAIDE, Víctor. La luz, símbolo y sistema visual. El espacio y la luz en el arte gótico y del Renacimiento). Madrid: ediciones Cátedra, 1978. p. 13.
- [3] NIETO ALCAIDE, Victor. Op. cit. p. 18-24.
- [4] NIETO ALCAIDE, Victor. Op. cit. p. 105-107.
- [5] BORROMEIO, Carlos. *Instrucciones de la fábrica y del ajuar eclesiástico*. Bulmaro Reyes Coria (introducción, traducción y notas). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1985. 226 p. ISBN: 968-837-051-7.
- [6] NIETO ALCAIDE, Victor. Op. cit. p. 156-157.
- [7] En la Iglesia católica, la fiesta de los santos se celebra generalmente en el día de su muerte, que marca su nacimiento a la vida eterna. Sin embargo, en el caso de San Juan Bautista, se realiza una excepción y se conmemora su nacimiento terrenal el 24 de junio (6 meses antes de Navidad) y su muerte terrenal el 29 de agosto.
- [8] MASÍA, José Vicente, GENZOR, Sixto, AÑON, Luis. *Estudis previs sobre l'església de la Assumpció de Vistabella del Maestrat (Castelló)*. València 1988. Generalitat Valenciana. Conselleria de cultura, educació i ciència. Servei de Patrimoni arquitectònic immoble. Además de que en este documento se le nombra capilla de San Juan, las pinturas de la capilla así lo indican.

- [9] Este efecto lumínico también se observa el día 26 de abril. Aunque podría ser solo una coincidencia, es interesante señalar que, en ese día, específicamente el último viernes del mes de abril, se lleva a cabo desde hace siglos una peregrinación desde el pueblo de Les Useres hasta el ermitorio de San Juan de Peñagolosa, que se presume tiene sus raíces en la época medieval.
- [10] Lugar donde está colocada la pila bautismal.
- [11] ARV, SECCIÓN CLERO, Legajo 948, Caixa nº 2511. 1670, noviembre, 9. Capítulos y ordinales hechas por D. Agustín Pareja de comisión real para el buen gobierno de la Villa de Vistabella.
- [12] ARV, SECCIÓN CLERO, Legajo 948, Caixa nº 2511. 1670, noviembre, 9. Op. cit.
- [13] <http://fedpival.es/cas/historia/completa>. Uno de los juegos que se prohibieron a lo largo de los años en la Comunidad Valenciana fue el juego de "pilota valenciana".
- [14] ARV, SECCIÓN CLERO, Legajo 948, Caixa nº 2511. 1670, noviembre, 9. Op. cit.
- [15] ARV, SECCIÓN CLERO, Legajo 948, Caixa nº 2511. 1670, noviembre, 9. Op. cit. Todo esto hace evidente que la iglesia parroquial no solo era un lugar de culto, sino también un centro de reunión para diversas actividades de la Villa.

METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO MEDIANTE DISTANCIÓMETRO LASER. LA ESCALERA HELICOIDAL DE LA IGLESIA DE SANTIAGO DE CÁCERES

GRAFIC SURVEY METHODOLOGY WITH LASER DISTANCE METER. THE HELICAL STAIRCASE OF THE CHURCH OF SANTIAGO. CÁCERES

María José Marín Miranda^{ac}, Francisco Javier Chorro Domínguez^{ad}, Antonio Romero Casado^{be}, Juan Saumell Lladó^{af}

^a Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain

^b Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (INTROMAC), Cáceres, Spain

^c mjmarin@unex.es, ^d fjchorro@unex.es, ^e antonio.romeroc@org.juntaex.es, ^f jsaulla@unex.es

How to cite: Marín Miranda, M. J.; Chorro Domínguez, F. J.; Romero Casado, A.; Saumell Lladó, J. (2024). *Grafic survey methodology with laser distance meter. the helical staircase of the Church of Santiago. Cáceres*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 251-259. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

El estudio y análisis del patrimonio construido precisa de herramientas y métodos para obtener su geometría, en ocasiones compleja, debido a la heterogeneidad y alteraciones sufridas a lo largo del tiempo. Actualmente, la fotogrametría tanto terrestre como aérea y el escáner láser son dos métodos de gran difusión, al permitir obtener gran cantidad de información en tiempos relativamente cortos. No obstante, el uso de sistemas de medición directa, empleados como metodología docente, resulta de gran interés, al implicar la comprensión geométrica y espacial previa al levantamiento gráfico. El objetivo de este trabajo es la parametrización de la escalera helicoidal de la iglesia de Santiago de Cáceres, a partir de su estudio geométrico. Dicho estudio se realizará mediante un análisis directo del espacio y empleando un distanciómetro láser, por lo que será preciso realizar una discriminación de los datos mínimos que definen la geometría a estudiar. En este trabajo se presenta la metodología empleada, tanto en la toma de datos como en el posterior procesado, hasta obtener un modelo tridimensional paramétrico. Las limitaciones de esta herramienta implican una reducción de la precisión y cantidad de datos obtenidos, comparado con técnicas como fotogrametría o escáner láser, pero su combinación con otras técnicas, como el levantamiento 3D paramétrico a partir de los puntos geométricos principales, permiten una definición geométrica suficiente para conocer constructiva y formalmente este elemento.

Palabras clave: Patrimonio, Levantamiento Gráfico, Distanciómetro láser, Escalera helicoidal.

Abstract

The study and analysis of built heritage requires tools and methods to obtain its geometry, sometimes complex, due to the heterogeneity and alterations suffered over time. Currently, terrestrial, and aerial photogrammetry and laser scanner are two widely used methods, as they allow obtaining a large amount of information in relatively short times. However, the use of direct measurement systems, as a teaching methodology, is of great interest, as it implies geometric and spatial understanding prior to the graphic survey. The objective of this work is

the parameterization of the helical staircase of the church of Santiago de Cáceres, from its geometric study. Said study will be carried out by means of a direct analysis of the space and using a laser distance meter, for which it will be necessary to carry out a discrimination of the minimum data that define the geometry to be studied. This work presents the methodology used for data collection and in subsequent processing, until obtaining a three-dimensional parametric model. The limitations of this tool imply a reduction in the precision and amount of data obtained, compared to techniques such as photogrammetry or laser scanning, but its combination with other techniques, such as the parametric 3D survey from the main geometric points, allows a geometric definition. enough to know constructively and formally this element.

Keywords: Heritage, Graphic Survey, Laser Distance Meter, Helical Staircase.

1. Introducción

El empleo de técnicas geomáticas, como la fotogrametría y el escáner láser, para el levantamiento de edificios patrimoniales permiten obtener de manera muy completa y precisa las formas y dimensiones del edificio. Esto las convierte en herramientas de gran valor para el análisis geométrico, constructivo, histórico y patológico de los edificios [1], [2].

Su capacidad de obtener grandes cantidades de datos en tiempos cortos, las han consolidado como métodos de gran valor para el levantamiento de elementos con geometrías complejas [3]. No obstante, para obtener unos resultados óptimos, tanto en el levantamiento como en el procesado es preciso reflexionar y planificar qué técnicas y procedimientos son los más adecuados en cada caso [4].

El levantamiento con métodos de medición directa, como la cinta métrica o los distanciómetros, donde la cantidad y magnitud de mediciones se encuentra condicionada por los propios medios, implica aun en mayor medida, un análisis y planificación previo a la toma de datos. Esto deriva en un conocimiento previo más profundo de elemento a levantar [5].

En este trabajo se presenta el resultado de utilizar, en una metodología docente, técnicas de medición directa que, si bien suponen una reducción en la precisión de los datos obtenidos, implican el conocimiento geométrico previo basado en la inspección visual atenta para establecer los datos mínimos necesarios para el levantamiento gráfico del elemento objeto de estudio [6]. Al tratarse de una experiencia docente, se escoge un elemento cuya complejidad geométrica y formal hace que la toma de datos sea muy segmentada debido a las características propias del espacio.

Se presenta en esta comunicación la metodología utilizada para la obtención de un modelo tridimensional paramétrico de la escalera helicoidal de la Iglesia de Santiago de Cáceres, puesto que, tanto por su geometría como por sus dimensiones y características formales, es un elemento idóneo para poner en práctica este ejercicio de reflexión sobre los métodos de levantamiento.

2. Metodología

Se propone, a continuación, la metodología seguida para la toma de datos in situ mediante métodos directos de la escalera helicoidal de la Iglesia de Santiago, así como el procedimiento para la parametrización geométrica de la misma a partir de los datos obtenidos.

Toma de datos Previo a la toma de datos, se realiza un reconocimiento dimensional y formal de la escalera para establecer la metodología con la que realizar el levantamiento. Se

establecen los puntos mínimos que deberán ser medidos para obtener la geometría completa de una escalera compuesta por 94 peldaños, mediante la utilización de un distanciómetro láser. El equipo utilizado para el levantamiento de la escalera es el Leica DISTO S910. Tiene un alcance de 300 m, con una cobertura de medición en horizontal de 360° y en vertical entre -40° y 80°. Registra los puntos tomados en archivos DXF con un máximo de 20 archivos con 30 puntos cada uno.

La geometría del elemento y el alcance de medición horizontal y vertical del medidor láser permite tomar entre cuatro y seis peldaños desde cada estacionamiento, considerando los puntos comunes entre una toma y la consecutiva para la obtención posterior de la geometría completa. En los seis primeros estacionamientos se toman por cada peldaño seis puntos correspondientes a la parte superior de la escalera y otros seis correspondientes al intradós de cada una de las piezas que conforman los peldaños, para obtener la geometría completa de los mismos. A partir del estacionamiento número seis, se toman dos puntos por cada peldaño. Uno de ellos en la parte superior, correspondiendo con la intersección del intradós del muro exterior con los planos correspondientes a la huella y tabica, para obtener la altura de cada peldaño y, otro en la parte inferior de la bóveda de la escalera (Fig. 1).



Fig. 1. Toma de datos en la parte superior e inferior de los peldaños. Fotografía de los autores

Para comprobar las desviaciones en la posterior unión de las tomas, se toman los puntos correspondientes de las puertas de salida de la escalera a la tribuna (ubicada sobre la sacristía de la que arranca la escalera), a la terraza (encima de la tribuna) y al extradós de las bóvedas de ábside, así como de las ventanas.

Con el fin de evitar errores en la toma de datos, se enumeran los peldaños por su cara superior e inferior y, mediante un estadillo de campo, se anota la correspondencia entre el número de peldaño medido y la nomenclatura dada al punto tomado con el medidor láser.

Para evaluar la precisión del levantamiento, se realiza una toma con un escáner láser terrestre del exterior de la torre de la escalera, obteniéndose el extradós del muro y los huecos. Estos elementos servirán como referencia para comprobar desviaciones y realizar ajustes en caso de ser necesario. El equipo utilizado para este levantamiento es un escáner láser terrestre FARO Focus 3D X 330.

Procesado de los datos tomados en campo

El procesado de los datos obtenidos con el distanciómetro se realiza mediante un *software* CAD, concretamente mediante Autodesk Civil 3D. El empleo de esta herramienta se debe a

su compatibilidad con los ficheros generados por el distanciómetro (*.dxf) y a su capacidad de gestión de puntos 3D, que facilita la obtención de archivos con las coordenadas de cada uno de los puntos respecto a un sistema de referencia común.

Cada una de las tomas realizadas con el medidor láser está referenciada a un origen de coordenadas relativo (0,0,0), correspondiente al vector que une el centro del equipo con el primer punto tomado, no siendo posible la unión de forma directa de las distintas tomas por tener cada una de ellas un origen de coordenadas propio. Por ello, se establece un procedimiento que permita la unión de las diferentes tomas obtenidas minimizando los errores acumulativos partiendo de dos hipótesis. La primera hipótesis considerada es que la escalera se desarrolla inscrita dentro de un cilindro y la segunda, es que al contar el dispositivo de medición con un clinómetro que controla los ángulos verticales con respecto a un plano horizontal, se considera que las tomas son horizontales.

Partiendo de ambas premisas, los puntos de cada una de las tomas se inscriben en un cilindro. Para ello, se genera una circunferencia a partir de la proyección horizontal de tres puntos de la toma. Estos puntos corresponden a la intersección de los planos de tabica y huella con el interior del muro del primer y último peldaño de cada toma y a uno de los puntos tomados en el techo de la escalera. De este modo, se cuenta con tres puntos distribuidos de forma constante en todas las tomas (Fig. 2).

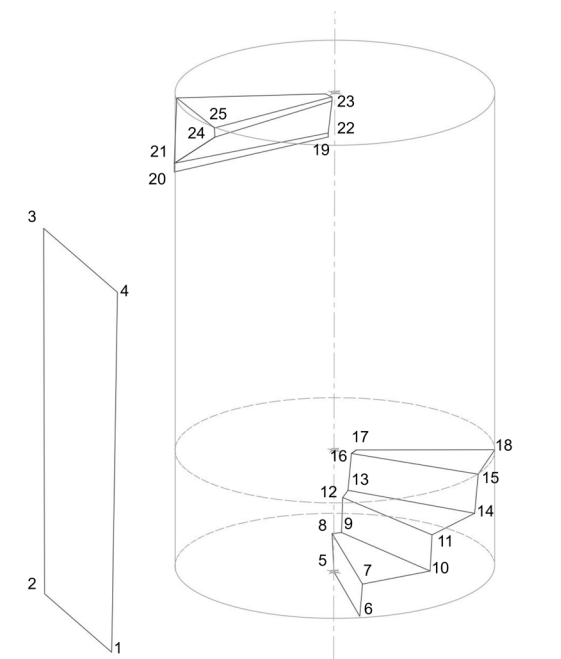


Fig. 2. Geometría de la cara superior de los peldaños (números 5 a 19) y de la cara inferior (números 19 a 25) a partir de los puntos tomados con el medidor láser. Trazado del cilindro en el que se inscriben los peldaños. Trazado de otros elementos auxiliares, correspondientes a puerta (números 1 a 4)

Este proceso de trazado del cilindro se repite con cada una de las tomas, incluyendo además aquellos elementos auxiliares como ventanas, puertas o cambios de dirección, que sirvan para controlar las desviaciones.

A continuación, se establece un sistema de coordenadas común, considerándose el punto origen (0,0,0) el centro de la circunferencia de arranque del primer peldaño y el vector directriz la arista de la primera tabica formando un ángulo de 90° con respecto a la vertical. De esta manera, las coordenadas del primer punto serán $x = \text{radio de la escalera}$, $y = 0$, $z = 0$.

A partir del origen de coordenadas establecido se realiza la unión de las tomas, utilizando como punto de ensamblaje el centro geométrico de la base del cilindro de una toma con respecto al centro geométrico de la cara superior del cilindro de la toma anterior. Para que

la unión sea correcta, es preciso realizar la alineación de las tomas, empleando los vectores de las tabicas de los peldaños homólogos.

Parametrización geométrica de la escalera

A partir de las coordenadas XYZ de los puntos medidos, obtenidas respecto a un origen de coordenadas común, se procede a calcular los distintos valores para la parametrización de la escalera mediante una hoja de cálculo.

Al ser una escalera helicoidal, los parámetros a obtener son el radio de la escalera (r), incremento de giro en función de T (ω), incremento de z en función de T (k) y la relación entre ω/k (a). El radio de la escalera paramétrica (r) se obtiene a partir de la media aritmética de las distancias en el plano XY de cada uno de los puntos que corresponden a la intersección de los planos de tabica y huella con el interior del muro con respecto al centro de la escalera (0,0) (r_p). Para determinarlo, aplicamos la fórmula de la Ecuación (1) donde x_n , y_n corresponden con la coordenada del punto del peldaño del que queremos calcular el radio y x_0 , y_0 , el origen de coordenadas. Para determinar el incremento de giro ($\Delta\omega$) de un peldaño respecto al siguiente, calculamos previamente el incremento de giro de cada peldaño respecto al vector (0,0,0) aplicando la fórmula de la Ecuación (2), siendo x_n , y_n la coordenada del punto del peldaño del que queremos calcular el radio y x_0 , y_0 , el origen de coordenadas. El incremento de z (k), se determina con la media aritmética de la altura de las tabicas de cada peldaño, la cual se determina aplicando la fórmula $k = z_n - z_{n-1}$, siendo z_n la coordenada z del punto del peldaño en el que nos encontramos y z_{n-1} la coordenada z del peldaño anterior. En cuanto al valor de la constante a , se determina a partir de la relación entre ω/k .

$$r_p = \sqrt{(x_n - x_0)^2 + (y_n - y_0)^2} \quad (1)$$

$$\arctg \left(\frac{x_n - x_0}{y_n - y_0} \right) - \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

Los valores de los parámetros se agrupan por tramos correspondientes a cada uno de los niveles de desembarque intermedio de la escalera. El tramo 1 incluye desde el acceso por la sacristía hasta la tribuna, el tramo 2 hasta la terraza exterior, el tramo 3 hasta el extradós de las bóvedas de ábside y el tramo 4 hasta el último peldaño accesible de la escalera. A partir de estos valores se determinan, por un lado, los parámetros correspondientes a la totalidad de la escalera y, por otro, los parámetros considerando los tramos descritos anteriormente.

Se realiza una comparación de los puntos paramétricos respecto a los puntos tomados, tanto de los parámetros correspondientes a la totalidad de la escalera, como de los parámetros calculados por tramos, para determinar las desviaciones y establecer la parametrización más adecuada.

Ajuste de la parametrización con los puntos de control

Para determinar la precisión del levantamiento, se comparan los puntos comunes del levantamiento interior de la escalera con los puntos de control obtenidos desde la toma exterior. Estas comprobaciones se realizan con un software de modelado 3D basado en metodología BIM, en este caso Autodesk Revit.

Para realizar la comparación de los puntos, se importan en el mismo modelo el levantamiento resultante de la unión de las tomas interiores y la nube de puntos tomada desde el exterior. Empleando los elementos comunes en ambos levantamientos, correspondientes a los huecos del muro, se realiza un ajuste manual entre ambas tomas.

Tras obtener el modelo, se analizan las desviaciones en el eje Z a partir de los elementos comunes entre interior y exterior de la escalera. Se toma como referencia la cota de la cara inferior del dintel de las ventanas. Mediante una sección por los huecos se establecen los

niveles de los dinteles obtenidos a partir de la unión de las tomas interiores y los obtenidos a partir de la nube de puntos exterior.

Las desviaciones del valor Z se trasladan a la base de datos de la escalera parametrizada aplicándose al nivel correspondiente, para realizar una compensación proporcional entre el número total de peldaños del tramo, obteniéndose de este modo el ajuste paramétrico en el eje Z.

Finalmente, se analizan las desviaciones angulares empleando de nuevo los huecos de las ventanas como elementos de control. Para ello, se traza un vector que une el centro de la escalera con el punto central del dintel de cada hueco y se calcula el ángulo de desviación con respecto al primer hueco, correspondiente al nivel inferior. El ángulo obtenido se compara con el obtenido a partir de la nube de puntos.

Una vez trasladados los valores de desviación a la hoja de cálculo se aplican las correcciones a la parametrización, para obtener una escalera paramétrica por tramos que se ajuste a la realidad existente, permitiendo de ese modo su modelado.

A partir de los valores ajustados y, utilizando el software Revit, se procede al modelado de la escalera y su entorno inmediato. La escalera se modela como elemento paramétrico mediante la definición del radio, de los niveles de inicio y fin de cada uno de los tramos, el número de contrahuellas y profundidad de la huella. Los muros y contrafuertes se modelan de forma manual a partir de los planos de planta y alzado existentes [5]. Para los huecos se utilizan familias específicas parametrizadas [3].

3. Resultados

Para el levantamiento completo de la geometría de la escalera, son precisos un total de 29 estacionamientos, tomándose en cada uno de ellos los datos del último peldaño de la toma anterior.

Una vez definido el sistema de coordenadas común para todas las tomas, se superponen y alinean los cilindros, obteniéndose el trazado de la escalera, así como las coordenadas XYZ de cada punto. A partir de los valores XYZ de los puntos tomados, referidos a un sistema de coordenadas común, se calculan los valores de los parámetros de la escalera para cada uno de los peldaños (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de los parámetros correspondientes al primer y último escalón de cada tramo

N tramos	N peld.	X	Y	Z	rp (m)	ω (rad)	ω (°)	$\Delta\omega$ (°)	k (m)
Tramo 1	1	0,805	0,012	0,174	0,805	0,014	0,826	0,000	0,174
	27	0,469	-0,693	5,758	0,837	5,307	304,051	25,463	0,198
Tramo 2	28	0,771	-0,296	5,961	0,826	5,917	338,992	34,942	0,203
	53	-0,069	-0,802	11,494	0,805	4,626	265,054	27,778	0,204
Tramo 3	54	0,316	-0,758	11,712	0,821	5,107	292,616	27,562	0,218
	78	-0,628	-0,087	16,76	0,634	3,280	187,906	39,344	0,238
Tramo 4	79	-0,502	-0,634	16,998	0,809	4,043	231,633	43,727	0,238
	88	-0,331	0,736	18,836	0,807	1,993	114,202	15,888	0,190

A partir de estos valores se determinan, por un lado, los parámetros correspondientes a la totalidad de la escalera (Tabla 2) y, por otro, los correspondientes a cada uno de los cuatro tramos descritos (Tabla 3).

Tabla 2. Valores de los parámetros de la escalera completa

	r (m)	$\Delta\omega$ (rad)	k (m)	a
Escalera	0,840	0,451	0,213	2,118

Con los valores de los parámetros se obtienen dos trazados de la escalera, uno correspondiente a los valores de la escalera completa y otro por tramos. Tras analizar las desviaciones de la parametrización respecto al levantamiento obtenido, se observan menos desviaciones en el segundo caso, por lo que se tomará esta parametrización para realizar el ajuste de las posibles desviaciones angulares y en el eje Z.

Tabla 3. Valores de los parámetros de la escalera para cada uno de los tramos

	r (m)	$\Delta\omega$ (rad)	k (m)	a
Tramo 1	0,840	0,440	0,213	2,061
Tramo 2	0,840	0,451	0,221	2,041
Tramo 3	0,840	0,440	0,221	2,041
Tramo 4	0,840	0,501	0,208	2,409

A partir de la toma exterior realizada y siguiendo la metodología indicada en el apartado anterior, se comprueban, en primer lugar, las desviaciones en el eje Z (Fig. 3). Se obtiene una desviación de 14 cm en las ventanas segunda y cuarta, de 10 cm en la ventana tercera, de 13 cm en la quinta y de 20 cm en la última.

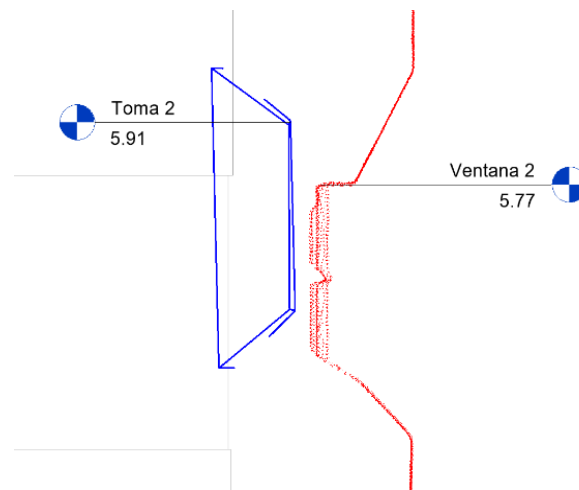


Fig. 3. Desviación en el eje Z del segundo hueco de la escalera. Comparación en sección entre tomas interiores (azul, a la izquierda) y nube de puntos exterior (rojo, a la derecha)

En segundo lugar, se comprueban las desviaciones angulares del levantamiento a partir de los huecos de las ventanas. En el levantamiento interior se aprecia una desviación de los huecos en el sentido contrario al de las agujas del reloj, desplazándose ligeramente cada uno de ellos con respecto al inmediatamente inferior. En el levantamiento exterior de la nube de puntos, se observa que, si bien los huecos presentan una ligera desviación, es inferior a la obtenida en el levantamiento interior (Fig. 4).

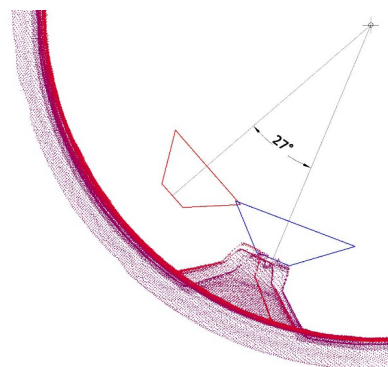


Fig. 4. Desviación angular en planta entre el primer hueco (color azul, a la derecha) y último hueco (color rojo, a la izquierda).

Finalmente, para obtener la escalera ajustada se introducen en la hoja de cálculo de parametrización de la escalera tanto los valores de ajuste de cota en el eje Z, como los valores de desviación angular de cada uno de los huecos recalculando los puntos para cada uno de los tramos (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de los parámetros ajustados de la escalera para cada uno de los tramos

	r (m)	$\Delta\omega$ (rad)	k (m)	a
Tramo 1	0,840	0,443	0,208	2,128
Tramo 2	0,840	0,461	0,221	2,122
Tramo 3	0,840	0,472	0,210	2,168
Tramo 4	0,840	0,538	0,207	2,212

A partir de los valores de los parámetros ajustados se procede al modelado en BIM de la escalera, para la comprobación visual respecto a las tomas realizadas, así como para la obtención de plantas, alzados y secciones (Fig. 5).

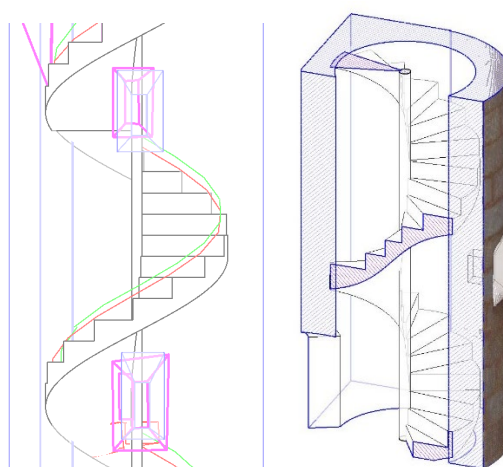


Fig. 5. Modelo 3D de un tramo de la escalera parametrizada y comparación con los valores obtenidos en la toma de datos y parametrización. En color verde helicoide de la toma de datos, en color rojo el helicoide parametrizado y ajustado, en color magenta huecos de la toma de datos y en color azul huecos paramétricos a partir de la nube de puntos (imagen izquierda). Sección 3D de un tramo de la escalera paramétrica con superposición de nube de puntos (imagen derecha)

4. Conclusiones

El levantamiento de elementos arquitectónicos singulares “punto a punto” empleando técnicas de triangulación mediante distanciómetro láser precisa de un análisis exhaustivo previo del elemento objeto del levantamiento, tanto para planificar la toma de datos como para determinar los puntos clave que son precisos para la obtención posterior de un modelo tridimensional.

Para que la unión de la geometría obtenida con las distintas tomas sea precisa, es necesario establecer un mínimo de tres puntos comunes entre un estacionamiento y otro, puesto que los datos tomados en cada estacionamiento tienen un origen de coordenadas propio. Adicionalmente, se deben establecer puntos de control comunes entre las distintas tomas, para comprobar posibles desviaciones debidas a errores acumulados.

La utilización del distanciómetro láser para el levantamiento de elementos geométricos complejos presenta limitaciones tanto en la definición formal como en la precisión de los datos obtenidos. No obstante, su combinación con otras técnicas, como el levantamiento 3D paramétrico a partir de los puntos geométricos principales, y el empleo de tomas de

control con escáner láser o estación total, permiten una definición geométrica suficiente para conocer constructiva y formalmente este elemento.

El resultado no es un modelo "as-built", sino una simplificación basada en los parámetros geométricos fundamentales (Fig. 6) que permiten la comprensión formal, constructiva y estructural del elemento. En el caso objeto de este trabajo, tras la parametrización se determinó que la escalera fue diseñada en cuatro tramos, cuyas dimensiones se adaptan a los niveles y posición de los espacios a los que tiene que dar acceso.

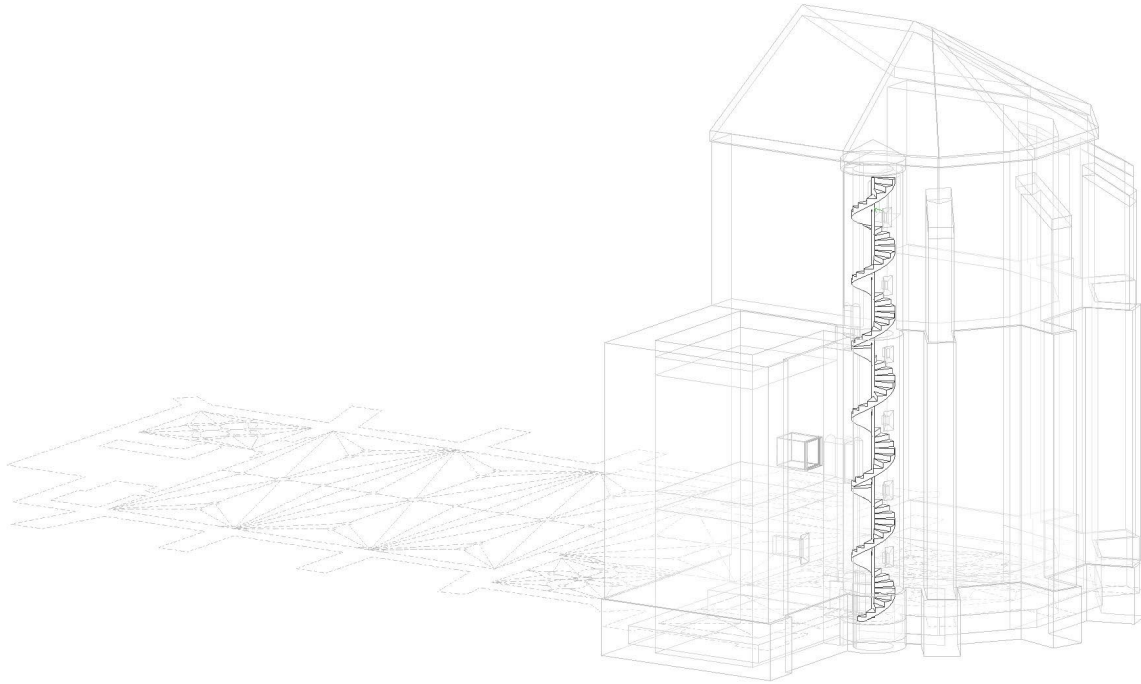


Fig. 6. Modelo tridimensional paramétrico de la escalera helicoidal de la Iglesia de Santiago, basada en los parámetros geométricos fundamentales calculados

5. Referencias

- [1] Yastikli, N. (2007). Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. *Journal of Cultural Heritage*, 8, 423–427. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.06.003>
- [2] Bryan, P., Blake, B., & Bedford, J. (2020). Metric Survey Specifications for Cultural Heritage. In *Metric Survey Specifications for Cultural Heritage*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvxbphrz>
- [3] Marín Miranda María José, Chorro Domínguez, F. J., Sánchez-Fernández Manuel, & Cortés-Pérez Juan Pedro. (2020). HBIM. Parametric Families from Point Clouds in Heritage Elements. *Advances in Design Engineering*, 518–526.
- [4] Ebolese, D., Dardanelli, G., Lo Brutto, M., & Sciortino, R. (2018). 3D survey in complex archaeological environments: An approach by terrestrial laser scanning. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2), 325–330. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-325-2018>
- [5] Saumell Lladó, J., Pizarro Polo, Á., & Hatke, T. L. (2023). Análisis gráfico de rehabilitación de cubierta del siglo XVI de la iglesia de Santiago en Cáceres. *EGE-Expresión Gráfica En La Edificación*, 18, 65–79. <https://doi.org/10.4995/ege.2023.19750>
- [6] Docci, M., & Maestri, D. (1984). *Il rilevamento architettonico: storia, metodi e disegno*. Laterza.

EXPERIENCIAS DEL PROCESO DE TRANSICIÓN HACIA LA CAPTURA Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRECISIÓN EN EDIFICACIÓN

EXPERIENCES OF THE TRANSITION PROCESS TOWARDS THE CAPTURE AND GRAPHIC REPRESENTATION OF PRECISION IN BUILDING

Alexander Martín-Garín^a, Iñigo León-Cascante^b, María Senderos-Laka^c,
José Javier Pérez-Martínez^d

Universidad del País Vasco, Gipuzkoa, Spain

^aalexander.martin@ehu.eus, ^binigo.leon@ehu.eus, ^cmaria.senderos@ehu.eus,

^djosejavier.perez@ehu.eus

How to cite: Martín-Garín, A.; León-Cascante, I.; Senderos-Laka, M.; Pérez-Martínez, J. J. (2024). *Experiences of the transition process towards the capture and graphic representation of precision in building*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 260-269. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La rapidez, precisión y los resultados de mayor calidad son requeridos de manera asidua y el sector de la edificación no es ajeno a este contexto. Esta situación sería inabordable sin la aparición de nuevas herramientas y técnicas que favorezcan unos flujos de trabajo cada vez más eficientes. Sin embargo, esta tesitura implica que los agentes implicados en el sector deben adquirir los conocimientos necesarios durante su trayectoria profesional que a menudo no son transmitidos de una manera integral.

Este es el objetivo que persigue el equipo docente del Grado en Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) a través de un enfoque progresivo que permite adquirir las competencias y habilidades necesarias. Concretamente la comunicación se centra en las experiencias del proceso de enseñanza-aprendizaje de las técnicas para el levantamiento arquitectónico de precisión y su representación gráfica. El enfoque diseñado se ha basado en el análisis y desarrollo de casos de estudio implementando la técnica de fotogrametría para la captura masiva de datos. Se ha identificado que el propio proceso de transición conlleva ciertas barreras e implicaciones relacionadas con los alumnos, equipo docente, la institución e infraestructura necesaria. Los resultados han permitido observar una evolución positiva en Área de Expresión Gráfica Arquitectónica tanto por la propia calidad gráfica alcanzada como por la posibilidad de abordar casos de estudio de mayor complejidad en el mismo periodo de tiempo. Todo ello y los nuevos propósitos marcados por los investigadores permite seguir avanzando en la transferencia de los nuevos flujos de trabajo requeridos en el proceso de transición digital que está viviendo el sector.

Palabras clave: Expresión Gráfica en Edificación, Fotogrametría, Levantamiento Arquitectónico, Proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

Abstract

Speed, precision and the highest quality results are regularly required and the building sector is no stranger to this context. This situation would be unapproachable without the appearance of new tools and techniques that favor increasingly efficient workflows. However, this situation implies that the agents involved in the sector must acquire the

necessary knowledge during their professional career, which is often not transmitted in a comprehensive manner.

This is the objective pursued by the teaching staff of the Degree in Technical Architecture of the University of the Basque Country (UPV/EHU) through a progressive approach that allows the acquisition of the necessary skills and abilities. Specifically, the communication focuses on the experiences of the teaching-learning process of the techniques for precision architectural surveying and its graphic representation. The designed approach has been based on the analysis and development of case studies implementing the photogrammetry technique for massive data capture. It has been identified that the transition process itself entails certain barriers and implications related to students, teaching staff, the institution and the necessary infrastructure. The results have allowed to observe a positive evolution in the Area of Architectural Graphic Expression both due to the graphic quality itself achieved and the possibility of addressing more complex case studies in the same period of time. All of this and the new goals set by the researchers allow to continue advancing in the transfer of the new workflows required in the digital transition process that the sector is undergoing.

Keywords: Graphic Expression in Building, Photogrammetry, Architectural Survey, Teaching-Learning Process.

1. Introducción

Actualmente, el sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC) está experimentando un cambio tecnológico con la aparición de varias herramientas digitales que dominan cada vez más la industria y se implementan en las tres fases de la cadena de valor del sector: diseño, construcción y operación y mantenimiento. El principal propósito de este nuevo paradigma es el aumento de la productividad, alineándose así con los procedimientos y flujos de trabajo de otros sectores. Esta situación pone de manifiesto el enorme reto al que se enfrenta el sector AEC y la urgente necesidad de superarlo para hacer frente a las demandas de la sociedad actual.

En este sentido, el BIM se considera la piedra angular de esta transformación digital [1], ya que no solo reemplaza al CAD tradicional como la alternativa preferida de diseño arquitectónico, sino que también integra múltiples funciones necesarias para los procesos de trabajo de las empresas constructoras. Esto significa que BIM no se limita al modelado 3D simple, sino que también permite la utilización de dimensiones que van desde 4D a 7D, para aplicaciones tales como planificación/programación, gestión de costes, análisis de sostenibilidad y operación y mantenimiento [2].

Además de la implantación generalizada de BIM, otras tecnologías digitales han ido adquiriendo un papel cada vez más relevante y de especial interés en el ámbito de la rehabilitación. En este sentido, en los últimos años ha habido una enorme expansión de las tecnologías de captura de datos digitales aplicadas al levantamiento arquitectónico a través de la implementación del escaneo láser terrestre TLS, la fotogrametría, tanto terrestre como asistida por UAV, y la tecnología de posicionamiento por satélite GNSS [3-5]. Mediante la aplicación de estas nuevas tecnologías se pueden generar con gran rapidez modelos tridimensionales en formato de nube de puntos con precisión milimétrica y obtener su geoposicionamiento, resultado muy difícil de conseguir aplicando las técnicas tradicionales de levantamiento arquitectónico. Además, estos modelos tridimensionales pueden implementarse fácilmente en entornos de software BIM, lo que facilita un modelado de alta precisión que garantiza el rigor del proceso.

La evolución de la técnica, así como su transferencia a los futuros profesionales resulta de gran importancia para que pueda darse de manera efectiva dicha transición digital en el sector. Este proceso implica disponer no sólo de los medios necesarios si no que de un proceso constante de actualización de la materia por parte de los equipos docentes, así como el diseño de procesos y métodos de transferencia de conocimiento lo más clara

posible. El objetivo de la presente investigación ha sido el diseño de una metodología para poder alcanzar de manera progresiva el proceso de digitalización en el sector AEC desde la perspectiva de las instituciones de educación superior. Concretamente se centra en los pasos seguidos desde el Área de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA) para poder proceder a los levantamientos arquitectónicos de precisión en el Grado de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco UPV/EHU. La comunicación muestra el proceso de transición digital, así como su integración dentro del Modelo Educativo de la Universidad y del propio Grado, que está llevando el Equipo Docente [6-8]. Para ello, la investigación muestra la evolución centrada en el proceso de levantamientos arquitectónicos que se está llevando a cabo.

1.1. Antecedentes

El Área de EGA tiene un peso destacado en el proceso de digitalización dada su vinculación directa entre las competencias asociadas a los Módulos impartidos con las nuevas herramientas y procedimientos implementados en el sector. Fruto de ello fue el aumento de asignaturas y créditos a impartir por el Área con el nuevo Plan Bolonia. El mapa actual está compuesto por las asignaturas de Expresión Gráfica I, II, III, Replanteos y Topografía y la asignatura optativa Tecnología BIM impartida de manera conjunta con el Área de Construcciones Arquitectónicas. Los contenidos impartidos en dichas asignaturas, distribuidos en los cuatro cursos académicos, quedan reflejados de manera breve a través de la siguiente figura (Fig. 1):



Fig. 1. Estructura general y contenidos de las asignaturas impartidas por el Equipo Docente de Expresión Gráfica Arquitectónica en el Grado de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco UPV/EHU.

Uno de los trabajos en el que puede reflejarse de una manera integral las herramientas que deben de conocer los alumnos es el efectuado dentro de la asignatura de Expresión Gráfica III. A través de un proyecto grupal, la tarea consiste en el desarrollo de una propuesta de intervención de edificios existentes y en el desarrollo de toda la documentación gráfica necesaria. Dentro de la tarea, se efectúa tanto el levantamiento arquitectónico de las fachadas, además de la representación gráfica de los diseños propuestos. La entrega final consiste por un lado en la entrega en formato A2 de la planimetría desarrollada, así como panel arquitectónico que refleje el proyecto (Fig. 2).

Concretamente, durante el curso 2022/2023 el trabajo se llevó a cabo dentro del marco de un Proyecto de Innovación Educativa. El objetivo es analizar la integración de las propuestas de intervención y el grado de vulnerabilidad que puede darse en las intervenciones de edificios no protegidos por encontrarse en dentro del Ensanche decimonónico de la ciudad de Donostia-San Sebastián. Esto hace que aspectos como la materialidad, color, composición y formatos de la propuesta de intervención sean determinantes para lograr una integración con el entorno en el que se encuentran los casos de estudio a analizar por cada grupo de trabajo.

Debido a ello, uno de los resultados gráficos de los trabajos es la comparación a través de los levantes de las fachadas. Por ser uno de las primeras ocasiones por parte de los alumnos de realizar este tipo de trabajos y no ser el objetivo principal de la asignatura, se planteó un procedimiento sencillo de trabajo. Para ello se buscó que la herramienta permitiera corregir la perspectiva y las distorsiones que se generan en líneas verticales y horizontales por el empleo de las cámaras para la captura de las imágenes. Principalmente se hizo uso del software Hugin y las opciones de edición de imagen que permitían algunas cámaras. Una vez capturadas las imágenes, esas fueron combinadas y solapadas junto con la propuesta de intervención (Fig. 3).



Fig. 2. Ejemplos de paneles arquitectónicos desarrollados en la asignatura de Expresión Gráfica III durante el curso 2022/2023. [Autores: Jon Imanol Maruri, Urko Hernández, Paula Labrado y Lara Simoes]



Fig. 3. Ejercicio de integración de las propuestas de intervención desarrolladas en la asignatura de Expresión Gráfica III.

Si bien el resultado gráfico presentado permite analizar la integración de las propuestas realizadas en el entorno en el que se encuentra, desde un punto de vista más preciso, los resultados alcanzados no garantizan completamente la vista ortogonal. Esto hace inviable efectuar cualquier medición sobre la planimetría y además se perciben las distorsiones que se producen a medida que aumenta el número de plantas.

Debido a ello, con el objetivo de dotar al alumnado de herramientas de levantamiento para el conocimiento métrico y formal de las edificaciones, se procedió a introducirles en el ámbito de la generación de nubes de puntos basadas en la técnica de la fotogrametría. Para ello, se ha propuesto un en la asignatura de Replanteos y Topografía un conjunto de actividades cuyo propósito es transmitir los contenidos necesarios para que en los próximos cursos puedan implementar de manera progresiva los conocimientos adquiridos.

2. Método

Para poder introducir al alumnado en la técnica de la fotogrametría, resultó necesario establecer dos fases diferenciadas. La primera de ellas para poder mostrar el funcionamiento general de la herramienta y la segunda de ellas en la que el alumno pone en práctica a través de un caso real los conocimientos adquiridos mediante una tardea de aprendizaje.

Práctica de Laboratorio

En una primera fase, se desarrolla una práctica de laboratorio de iniciación a la técnica de la fotogrametría Structure from Motion (SfM). Para ello, se hace uso del software 3DF Zephyr de la empresa 3DFLOW que permite la reconstrucción de modelos tridimensionales a partir de imágenes digitales. La herramienta destaca por su interfaz gráfica intuitiva, seguir un flujo claro de trabajo y sus múltiples opciones de importación-exportación.

El objetivo de la práctica es que los alumnos adquieran los conocimientos básicos de funcionamiento de la herramienta. Para ello, el equipo docente a través de dos archivos de

ejemplo (Fig. 4) muestra de una manera progresiva los principales puntos a trabajar y que se enumeran a continuación:

- Flujo de trabajo general: interfaz gráfica, importación de imágenes, alineación, nube de puntos dispersa, nube de puntos densa, mallado y texturizado.
- Puntos de control (GCP), distancias, escalado y ajuste del modelo.
- Ortofotos.
- Generación DEM, obtención de perfiles de elevación y curvas de nivel.

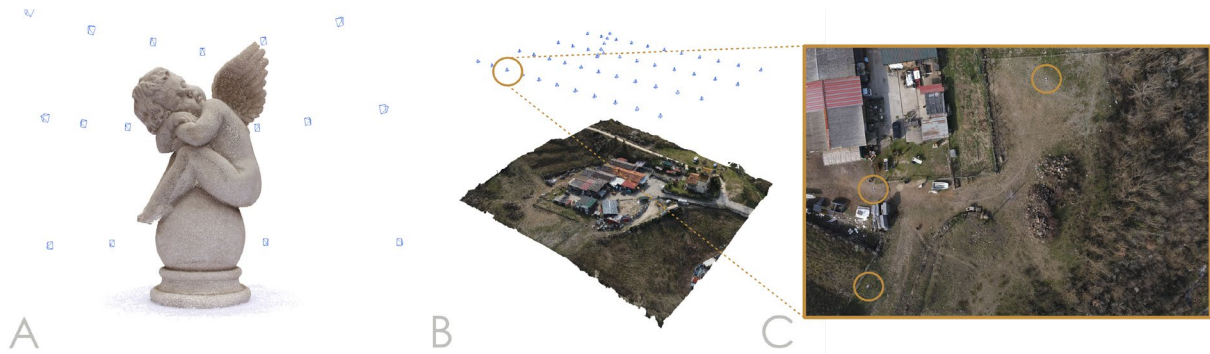


Fig. 4. Ejemplos trabajados en la Práctica de Laboratorio de fotogrametría durante el curso académico 2022/2023 en la asignatura de Replanteos y Topografía.

El primero de los ejercicios trabajados (Fig. 4 A) consiste en un pequeño querubín y es escogido por sus dimensiones acotadas para poder trabajar con rapidez ya que el principal propósito es mostrar el funcionamiento básico del software. El segundo de los ejercicios (Fig. 4 B) se centra en el análisis de un levantamiento de una parcela concreta a través de fotografías nadirales obtenidas mediante un RPAS y en la que se incluyen unas dianas como GCP (Fig. 4 C). A través de los ejercicios trabajados, el alumnado consigue experimentar de primera mano el funcionamiento del software y es capaz de obtener resultados gráficos de gran calidad a través de modelos texturizados, ortofotos y nubes de puntos densas.

Tarea de aprendizaje

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios para el manejo del software de fotogrametría, el equipo docente prepara una tarea de aprendizaje que debe de ser realizada como trabajo no presencial. El trabajo consiste en la realización del levantamiento gráfico de fachadas de un edificio a elegir por el alumno y realizar la comparación entre las medidas reales tomadas in situ y las obtenidas a través de la fotogrametría. Para ello, se debe de hacer uso de la técnica SFM previamente trabajada en la Práctica de Laboratorio. A través de 3DF Zephyr se pide generar una nube de puntos para la obtención de una ortofoto de las distintas fachadas del edificio. A través de esta ortofoto se solicita la entrega de la delineación de los alzados de la fachada con sus dimensiones reales.

Para el desarrollo de la tarea, el edificio seleccionado debe de cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser un edificio aislado y con distancia suficiente respecto a los edificios colindantes para poder obtener las fotografías desde todas las perspectivas posibles para agilizar el proceso de trabajo con el software de fotogrametría.
- El edificio a escoger debe de tener un nivel de complejidad arquitectónica en sus fachadas que favorezca el desarrollo de un levantamiento y delineación de fachada con un cierto nivel de complejidad.
- El edificio no debe de superar los 10 metros de altura debido a que la captura de fotografías de zonas altas sin el empleo de otras tecnologías complementarias (RPAS, ...) resulta dificultoso y sin estas fotografías la calidad del modelo de nube de puntos no sería lo suficiente para el desarrollo de la tarea.

Una vez consensuado con el equipo docente los casos de estudio a trabajar, los alumnos disponen de dos semanas para el desarrollo del trabajo no presencial. La tarea es entregada tanto en formato digital en la plataforma virtual de la asignatura como de manera impresa para que el alumnado desarrolle las competencias y resultados de aprendizaje asociados a las materias del Área de Expresión Gráfica Arquitectónica.

3. Resultados

Para el desarrollo de la entrega se dio un plazo total de cuatro semanas. Además, con el objeto de hacer una corrección previa que permita clarificar dudas que surgen en el proceso de ejercicio se efectúa una primera entrega a las dos semanas. En esta primera entrega principalmente se realizan correcciones que podrían clasificarse en los siguientes apartados:

- Formato y contenidos generales de plano: cajetín, escalas (gráfica y numérica), norte,
- Escala de plano y/o formato de papel no adecuado.
- Composición del plano
- Estilo gráfico
- Elección no adecuada del caso de estudio.

Debido a ello y tras las primeras revisiones realizadas en la entrega previa, se continua con la segunda fase de entrega a las dos semanas permitiendo a los alumnos corregir los puntos de mejora identificados. Los ejercicios desarrollados (Fig. 5) muestran unos resultados gráficos de gran interés considerando que además ser la primera ocasión del alumnado en trabajar bajo esta metodología de levantamiento gráfico. Los levantamientos llevados a cabo permiten reflejar la capacidad que ofrece la técnica fotogramétrica al alumnado para poder llevar a cabo levantamientos métricos de gran precisión, con rapidez y de bajo coste económico que no hubiese sido posible llevar a cabo mediante técnicas tradicionales de levantamiento. Gracias a ello, ha sido posible efectuar el levantamiento con gran detalle de edificios catalogados que se caracterizan por la complejidad de sus fachadas dado los ornamentos y detalles de los que disponen. A través de la posibilidad de obtener vistas completamente ortogonales de las fachadas, bien a través de la nube de puntos o bien de la malla texturizada, posteriormente han servido como base para el delineado de las mismas, facilitando así el proceso de elaboración de los alzados.

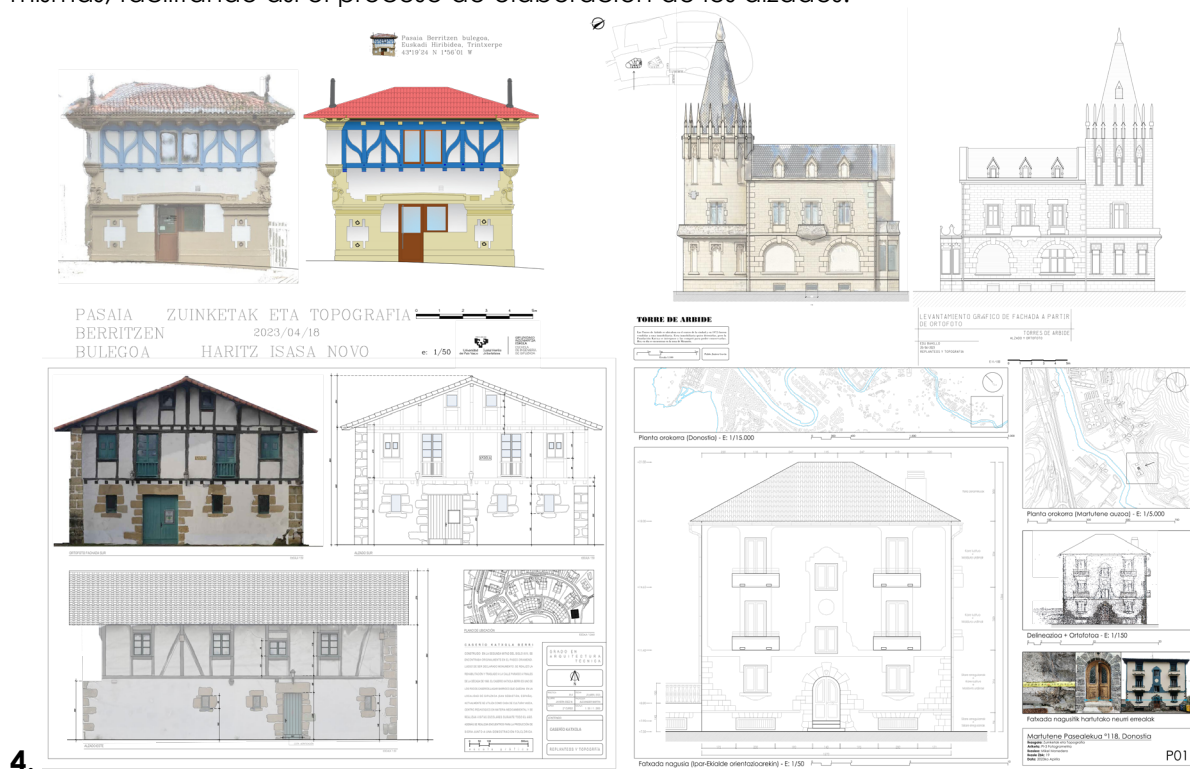


Fig. 5. Ejemplos de la tarea de levantamiento arquitectónico de fachadas a través de la técnica de fotogrametría desarrollado durante el curso académico 2022/2023. [Autores: Haritz Isasa, Pablo Juárez, Eduardo Bahillo, Javiera Saez y Mikel Monedero]

5. Conclusiones

La experiencia adquirida durante el ejercicio de implementar la técnica de la fotogrametría para el levantamiento arquitectónico ha permitido obtener una serie de conclusiones y nuevas posibles conexiones de cara al próximo curso académico. En primer lugar, se ha mostrado la viabilidad de la técnica fotogramétrica SfM como opción para que el alumnado pueda efectuar levantamientos arquitectónicos con gran precisión y rapidez.

Como es habitual, durante el desarrollo de la tarea y en el manejo del software, acontecieron varias dificultades cuya causa principalmente estaba relacionada por no considerar los requisitos descritos en la sección 2.2. Tarea de aprendizaje que debía de cumplir el caso de estudio seleccionado. La elección de edificios demasiado grandes o que no son aislados por disponer en su proximidad otros elementos hacen que la captura de imágenes no sea óptima y como resultado se obtengan nubes de puntos distorsionadas. Por

lo tanto, este es un aspecto fundamental a considerar para aquellos casos en los que no se pueda complementar mediante otras técnicas que permitan obtener una captura fotográfica total del caso a analizar.

Por otro lado, la programación de la asignatura hace difícil poder trabajar con la profundidad deseada la técnica y algunos temas relevantes como son el geoposicionamiento de las nubes de puntos no pueden ser madurados por falta de tiempo. En este sentido, con el objetivo de superar este desafío se propone combinar los contenidos desarrollados en la práctica con dos de las prácticas de campo realizadas en la asignatura de levantamiento de puntos de una parcela mediante las estaciones Leica Viva GNSS Receptor GS15 y Leica GNSS Receptor GS18T, y la práctica de replanteo.



Fig. 6. Práctica de campo de replanteo realizada durante el curso académico 2022/2023 en la asignatura de Replanteos y Topografía.

Como conclusión general, haber podido implementar la técnica fotogramétrica en la asignatura permitirá que los alumnos puedan ir empleando la herramienta en los próximos cursos tanto para las asignaturas correspondientes al Área de Expresión Gráfica Arquitectónica como para el resto de asignaturas o incluso el desarrollo de Trabajos Fin de Grado sobre la temática. El proceso de implementación ha sido una experiencia positiva que ha permitido a su vez conocer los puntos de mejora para el próximo curso académico.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a 3DFLOW por la ayuda brindada a través de la contribución de la licencia 3DF Zephyr Education durante el curso académico 2022/2023.

7. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Barbosa, F., et al. (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*. McKinsey Global Institute. Retrieved July, 21, 2023, from <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>
- [2] Sack, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*, 3rd edition John Wiley & Sons Inc.

- [3] Freimuth, H., & König, M. (2018). Planning and executing construction inspections with unmanned aerial vehicles. *Automation in Construction*, 96, 540-553. doi:10.1016/j.autcon.2018.10.016
- [4] Jiang, W., Zhou, Y., Ding, L., Zhou, C., & Ning, X. (2020). UAV-based 3D reconstruction for hoist site mapping and layout planning in petrochemical construction. *Automation in Construction*, 113, 103137. doi:10.1016/j.autcon.2020.103137
- [5] Xiong, X., Adan, A., Akinci, B., & Huber, D. (2013). Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data. *Automation in Construction*, 31, 325-337. doi:10.1016/j.autcon.2012.10.006
- [6] Leon Cascante, I., Aguirregomezkorta Arriaga, L., & Carballo Ostolaza, D. (2016). Integración de las tecnologías BIM entre diferentes asignaturas, en el grado de Arquitectura Técnica. In R. I. Herrada Valverde, M. T. Cutanda López & A. Torres Soto (Eds.), *Renovación pedagógica en educación superior* (pp. 96-99). Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.
- [7] Leon, I., Sagarna, M., Mora, F., & Otaduy, J. P. (2021). BIM application for sustainable teaching environment and solutions in the context of COVID-19. *Sustainability*, 13(9) doi:10.3390/su13094746
- [8] Martín Garín, A., León Cascante, I., Pérez Martínez, J. J., Martín Talaverano, R., Casado Rezola, A., & Millán García, J. A. (2022). Capítulo 41. Fotogrametría aplicada al levantamiento gráfico en proyectos de rehabilitación. Caso de estudio de una vivienda unifamiliar. In A. Vidales Barriguete, D. Ferrandez Vega & M. Álvarez Dorado (Eds.), *Innovación tecnológica y desarrollo sostenible en la edificación* (pp. 618). Madrid: Dykinson.

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN TERRITORIAL A TRAVÉS DE SEGREGACIÓN SOCIO-HABITACIONAL ESPACIAL Y USO SIG APLICADA A LA CIUDAD DE CHOLUTECA (HONDURAS)

ANALYSIS AND TERRITORIAL EVALUATION THROUGH SOCIAL-HOUSING SPATIAL SEGREGATION AND GIS USE APPLIED TO THE CITY OF CHOLUTECA (HONDURAS)

Francisco Maza Vázquez^{ac}, Nadia Melissa Cruz Elvir^{bd}

^a Universidad de Alcalá, Guadalajara, Spain

^b Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras

^c francisco.maza@uah.es, ^d ing.civil.nadiacruz@gmail.com

How to cite: Maza Vázquez, f.; Cruz Elvir, N. M. (2024). *Analysis and territorial evaluation through social-housing spatial segregation and gis use applied to the city of Choluteca (Honduras)*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 270-277. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Los problemas socio-habitacionales en las áreas urbanas, representados a través de su unidad espacial los barrios y colonias, puede darnos una clara idea de las desigualdades urbanas en la calidad de vida de sus habitantes y conocer la estructura socioespacial de la misma.

Es decir, se puede mostrar la falta de homogeneidad espacial urbana, el proceso de segregación y patrones de localización, donde se observa cómo los más fuertes ocupan las áreas de la ciudad con mejores condiciones de habitabilidad en cuanto a prestación de servicios, accesibilidad y ocupación de zonas con menos riesgos, mientras los más débiles o pobres se ven obligados a ocupar el resto del espacio urbano con las peores condiciones antes mencionadas.

El objetivo de este estudio es generar un análisis y evaluación territorial a través del uso de los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda. Estudiaremos zonas que presentan un patrón socio-habitacional desigual, mediante el cálculo de índices sociales, educativos y de tipología la vivienda de variables censales y representaremos el análisis a través del uso de los Sistemas de Información Geográfica.

Se utilizarán los métodos de análisis espacial cuantitativo (análisis linkage) mediante una creación y sistematización de las variables, a través de matrices de correlación para la formación de componentes o factores que permitirán crear zonas homogéneas. Estas zonas serán analizadas para una evaluación territorial.

Se proponen mecanismos de gestión e intervención urbana, cuyo análisis podrá ser aplicado a otras zonas del país.

Palabras clave: Desigualdad urbana, segregación, análisis espacial cuantitativo, análisis linkage.

Abstract

Socio-housing problems in urban areas, represented through their spatial unity with neighborhoods and neighborhoods, can give us a clear idea of urban inequalities in the quality of life of its inhabitants and know its socio-spatial structure.

That is, the urban spatial heterogeneity, the process of segregation and location patterns can be shown, where it is observed how the strongest occupy the areas of the city with better habitability conditions in terms of service provision, accessibility and occupation of areas with fewer risks, while the weakest or poorest are forced to occupy the rest of the urban space with the worst conditions mentioned above.

The objective of this study is to generate a territorial analysis and evaluation through the use of data from the National Population and Housing Census. We will study areas that present an unequal socio-housing pattern, by calculating social, educational and housing typology indices from census variables and we will represent the analysis through the use of Geographic Information Systems.

Quantitative spatial analysis methods will be used through the creation and systematization of the variables, through correlation matrices for the formation of components or factors that will allow the creation of homogeneous areas. These areas will be analyzed for a territorial evaluation.

Mechanisms for urban management and intervention are proposed, the analysis of which may be applied to other areas of the country.

Keywords: Urban inequality, segregation, quantitative spatial analysis, linkage analysis, housing partner pattern.

1. Introducción

En la producción de espacio urbano intervienen distintos agentes que, mediante su interacción, van determinando la formación de las diferentes áreas de la ciudad. Así, ésta pone de manifiesto las desigualdades que afectan a los grupos sociales que la habitan [8].

En el contexto urbano latinoamericano, los procesos de producción y apropiación del espacio dan lugar al distanciamiento cada vez mayor entre los estratos sociales, provocando una intensificación de la fragmentación socio-espacial. Este proceso sostenido y agudizado con el correr de los años es analizado y definido por una serie de autores especialistas en el tema como «Segregación Socio-espacial» [7].

Concebir la ocupación del territorio como una lucha para ocupar áreas con las mejores condiciones de la ciudad se puede reflejar en las diferencias sociales y habitacionales en los barrios y colonias de los áreas urbanas, generando un comportamiento cada vez más desigual donde los más fuertes están en la capacidad de vivir en lugares con mejores condiciones en la prestación de servicios, accesibilidad, zonas de menos riesgo; mientras los más débiles se ven obligados a ocupar el espacio urbano sin condiciones de habitabilidad.

Como lo indica [1], el siglo veinte ha sido un periodo que ha generado un determinado modo de vida de las sociedades urbanas actuales, presentando problemáticas socio-espaciales típicas desde el inicio del período. Los primeros estudios de las ciencias sociales estuvieron basados principalmente en conceptos provenientes de las ciencias biológicas a través del contexto Ecología Humana.

La evolución de los modelos estructurales del espacio urbano fue dando lugar a las ciudades cuya ampliación era regida por procesos de invasión-sucesión como lo indicó el Sociólogo Ernest W. Burgess en 1925 al conceptualizar el desarrollo de la ciudad como anillos concéntricos a partir del centro.

Posteriormente se realizaron estudios de la distribución residencial como el que ejecutó el economista Homer Hoyt en 1939, el cual estudio más de veinte ciudades de los países occidentales. Basa su explicación en un crecimiento por sectores, tendencia que las clases altas aprovecharían ubicándose en las áreas más accesibles al centro (principales vías de circulación) y buenas desde un punto de vista paisajístico (frentes costeros).

Finalmente, los geógrafos Chauncy Harris y Edward Ullman en 1945 analizan el tema haciendo hincapié en el proceso de conurbación, es decir, la unión de diferentes aglomeraciones, que llevaría a la generación de grandes áreas urbanas con múltiples centros (teoría de los núcleos múltiples), y que fue una base para que posteriormente Brian J.L. Berry y William Garrison pudieran aplicar, a finales de la década del cincuenta, la "teoría de lugares centrales" a nivel intraurbano [1].

La Ecología Urbana considera principalmente las pautas de localización residencial y ocupacional como indicadores de modelos propuestos. Es importante destacar el avance que supuso la teoría del "análisis de áreas sociales" desarrollada por Eshref Shevky y Wendell Bell, a mediados de siglo, que menciona tres factores de diferenciación social: el rango social, la urbanización y la segregación, a partir de los cuales se identificarían las áreas que estaban habitadas por poblaciones con similares estilos de vida.

Desde el lado de la geografía y el urbanismo, aparece a mediados de los 60, la primera sistematización de la información, que permitiría aplicar procedimientos clasificatorios tanto para el análisis de variables como el de unidades espaciales. El cambio de ambiente permitió revalorizar estos estudios urbanos en el marco de la denominada Ecología Factorial [1].

2. Objetivo

El objetivo principal de esta comunicación consiste en el análisis territorial a través de patrones de localización y segregación socio-habitacional espacial. Para ello se requiere la utilización de los SIG's (Sistemas de Información Geográfica) y de matrices de correlación, aplicadas al territorio objeto de estudio, que en nuestro caso es la Ciudad de Choluteca (Honduras).

3. Análisis espacial

Se hace indispensable tener claro el concepto de Análisis Espacial que se define como la distinción y la separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos.

En las prácticas de investigación científica es donde se recurre al denominado Análisis Espacial, el cual se transforma en sustento de todo el proceso, desde la formulación del problema hasta su resolución y transferencia. Cuando se enfoca desde un punto de vista temático, el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se enfoca desde la tecnología SIG se lo considera como su núcleo (sinónimo de su subsistema de tratamiento) ya que es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica.

Los cinco conceptos fundamentales del Análisis Espacial que hemos utilizado son los mismos que menciona Vilá Valentí (1983): *Localización, Distribución Espacial, Asociación Espacial, Interacción Espacial y Evolución Espacial*. A partir de éstos se puede realizar una síntesis cuya combinación de componentes nos lleven a determinar la estructura espacial del área de estudio.

La Localización considera que todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica en el espacio geográfico.

La Distribución Espacial considera que el conjunto de entidades de un mismo tipo se reparte de una forma determinada en el espacio geográfico. Pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados que quedarán distribuidos junto a las entidades que los contienen y pueden ser estudiados en la base del análisis espacial.

La Asociación Espacial considera el estudio de las coincidencias encontradas al comparar diferentes distribuciones espaciales. La forma de comparación más clara y directa es el análisis visual que se puede realizar con posterioridad a la superposición cartográfica de ambas distribuciones.

La Interacción espacial considera la estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios) distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales.

Y finalmente *la Evolución Espacial* incorpora la dimensión temporal a través de considerar estados de configuración espacial que cambian por otros, es decir incluir en los estudios los períodos pasados que permiten analizar los procesos que producen la situación actual [3].

4. El Territorio como unidad de análisis espacial

En Honduras la carencia más significativa es el hacinamiento; más de 3 personas por habitación de cada vivienda, que abarca a 494.000 hogares. Le sigue la carencia denominada "vivienda sin servicios básicos" agua potable y/o servicio sanitario- que requiere recursos para sustentar bienestar individual y familiar [5].

La demanda de vivienda en Honduras ha sido determinada por la interacción de distintas variables: el crecimiento poblacional y la formación de nuevos hogares, la inmigración de familias hacia las ciudades y la distribución de ingresos, entre otros.

El acceso a vivienda es una necesidad y podría ser la inversión más importante del núcleo familiar, es así que se incorpora como estrategia para la reducción de la pobreza.

La población de Honduras está constituida por 8.576,500 de habitantes (año 2015), con una de las más altas tasas de crecimiento de Latinoamérica. Como podrá observarse, el sector de vivienda no ha sido desarrollado del todo, siendo accesible únicamente para un pequeño porcentaje de habitantes, es por esto que en los últimos años el Gobierno de la República ha buscado diseñar una serie de estrategias y programas que contribuyan a frenar el déficit habitacional. Dentro de los servicios que se pretenden dotar, se hacen imprescindibles: la construcción de viviendas, la mejora de las existentes y el acceso a servicios básicos (agua, electricidad).

La investigación realizada se centra en la ciudad de Choluteca, que se ubica en el departamento de Choluteca, en la zona sur del país y pertenece a la región 13, de acuerdo a la regionalización hecha en la Ley de Visión de País y Plan de Nación en el año 2010.

El municipio de Choluteca según el ministerio de Gobernación cuenta con una extensión territorial de 1.069 km², con una densidad actual de 142 hab/km². Tiene una población de 152.518 habitantes de los cuales 99.910 viven en el área urbana y 52.608 viven en el área rural [11] (Fig. 1).

La ciudad de Choluteca representa una ciudad intermedia con una población de 86.176 habitantes. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), censo 2020, la ciudad de Choluteca cuenta con más de 48 barrios, 37 colonias y 13 residenciales para un total de 98 barrios y colonias que se ubican dentro del área del casco urbano, con un área aproximada de 2.555 hectáreas [11] (Fig. 2).

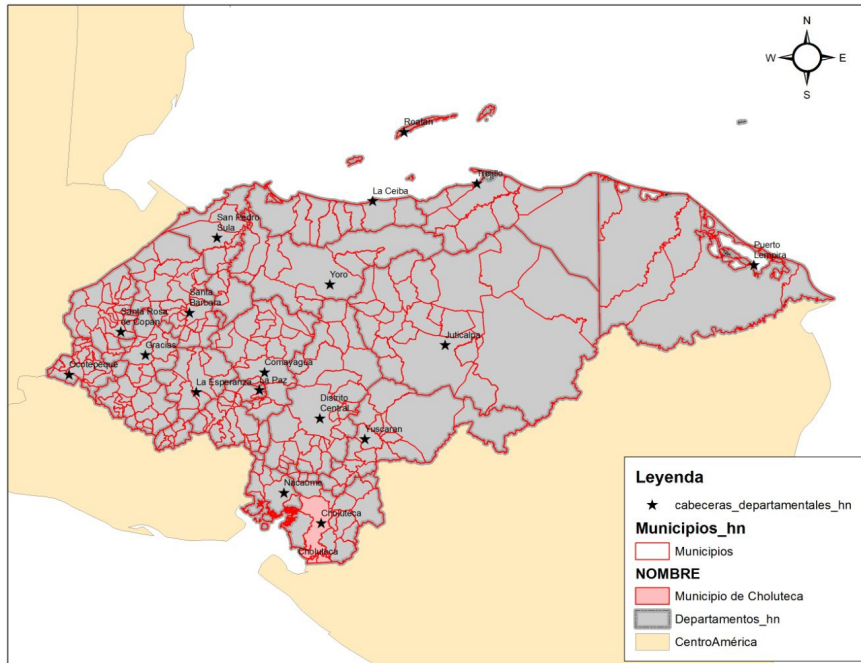


Fig. 1. Localización Municipio de Choluteca Leyenda de Figuras.

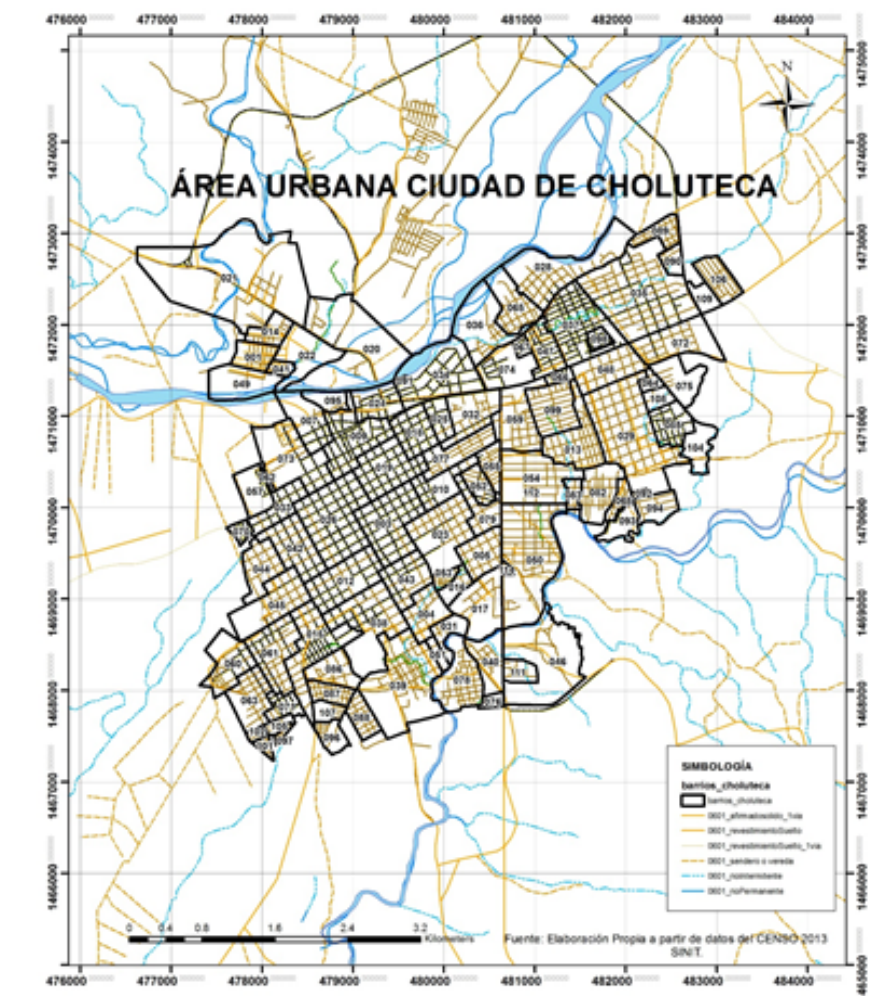


Fig. 2. Barrios y Colonias Ciudad de Choluteca. Fuente: INE, SINIT.

5. Marco metodológico de análisis espacial aplicado a la diferenciación socio-habitacional

Los dos métodos existentes para la localización y segregación socio-habitacional y regionalización se encuentran ampliamente descritos por [6]:

Las clasificaciones por divisiones lógicas, es uno de los métodos comúnmente usado en los procesos de obtención de zonas o unidades territoriales con características homogéneas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con este método las unidades territoriales homogéneas son generadas utilizando técnicas de sobreposición temática u overlay; y en la medida que se incluye un mayor número de variables, el número de áreas generadas también aumenta.

Clasificación por agregación de unidades espaciales que parte de unidades espaciales predefinidas y se considera que los elementos o individuos contenidos al interior de cada unidad se distribuyen uniformemente en toda su extensión. Cuando se aplican los métodos de agregación de unidades espaciales, el primer paso que se realiza es el análisis de las características territoriales dentro de cada unidad, que pueden ser representadas a través variables. Posteriormente las variables son estandarizadas para poder ser comparadas y finalmente las unidades espaciales son agrupadas con base en su similitud, la cual es medida a partir de los valores de las variables.

Se encuentra también el estudio a través de matrices de datos en la que la organización de los datos de atributos numéricos medidos en las unidades espaciales que integran el área de estudio se realiza en una matriz de datos estructurada en filas (unidades espaciales) y columnas (variables).

El análisis espacial multivariado ampliamente expuesto por Buzai [2] se centra en el tratamiento matricial de datos geográficos. Los aspectos más relevantes de este tipo de análisis se basan en la matriz de datos originales (MDO) donde el tratamiento de datos a partir de una estructura matricial parte de la generación de una Matriz de Datos Originales (MDO). Consiste en una tabla de doble entrada en donde las unidades espaciales se encuentran en las filas y las variables medidas en cada una de ellas en las columnas (concepto de tabla de atributos utilizado en SIG). De esta forma, el número de filas es igual al número de unidades espaciales en que está dividida el área de estudio y la cantidad de columnas igual al número de variables seleccionadas para el análisis.

La Matriz de Correlación de Variables (MCV), donde a partir de la matriz de datos estandarizados (MDZ) es posible realizar un análisis del grado de semejanza entre las variables. El concepto detrás de este análisis se fundamenta en la determinación de la forma en que los valores medidos en las diferentes unidades espaciales varían conjuntamente. Este grado de similitud y de variación conjunta se mide a través de un valor cuantitativo que indica la intensidad de la relación expresada numéricamente por el Índice de Correlación r de Person, el cual surge de la covarianza o variabilidad conjunta de las variables. El cálculo del coeficiente de correlación entre dos variables puede realizarse directamente a partir de la multiplicación de los puntajes estándar de cada par de variables en cada unidad espacial, obteniendo su sumatoria y dividiendo el resultado entre el número de unidades espaciales. El resultado del cálculo del coeficiente de correlación de variables aplicado a la Matriz de Datos Estandarizados z , es la Matriz de Correlación de Variables (MCV) que indica el grado de semejanza o desemejanza que hay entre cada par de variables.

La Matriz de Correlación de Unidades Espaciales (MCUE) Buzai [3], plantea que los procedimientos de clasificación pueden realizarse desde la perspectiva de las variables o desde las unidades espaciales. En el primer caso la finalidad es generar macro-variables o componentes y en el segundo la clasificación se convierte en sinónimo de regionalización. Para poder aplicar los métodos de análisis espacial cuantitativo a las unidades espaciales, es necesario convertir la Matriz de Datos Estandarizados (MDZ) a una Matriz de Datos

Geográficos. Esto se logra transponiendo la MDZ de tal manera que las unidades espaciales queden en el sentido de las columnas y las variables en el sentido de filas.

Y finalmente tenemos la Metodología Linkage Analysis, procedimiento del linkage analysis (análisis de encadenamiento) que representa una alternativa eficiente para el agrupamiento de unidades espaciales basada en valores de correlación. Este procedimiento fue propuesto originalmente por McQuitty (1957) en el ámbito de la psicometría, luego fue incorporado como procedimiento técnico del análisis geográfico (Racine y Raymond, 1973; Haggett, 1977). Su utilización actual destinada al proceso de regionalización se presenta en [3] y [6].

Nos hemos apoyado, además, en el Análisis Factorial como menciona [9] que es un análisis determinante en las diferencias en términos de diferenciación socio-espacial, utilizando metodología de Análisis de componentes principales con finalidad de obtener grupos homogéneos, a partir de variables seleccionadas.

6. Discusión de los Resultados

Los múltiples trabajos científicos relacionados con el tema indicado evidencian que ocupan un lugar importante entre los estudios desarrollados recientes de los problemas socio-habitacionales en áreas urbanas, cuyos habitantes sufren desigualdades en la calidad de vida, así como del conocimiento en la estructura socio-espacial. Estas desigualdades deben concienciarnos para encontrar mecanismos de gestión territorial e intervención urbana con el fin de ayudar a una mejor prestación en la dotación y acceso a servicios públicos de vital importancia como son la educación y la vivienda.

En el análisis realizado se han utilizado variables que tienen que ver con la presencia de infraestructuras y servicios en las viviendas, el nivel educativo de los residentes y la población que forma parte de ellos. Posteriormente en la vinculación del tema con el marco socio-habitacional y la gestión territorial se observa que interaccionan con los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano y con la percepción que se tiene de ellos.

Esta interacción se ha analizado utilizando los modelos de estructura urbana, de diferenciación y de segregación socio-espacial, para enjuiciar la adaptación de los servicios colectivos y su papel en el desarrollo territorial urbano, así como su capacidad para encajar las perturbaciones que se producen en el orden territorial, completando el análisis teórico con la aplicación de un territorio concreto, como es el que nos ocupa.

El balance realizado en el que se enjuician los resultados que ofrecen los empeños de valorar las variables e Indicadores socio-habitacionales más importantes para construir las diversas matrices (MDO, MDI, MDZ, MCUE, Transpuesta, Especificidad) permiten, entre otras aplicaciones, la obtención de cartografía de variables con mapas perfectamente comparables, y que nos dan resultados del nivel socio-espacial de la ciudad de Choluteca, de sus "zonas clúster", de los subíndices de población independientes, de nivel de educación, de servicios básicos y de vivienda.

7. Conclusiones

El análisis de los problemas, los enfoques, la identificación y la localización de barrios existentes en la ciudad de Choluteca (Honduras) presentan condiciones óptimas y condiciones deficientes de habitabilidad.

En la zona urbana de Choluteca se observan desequilibrios territoriales que se reflejan en la situación socio-habitacional que muestran una fragmentación y segregación espacial de las condiciones de vida.

La utilización de análisis multivariado de datos censales resulta útil para la delimitación de zonas urbanas homogéneas que presentan valores altos de correlación. El mismo tratamiento de la información podría efectuarse con datos aplicados a otras zonas del país.

La síntesis obtenida con estos procedimientos es una potente herramienta en el análisis estadístico al usar gran cantidad de variables que pueden ser de diferente naturaleza, existiendo una relación espacial que no se lograría sistemáticamente de otra forma.

Los mapas que se pueden obtener con esta metodología presentan las siguientes ventajas:

- Las zonas geográficas están caracterizadas por variables indicadoras obtenidas automáticamente para una función discriminante.
- Las zonas obtenidas del espacio estudiado pueden desagregarse jerárquicamente y obtener sub-zonas más pequeñas y homogéneas, según los niveles de similitud.
- Se reduce la dimensionalidad en la descripción temática del territorio y se obtienen componentes formados por grupos de variables, los cuales podemos llamar índices urbanos compuestos.

8. Citas y referencias bibliográficas

- Fig. 3. [1] Análisis Linkage de los patrones de localización socio habitacional: el caso de Lujan. Buzai, D. G., & Baxendale, L. C. (2002). Luján, Argentina: División de Geografía 2002.
- Fig. 4. [2] Mapas Sociales Urbanos. Buzai, G. D. (2003). Buenos Aires, Argentina.
- Fig. 5. [3] Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, Métodos y Aplicaciones. Buzai, G., Moreno Jiménez, A., & García de León, A. (2015). Santiago de Chile, Chile.
- Fig. 6. [4] Sistemas de Información geográfica: algunas aplicaciones en planificación y gestión urbana. Figueroa, R. A. (1993). Chile: Revista de Geografía Norte Grande.
- Fig. 7. [5] Análisis de la Pobreza en Honduras. FOSDEH. (2014). Tegucigalpa, Honduras: FOSDEH.
- Fig. 8. [6] Jiménez Galo, A. J. (2009). Regionalización de Honduras: hacia la construcción de regiones-plan a través del análisis espacial cuantitativo. Tegucigalpa, M.D.C.: Tesis para optar al Máster en Ordenamiento y Gestión del Territorio.
- Fig. 9. [7] Linares, S., & Lan, D. (2007). Análisis Multidimensional de la segregación socioespacial en Tandil (Argentina) aplicando SIG. *investigaciones Geográficas*, 149-166.
- Fig. 10. [8] La Segregación socio-residencial en ciudades intermedias del Caso de Bahía Blanca-Argentina. Prieto, M. B., Formiga, N., & Medus, S. (2001). Buenos Aires, Argentina
- Fig. 11. [9] Prieto, M. B. (2012). Diferenciación Socio-Espacial Urbana. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 187-214.
- Fig. 12. [10] Prieto, M. B. (2012). Diferenciación Socio-Espacial Urbana el Caso de Bahía Blanca, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 189.
- Fig. 13. [11] UNAH, Observatorio Universitario de Ordenamiento Territorial, USAID, World Vision . (2015). Diagnóstico Integral Multidimensional de la Ciudad de Choluteca. Tegucigalpa, Honduras: UNAH.

GEOMETRIC DECISIONS FOR THE PARAMETRIC DESIGN OF AN EXPERIMENTAL STRUCTURE. A CASE STUDY OF THE ARCHIMEDEAN PAVILION

DECISIONES GEOMÉTRICAS PARA EL DISEÑO PARAMÉTRICO DE UNA ESTRUCTURA EXPERIMENTAL. UN ESTUDIO DE CASO DEL ARCHIMEDEAN PAVILION

Roberto Narváez-Rodríguez

Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

roberto@us.es

How to cite: Narváez-Rodríguez, R. (2024). *Geometric decisions for the parametric design of an experimental structure. a case study of the Archimedean Pavilion*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 278-288. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

The Archimedean Pavilion was a full-scale prototype of experimental architecture carried out with dual purposes: 1. As a prototype, it served to test the practical potential of geometric research in the materialization of rotational parabolic domes for real-world applications. 2. As the cornerstone of an Architectural Geometry course, it provided a comprehensive learning experience for students in Geometry, Parametric Design, and Digital Fabrication.

The general aim of this paper is to delve into the geometry of the Archimedean Pavilion, with the focus on exploring the geometric decisions made during the algorithmic design process, providing a comprehensive understanding of the pavilion's structure and the implications of its design.

The methodology focused on conducting a descriptive case study of the pavilion, with qualitative research based on geometric analyses and graphic illustrations of the different stages of the study.

The results cover the geometric decisions on the parametric design of the pavilion, including the geometric elements, processes, and features of the different stages of the study: conceptual design, discretisation of the domes, materialisation components, and intersection curves.

The construction system of the pavilion constitutes a new solution for the materialisation of rotational parabolic domes. Therefore, the detailed and comprehensive geometric analysis of this study provides value in its potential to inform both academic discourse and professional practice for a variety of possible roofing and wide-span structures applications: indoor sports facilities, large event spaces, commercial buildings, agricultural buildings, shelters, etc.

Keywords: Archimedean Pavilion, Architectural Geometry, Parametric Design, Digital Fabrication, Parabolic Domes, Wide-span roofing.

Resumen

El Archimedean Pavilion fue un prototipo a escala natural de arquitectura experimental realizado con dos propósitos: 1. Como prototipo, sirvió para poner a prueba el potencial práctico de una investigación geométrica en la materialización de cúpulas parabólicas de

revolución para aplicaciones reales. 2. Como eje vertebrador de un curso de Geometría Arquitectónica, proporcionó una experiencia de aprendizaje integral para los estudiantes en Geometría, Diseño Paramétrico y Fabricación Digital.

El objetivo general de esta comunicación es adentrarse en la geometría del Archimedean Pavilion, centrándose en explorar las decisiones geométricas tomadas durante el proceso de diseño paramétrico, proporcionando una comprensión integral de la estructura del pabellón y las implicaciones de su diseño.

La metodología se centró en llevar a cabo un estudio de caso descriptivo del pabellón, con una investigación cualitativa basada en análisis geométricos e ilustraciones gráficas de las diferentes etapas del estudio.

Los resultados abarcan las decisiones geométricas sobre el diseño paramétrico del pabellón, incluyendo los elementos geométricos, procesos y características de las diferentes etapas del estudio: diseño conceptual, discretización de las bóvedas, componentes de materialización y curvas de intersección.

El sistema de construcción del pabellón constituye una nueva solución para la materialización de bóvedas parabólicas de revolución. Por lo tanto, el análisis geométrico detallado e integral de este estudio aporta valor en su potencial para trasladarse tanto al discurso académico como a la práctica profesional para una variedad de aplicaciones en estructuras de cubiertas de grandes luces: instalaciones deportivas, espacios para grandes eventos, edificios comerciales, edificios agrícolas, refugios, etc.

Palabras: Archimedean Pavilion, Geometría Arquitectónica, Diseño Paramétrico, Fabricación Digital, Bóvedas Parabólicas, Cubiertas de Grandes Luces.

1. Introducción

La llegada del diseño computacional, en contraposición a la mera informatización, significa, sin duda, un nuevo paradigma en el diseño arquitectónico [1][2]. Este cambio ha desplazado el enfoque del objeto al proceso en sí, con los algoritmos desempeñando un papel crucial como nuevos medios de representación. En este escenario, los diseñadores deben traducir sus ideas de diseño en algoritmos y parámetros para aprovechar el poder de combinación inherente a los procesos basados en la computación. Esto tiene repercusiones tanto en el ámbito profesional como en el académico, ya que varios aspectos del proceso arquitectónico se ven afectados, incluyendo la manera de pensar para el diseño [3], y la forma en que se aplica la geometría, tanto en las fases de diseño como de materialización, dentro de un flujo de trabajo completamente digital [4].

En el contexto educativo de la Geometría para Arquitectura e Ingeniería de Edificación, no cesa la discusión entre profesores e investigadores sobre cómo implementar este nuevo paradigma en el proceso de aprendizaje de los estudiantes [5][6][7]. Sin embargo, una nueva disciplina multidisciplinar, la Geometría Arquitectónica [8], parece haber ganado un número creciente de adeptos dentro del mundo académico, proporcionando un interesante marco para la sustitución de los cursos clásicos de Geometría Descriptiva en muchas escuelas.

Es en este contexto académico, en la asignatura de Geometría Arquitectónica para estudiantes de primero del grado de Ingeniería de Edificación, aunque aún denominada Geometría Descriptiva, donde surgió el Archimedean Pavilion como un prototipo experimental a escala natural con dos propósitos principales. Por un lado, fue el eje vertebrador del curso, abarcando todas las competencias, contenidos y tareas del aprendizaje de los estudiantes, donde se abordaron la Geometría, el Diseño Algorítmico y la Fabricación Digital con un enfoque integrado. Por otro lado, el diseño del prototipo, por su investigación geométrica, ha demostrado tener capacidades estructurales interesantes para aplicaciones en la materialización real de cúpulas parabólicas de revolución [9].

Aunque el diseño fue parte de una investigación llevada a cabo por los profesores, los estudiantes participaron en el proceso para resolver, con la ayuda de sus tutores, todos los problemas geométricos existentes, desde las definiciones paramétricas utilizando Grasshopper para Rhinoceros 3D, hasta la fabricación y el ensamblaje. El espacio diseñado, de aproximadamente 10 x 6 x 3.5 m de tamaño, estaba compuesto por cuatro paraboloides de revolución inclinados. Cada paraboloides fue discretizado y materializado con un conjunto de componentes en forma de anillos, formados por superficies cónicas (Fig. 1).

Debido a limitaciones presupuestarias, instalaciones disponibles y razones de seguridad, el material elegido para el prototipo fue polietileno de alta densidad (HDPE) en láminas de 1 mm de espesor. Estas láminas formaron los componentes cónicos, que se rellenaron con espuma de poliuretano para proporcionar la resistencia requerida para la experiencia académica. Sin embargo, para la aplicación profesional del sistema, los análisis estructurales se realizaron principalmente utilizando láminas metálicas o paneles delgados de madera.

Con estos dos marcos en mente, el académico y el de la práctica profesional, este artículo pretende presentar un estudio de caso del Archimedean Pavilion. El objetivo es proporcionar una comprensión integral de las decisiones geométricas involucradas en el proceso de diseño. Esto no solo ilustrará el discurso académico en torno a la geometría, el diseño computacional y la fabricación digital, sino que también proporcionará ideas prácticas para los profesionales que puedan considerar el uso del sistema estructural diseñado para la construcción de cúpulas parabólicas de revolución para diferentes aplicaciones en cubierta: instalaciones deportivas interiores, grandes espacios para eventos, edificios comerciales, edificios agrícolas, refugios, etc.

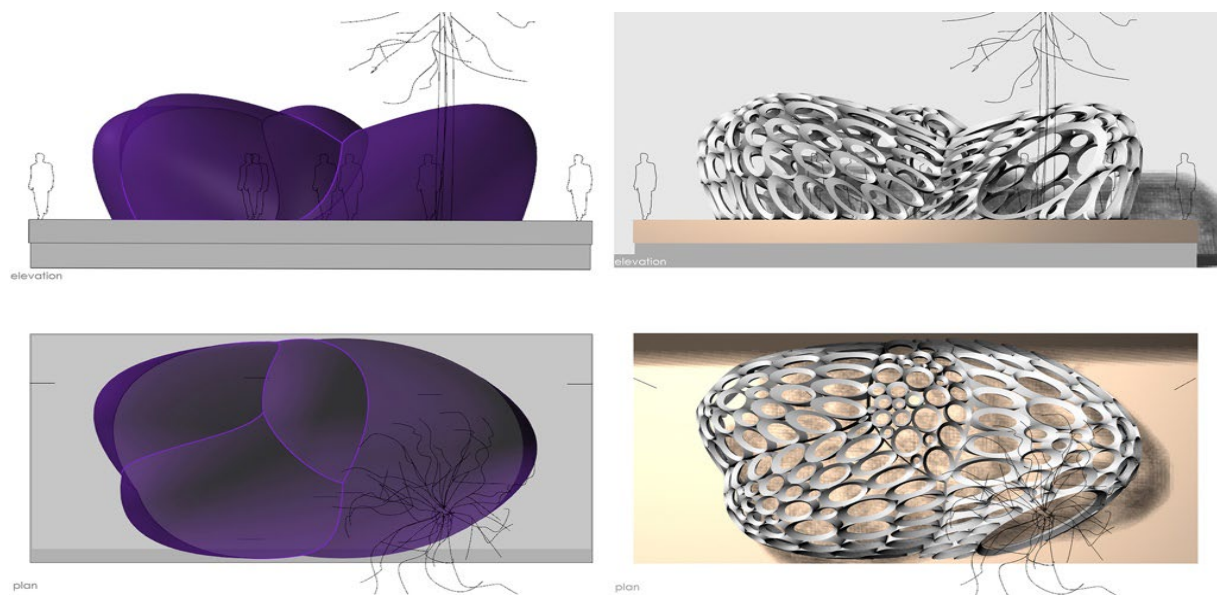


Fig. 1. Izquierda: Imágenes de la composición con cuatro paraboloides de revolución inclinados que conforman el espacio del Archimedean Pavilion. Derecha: Imagen de la discretización y materialización resultante con el conjunto de componentes en forma de anillos.

2. Objetivos

El objetivo general de este artículo es introducirse en la geometría del Archimedean Pavilion, con un enfoque en la exploración de las decisiones geométricas tomadas durante el proceso de diseño algorítmico, proporcionando una comprensión integral de la estructura del pabellón y las implicaciones de su diseño.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar la **geometría del diseño conceptual**. Esto implica comprender la idea geométrica inicial que guio el proceso de diseño y cómo esta idea se tradujo en un concepto arquitectónico a través del diseño paramétrico.
- Explicar los **principios geométricos utilizados para la discretización de las cúpulas**. Este es un paso clave en la traducción de las superficies de diseño en una estructura geométrica que forma la base para la generación de componentes constructivos.
- Estudiar la **geometría de los componentes cónicos, o anillos**, diseñados para la materialización de los paraboloides de revolución discretizados. Estos componentes forman los elementos estructurales primarios del pabellón, y su geometría tiene implicaciones significativas para el rendimiento estructural y la apariencia estética del pabellón.
- Explorar la solución geométrica particular desarrollada a lo largo de la **curva de intersección entre dos cúpulas adyacentes**. Este aspecto complejo del diseño requirió una planificación geométrica cuidadosa y estrategias creativas de resolución de problemas, y comprenderlo puede proporcionar valiosas ideas sobre los desafíos y oportunidades de diseñar este tipo de estructuras geométricas.

Al lograr estos objetivos, se pretende alcanzar el objetivo general sobre las decisiones geométricas en el diseño del Archimedean Pavilion, contribuyendo al discurso académico en Geometría Arquitectónica, y ofreciendo ideas valiosas para aplicar o replicar sus soluciones en la práctica profesional de estructuras ligeras de grandes luces.

3. Metodología y proceso de investigación

La metodología principal empleada en este artículo es la de un Estudio de Caso Descriptivo [10], adaptado a este caso y campo, con el objetivo de proporcionar una descripción detallada de la geometría involucrada en los procesos del Archimedean Pavilion, para explorar sus principios subyacentes para el diseño y desarrollo de un proyecto de este tipo.

El método de investigación aplicado es principalmente cualitativo [11], para proporcionar una comprensión integral de las decisiones geométricas involucradas en el proceso de diseño del Pabellón. La investigación se divide en varias etapas, cada una centrada en uno de los objetivos específicos previamente establecidos para el estudio:

- Diseño conceptual.
- Discretización de las cúpulas.
- Componentes cónicos.
- Curvas de intersección entre cúpulas adyacentes.

Para cada una de las etapas anteriores, se han seguido los siguientes pasos:

- Recolección de datos geométricos generales a través de la observación de los procedimientos llevados a cabo durante el diseño y desarrollo del pabellón.
- Análisis de los datos previos para identificar elementos geométricos simples, principios o propiedades existentes.
- Descripción de la geometría identificada, incluyendo una breve explicación escrita junto con ilustraciones gráficas que faciliten la comprensión de las decisiones geométricas tomadas.

4. Resultados

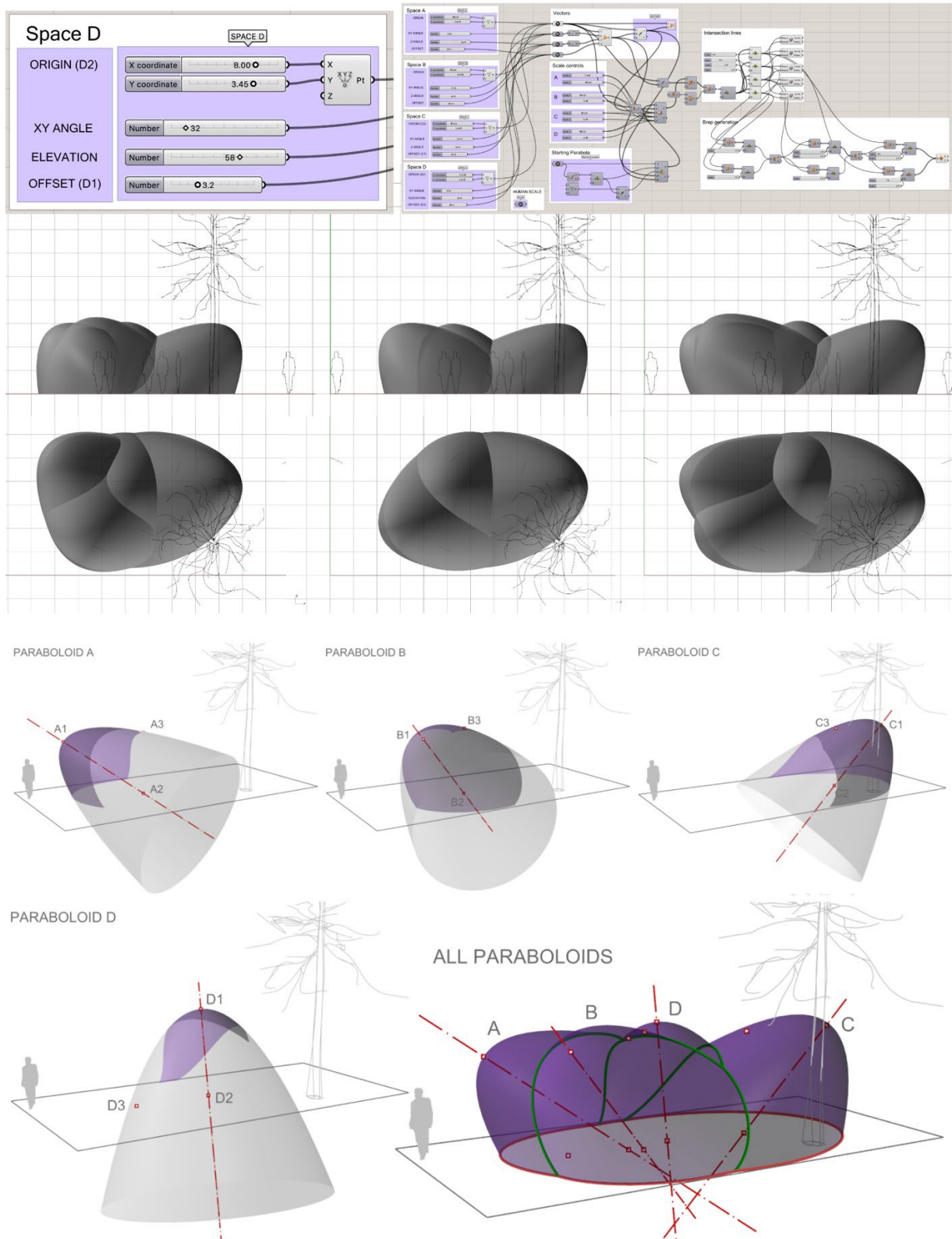


Fig. 2. Fila superior: Capturas de pantalla de Grasshopper que muestran los parámetros iniciales que definen cada paraboloides y toda la definición de Grasshopper. Fila del medio: Vistas frontal y superior de tres soluciones de diseño obtenidas durante la fase de exploración. Inferior: Paraboloides aislados con las fracciones resultantes mostradas en morado, y el resultado final del diseño conceptual con todas las fracciones parabólicas combinadas para formar el espacio del pabellón. Las curvas de intersección entre paraboloides se muestran en verde.

4.1. Diseño conceptual

El Archimedean Pavilion fue concebido como una exploración única, pero simple, de las posibilidades espaciales generadas por cuatro paraboloides de revolución, configurados como cúpulas, bajo condiciones específicas. El proceso de diseño se basó en el deseo de crear un espacio singular y cohesivo, encerrado por estas cuatro cúpulas (A, B, C, D), cada una definida por una fracción de un paraboloide de revolución. Este enfoque permitió la creación de una estructura compleja y multifacética que ofrecía una variedad de experiencias espaciales dentro de una única entidad arquitectónica (Fig. 2).

Las condiciones para cada paraboloide fueron meticulosamente definidas e implementadas como parámetros en un algoritmo de Grasshopper. Este enfoque algorítmico proporcionó la flexibilidad para explorar una amplia gama de soluciones de diseño, cada una ofreciendo una interpretación diferente del concepto geométrico inicial. Los parámetros controlaban varios aspectos de los paraboloides, incluyendo su posición, rotaciones y tamaño.

Sin embargo, estos parámetros no eran arbitrarios, sino que estaban restringidos a ciertos dominios, definidos según las dimensiones específicas de la plataforma donde se instalaría el pabellón. Esto aseguraba que las soluciones de diseño generadas por el algoritmo fueran factibles en la práctica, teniendo en cuenta las condiciones reales del lugar de implantación.

Este enfoque para definir el diseño conceptual del pabellón resultó ser particularmente beneficioso para los estudiantes, al introducirlos, con una actividad práctica, en el uso de algoritmos simples para diseñar espacios arquitectónicos. El uso del algoritmo de Grasshopper permitió a los estudiantes ver de primera mano cómo los cambios en estos parámetros podían alterar drásticamente el diseño, mientras se adherían a las restricciones geométricas del lugar.

4.2. Discretización de las cúpulas

Para discretizar las cúpulas parabólicas, se empleó una interpretación proyectiva de Gentil-Baldrich [12] de la Proposición 12 enunciada por Arquímedes de Siracusa [13], que es un caso particular de un teorema generalizado que afecta a todas las cuádricas de revolución, según lo enunciado por Martin-Pastor y Narváez-Rodríguez [14]. A partir de la interpretación proyectiva, la afirmación arquimediana podría formularse de la siguiente manera: utilizando la proyección paralela definida por la dirección del eje del paraboloide, cualquier círculo en un plano perpendicular al eje del paraboloide se proyecta sobre la superficie del paraboloide como una elipse, que es una curva plana. Esta propiedad significa, entre otras interpretaciones, que cualquier disposición de empaquetamiento de círculos en un plano perpendicular al eje del paraboloide puede proyectarse sobre el paraboloide para obtener una discretización de la superficie basada en caras elípticas planas o anillos tangentes entre sí en varios puntos del borde (Fig. 3 - arriba).

Utilizando el principio anterior, cada fracción de paraboloide del pabellón se discretizó de la siguiente manera: 1. El borde de la fracción del paraboloide se proyecta sobre un plano perpendicular al eje. 2. El borde proyectado se rellena con un algoritmo de empaquetamiento de círculos. 3. Los círculos se proyectan sobre la fracción del paraboloide para obtener las elipses, que serán la base para la generación de los anillos (Fig. 3 - abajo).

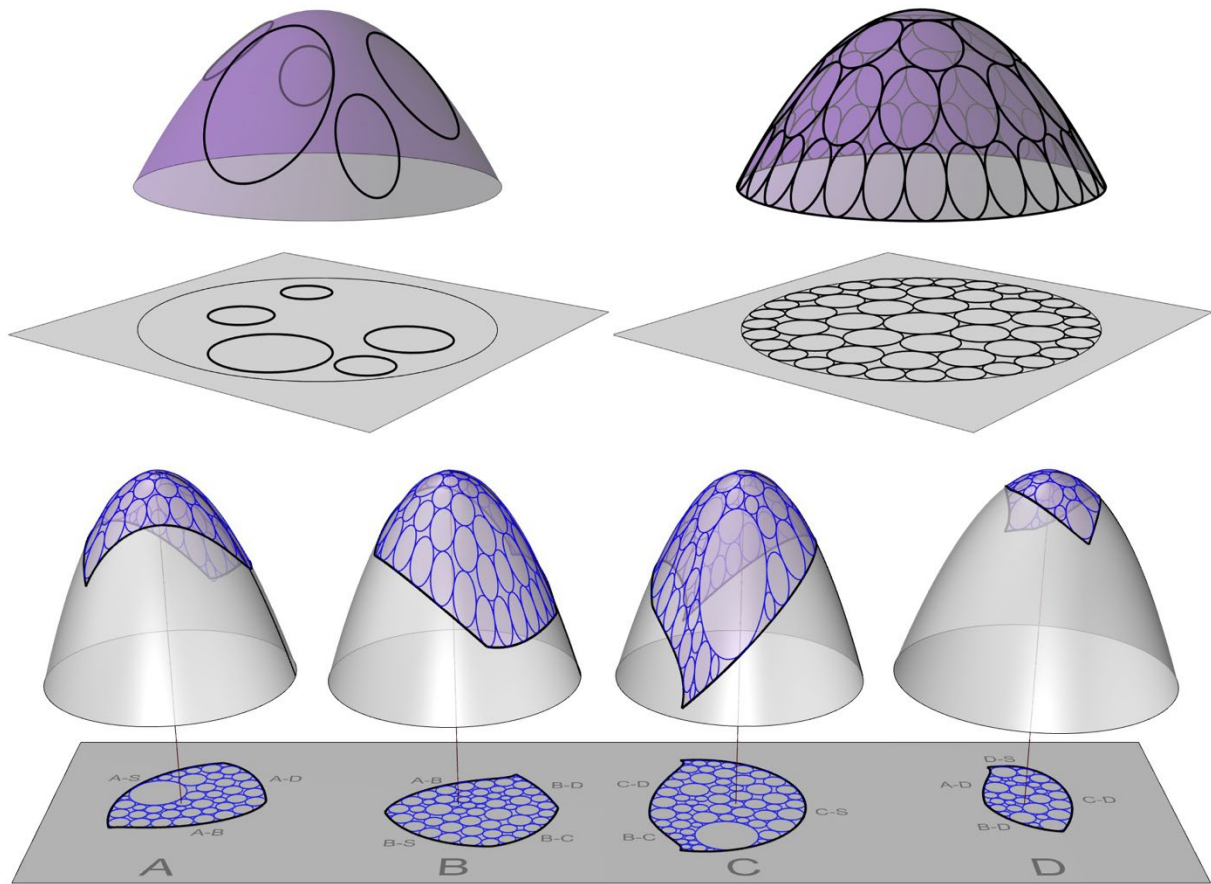


Fig. 3. Arriba a la izquierda: Interpretación proyectiva; cualquier círculo en un plano perpendicular al eje del paraboloide se proyecta como elipse sobre la superficie del paraboloide. Arriba a la derecha: Discretización de la superficie del paraboloide con caras elípticas planas derivadas de un algoritmo de empaquetamiento de círculos. Fila inferior: aplicación de los principios anteriores a las cuatro fracciones parabólicas del pabellón (A, B, C, D).

4.3. Componentes cónicos

De las posibilidades de materializar las elipses anteriores, la elegida se basa en la construcción de superficies cónicas extruyendo todas las elipses hacia un vértice común. Luego, se recortan estas superficies cónicas con una superficie paralela a la fracción del paraboloide. Este es un principio que ya ha sido utilizado por otros autores en aplicaciones a superficies esféricas, como el Packed Pavilion [15][16]. Sin embargo, lo que diferencia nuestro proyecto de otros es la forma en que los conos elípticos resultantes se rigidizan para proporcionar estabilidad global a la estructura. Aunque la solución inmediata podría ser engrosar la superficie hasta alcanzar la resistencia deseada, la solución propuesta consiste en utilizar láminas de material para generar una forma tridimensional que aumente el momento inercia de la sección transversal del anillo y, en consecuencia, proporcione una mayor rigidez al mismo (Fig. 4).

En la búsqueda de una disposición simple con el uso de superficies desarrollables, la solución adoptada consiste en un conjunto de tres superficies cónicas, que conforman una sección transversal triangular en el anillo; la superficie lateral inicial del anillo cónico elíptico, y dos nuevos conos, cuyos vértices son colineales con los conos originales, y cuyas bases coinciden con las dos bases existentes de la superficie cónica truncada inicial. Esta solución ha demostrado ser más eficiente que el engrosamiento de las superficies iniciales, necesitando menos material y proporcionando un rendimiento estructural mucho mejor [9].

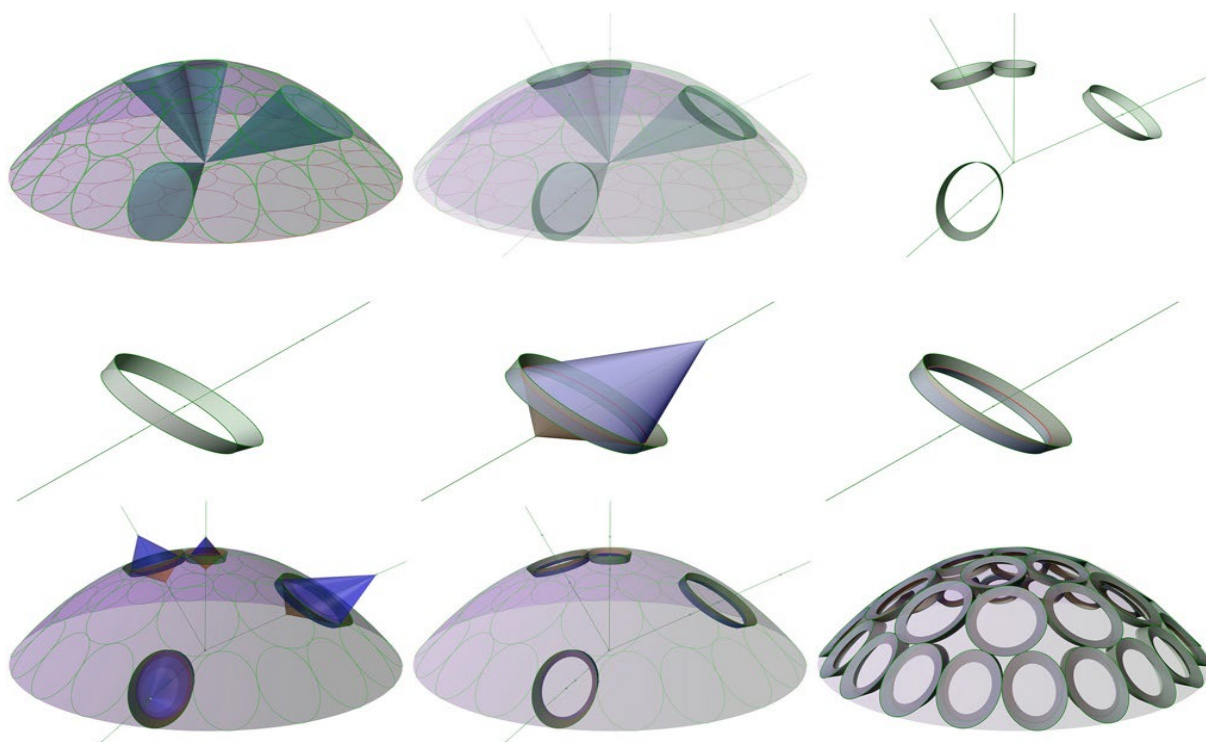


Fig. 4. Fila superior: Discretización inicial, extrusión de cuatro superficies cónicas de muestra y las superficies cónicas truncadas resultantes producidas por la sección con una superficie paralela. Fila del medio: Rigidez de la superficie cónica truncada generando un componente con dos nuevos conos con vértices colineales con los conos originales. Fila inferior: Reproducción de la rigidez anterior para las cuatro superficies cónicas de muestra y la cúpula resultante al aplicar el proceso a todos los anillos elípticos.

4.4. Curvas de intersección entre cúpulas adyacentes

La curva de intersección entre dos cúpulas adyacentes presenta un desafío que requiere una solución específica. Esto se debe principalmente a que el sistema estructural depende de la tangencia entre cada componente cónico y sus vecinos, ya que esta tangencia es el medio a través del cual se distribuyen las cargas en todo el sistema. En consecuencia, es crucial asegurar la tangencia entre los componentes vecinos de dos cúpulas diferentes.

La solución fue iniciar el empaquetamiento de círculos de cada cúpula desde el borde y condicionar el resto del empaquetamiento basado en el empaquetamiento del borde. Este enfoque asegura la tangencia necesaria en las líneas de intersección entre las cúpulas.

El proceso de construcción geométrica puede resumirse en tres pasos (Fig. 5):

1. Determinar una distancia apropiada entre los puntos de tangencia, dependiendo del tamaño pretendido aproximado de los componentes, y disponerlos a lo largo de las curvas correspondientes del borde de la fracción del paraboloide. Este paso establece las condiciones iniciales para el empaquetamiento de círculos.
2. Población del área circundante a las curvas de intersección con círculos, asegurando la tangencia en los puntos previamente determinados. Este paso garantiza la continuidad de la estructura a lo largo de las curvas de intersección entre dos paraboloides adyacentes.

3. Población del área interna restante con el resto de los círculos. Este paso final completa el empaquetamiento de círculos, llenando el resto de la superficie de la cúpula mientras se mantienen las condiciones geométricas necesarias.

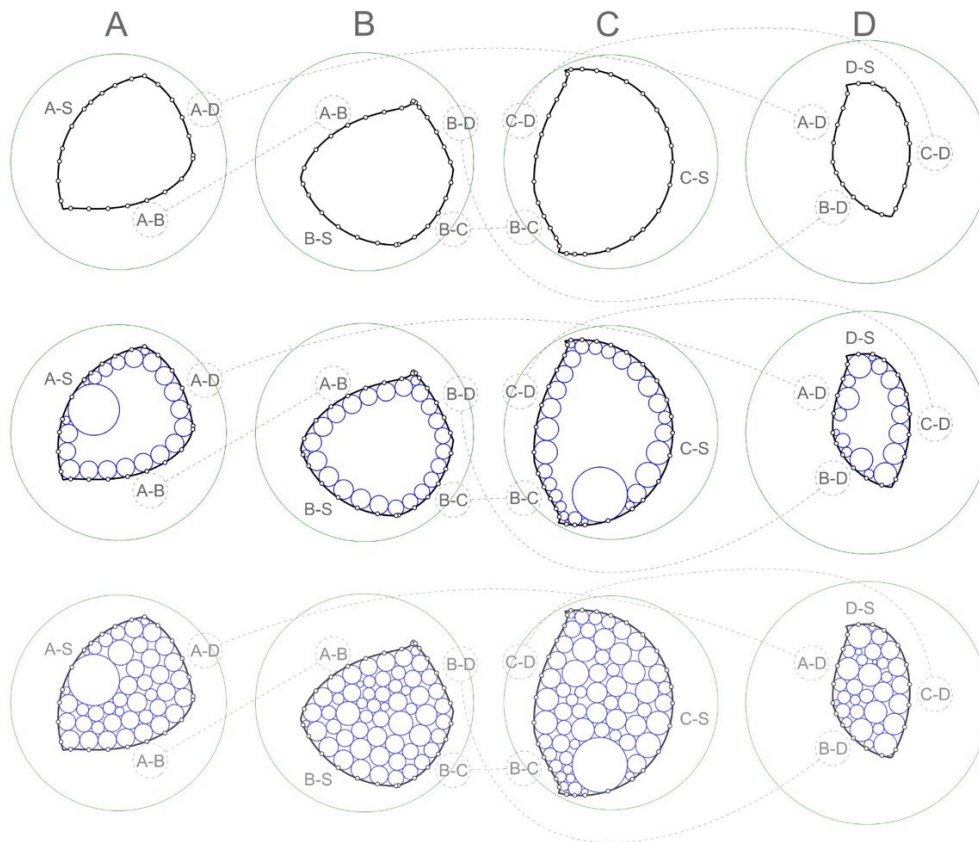


Fig. 5. Fila superior: Puntos de tangencia con la misma disposición a lo largo de las curvas de intersección correspondientes. Fila del medio: Empaquetamiento de círculos alrededor de las curvas. Fila inferior: Empaquetamiento de círculos en el área interna.

5. Conclusiones

El Archimedean Pavilion, como estudio de caso, ofrece una oportunidad interesante para profundizar en las decisiones geométricas involucradas en el éxito del diseño paramétrico de esta estructura experimental. El análisis detallado del diseño del pabellón, tal como se presenta en este artículo, proporciona una comprensión integral de los principios y estrategias geométricas empleadas, lo que no solo contribuye al discurso académico en torno a la Geometría Arquitectónica, sino que también ofrece valiosas ideas para la aplicación práctica de estas soluciones en la práctica profesional.

El estudio del diseño conceptual reveló el poder de las herramientas de diseño paramétrico para traducir conceptos geométricos simples en formas arquitectónicas. El uso de Grasshopper permitió un proceso de diseño flexible, que posibilitó la exploración de una amplia gama de soluciones de diseño dentro de las restricciones geométricas definidas.

La discretización de las cúpulas, basada en una interpretación proyectiva de la Proposición 12 de Arquímedes, demostró el potencial de los principios geométricos clásicos en la generación de formas estructurales complejas. El algoritmo de empaquetamiento de círculos proporcionó un medio práctico y eficiente para discretizar las superficies del paraboloides, resultando en una estructura geométrica compuesta por caras elípticas planas o anillos.

El desarrollo de los componentes cónicos, o anillos, destacó la importancia de las decisiones geométricas en la materialización de las cúpulas discretizadas. La solución elegida, basada en la construcción de superficies cónicas, resultó ser más eficiente que el simple engrosamiento de la superficie, proporcionando una mayor rigidez con menos material.

La solución geométrica desarrollada para las curvas de intersección entre cúpulas adyacentes, para asegurar la tangencia entre los componentes vecinos, subrayó la importancia de la planificación y las estrategias creativas de resolución de problemas al aplicar el conocimiento geométrico.



Fig. 6. Fotografías del Archimedean Pavilion después de la fabricación digital y el ensamblaje de todos los componentes.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] Terzidis, K. (2003). *Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design*. Spon Press - Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203586891>
- [2] Terzidis, K. (2006). Algorithmic Architecture. In *Architectural Press* (Vol. 1). Elsevier. <http://books.google.com/books?id=Elblo8RuZv8C&pgis=1\nhttp://lmnts.lmnarchitects.com/reviews/algorithmic-architecture/>
- [3] Menges, A., & Ahlquist, S. (2011). *Computational Design Thinking: Computation Design Thinking* (A. Menges & S. Ahlquist, Eds.). Wiley. <http://www.amazon.co.uk/Computational-Design-Thinking-Computation-Reader/dp/0470665653>
- [4] Pottmann, H. (2010). Architectural geometry as design knowledge. *Architectural Design*, 80(4), 72–77.
- [5] BURRY, M. (2013). From Descriptive Geometry to Smart Geometry: First Steps to Digital Architecture. In B. Peters & T. Peters (Eds.), *Inside Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design* (pp. 154–165). Wiley.

- [6] Migliari, R. (2012). Descriptive Geometry: From its Past to its Future. *Nexus Network Journal*, 14(3), 555–571.
- [7] Taffeberg Jakobsen, I., & Matthiasen, J. (2014). Descriptive Geometry and / or Computer Technology ? What Mathematics is Required for Doing and Understanding Architecture ? *Nexus Network Journal*, 16(2), 505–516.
- [8] Pottmann, H., Hofer, M., Asperl, A., & Kilian, A. (2007). *Architectural Geometry*. Bentley Institute Press.
- [9] Narvaez-Rodriguez, R., & Barrera-Vera, J. A. (2016). Lightweight Conical Components for Rotational Parabolic Domes: Geometric Definition, Structural Behaviour, Optimisation and Digital Fabrication. In S. Adriaenssens, F. Gramazio, M. Kholer, A. Menges, & M. Pauly (Eds.), *Advances in Architectural Geometry 2016* (pp. 378–397). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- [10] Yin, R. K. (1993). *Applications of Case Study Research*. Sage Publications, Inc.
- [11] Astin, F., & Long, A. F. (2009). Qualitative research: An overview. *British Journal of Cardiac Nursing*, 4(8), 390–393. <https://doi.org/10.12968/bjca.2009.4.8.43498>
- [12] Gentil Baldrich, J. M. (1997). *Sobre la Intersección de Cuádricas de Revolución de Ejes Paralelos*. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla.
- [13] Archimedes. (1897). *The Works of Archimedes* (T. L. Heath, Ed.; First edit). Cambridge University Press Warehouse. <https://archive.org/stream/worksofarchimede029517mbp#page/n9/mode/2up>
- [14] Martín-Pastor, A., & Narvaez-Rodriguez, R. (2019). New Properties About the Intersection of Rotational Quadratic Surfaces and Their Applications in Architecture. *Nexus Network Journal*, 21(1). <https://doi.org/10.1007/s00004-018-0420-x>
- [15] Leidi, M., Zausinger, D., Chen, M.-C., & Pawlofsky, T. (2010). *Packed Pavilion*. [Http://Packed-Pavilion.Blogspot.Com.Es/](http://Packed-Pavilion.Blogspot.Com.Es/). <http://packed-pavilion.blogspot.com.es/>
- [16] Beorkrem, C. (2013). *Material Strategies in Digital Fabrication* (W. Fuller, Ed.; 1 edition). Routledge (Taylor and Francis Group).

Agradecimientos: a los patrocinadores del pabellón, Universidad de Sevilla y Dow Building Solutions (una división de The Dow Chemical Company), y a todos los participantes en este proyecto.

DRAWING, DESIGN, SURVEYING: COGNITIVE PATHS FOR THE ANALYSIS OF AN ELEVATED RAILWAY STATION IN ITALY

DIBUJO, DISEÑO, TOPOGRAFÍA: VÍAS COGNITIVAS PARA EL ANÁLISIS DE UNA ESTACIÓN DE FERROCARRIL ELEVADA EN ITALIA

Caterina Palestini^a, Giovanni Rasetti^b, Lorenzo Pellegrini^c,

Università G. D'Annunzio, Pescara, Italy

^a caterina.palestini@unich.it, ^b rasetti.giovanni@outlook.com, ^c l.pellegrini.cm@gmail.com

How to cite: Palestini, C.; Rasetti, G.; Pellegrini, L. (2024). *Drawing, design, surveying: cognitive paths for the analysis of an elevated railway station in Italy*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 289-298. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

This contribution proposes the graphic analysis of the innovative design for the elevated railway station built in Pescara between 1970-80. The investigation concerns the long and complex design elaboration connected with the profound urban and social changes that affected the city, previously divided by the railway line. The main objective is to understand the design essence by tracing, through an overlook of the original drawings, the thoughts of the designers who proved themselves with a daring construction in relation to the final result.

The research involves a comparison-based study methodology consisting of three main stages: 1. Reading of the original drawings, much of it unpublished, with the related design solutions including those not completed; 2. Survey of the built structure with integrated methodologies: 3d laser scanner and photo-modelling; 3. Comparisons of the first and second designs with the built work in relation to the construction techniques related to the beginnings of prestressed concrete.

The originality and value of this study lies in its comprehensive approach to documenting the entire building design process, from concept to completion, and the use of advanced technologies to analyse and communicate the structural and functional aspects of the work.

The results provide insight into the entire design process and show how the design underwent several modifications over time, resulting in a final building form that deviates significantly from the original design. In addition, the new digital reconfigurations make it possible to explore the complex structure three-dimensionally by analysing it as a whole and in the decompositions of its significant parts.

In conclusion, the examination provides a methodological approach that highlights the value of drawing in its various declinations as a tool for ideation, analysis and communication of thought expressed graphically. It contributes in the field of archival research, architectural heritage survey, drawing/construction history and graphic analysis, defining a method of study that shows the value of graphic heritage, applied to an emblematic case study such as the elevated railway station in Pescara, Italy.

Keywords: Infrastructure, Design, Construction History, 3D Surveying.

Resumen

En esta contribución se propone el análisis gráfico del innovador diseño de la estación de ferrocarril elevada construida en Pescara entre 1970 y 1980. La investigación se refiere a la larga y compleja elaboración del diseño, relacionada con los profundos cambios urbanos y sociales que afectaron a la ciudad, anteriormente dividida por la línea de ferrocarril. El objetivo principal es comprender la esencia del diseño rastreando, a través de una revisión de los dibujos originales, los pensamientos de los diseñadores que se probaron a sí mismos con una construcción atrevida en relación con el resultado final.

La investigación se basa en una metodología de estudio comparativo que consta de tres etapas principales: 1. Lectura de los dibujos originales, gran parte de ellos inéditos, con las soluciones de diseño relacionadas, incluidas las no finalizadas; 2. Levantamiento de la estructura construida con metodologías integradas: escáner láser 3d y foto-modelado; 3. Comparaciones de los primeros y segundos diseños con la obra construida en relación con las técnicas constructivas relacionadas con los inicios del hormigón pretensado.

La originalidad y el valor de este estudio radican en su enfoque integral para documentar todo el proceso de diseño del edificio, desde su concepción hasta su finalización, y en el uso de tecnologías avanzadas para analizar y comunicar los aspectos estructurales y funcionales de la obra. Los resultados proporcionan una visión de todo el proceso de diseño y muestran cómo el diseño sufrió varias modificaciones a lo largo del tiempo, dando lugar a una forma final del edificio que se desvía significativamente del diseño original. Además, las nuevas reconfiguraciones digitales permiten explorar tridimensionalmente la compleja estructura analizándola en su conjunto y en las descomposiciones de sus partes significativas.

En conclusión, el examen aporta un enfoque metodológico que pone de relieve el valor del dibujo en sus diversas declinaciones como herramienta de ideación, análisis y comunicación del pensamiento expresado gráficamente. Contribuye en el campo de la investigación archivística, el estudio del patrimonio arquitectónico, la historia del dibujo/construcción y el análisis gráfico, definiendo un método de estudio que muestra el valor del patrimonio gráfico, aplicado a un caso de estudio emblemático como es la estación de ferrocarril elevada de Pescara, Italia.

Palabras clave: Infraestructura, Diseño, Historia de la construcción, Levantamiento 3D.

1. Introduction

The study of project drawings and digital reconstruction of design phases and unrealized variants allow us to piece together the history of pieces of our cities, tracing the historical events and motivations that exist behind seemingly controversial urban planning choices. When the generation-to-generation oral tradition of a city's urban planning story breaks down, architectural archives can stitch together the narrative and memory of important stages of community growth.

In recent decades, Pescara's Central Station has been at the center of debates about the city's urban transformations for two reasons:

- The large urban void referred to as the "result area" formed after the railway line was pulled back has been a vulnerability in the city center for 30 years and has been the target of never-successful redevelopment attempts.
- The impressive station structure is only partially used and most of the rooms are in a state of decay and neglect.

Beyond the functional criticalities, the Pescara Central Station is a building that, in terms of location, being central and located at the intersection of the main road axes, and size, being

20 meters longer than the Roma Termini station, unequivocally characterizes the city skyline influencing the image citizens have of their city since the late 1980s.

1.1. History of the project

The Pescara Central Station stands along the Adriatic Line of the Italian Railroad Network (RFI) and is the city's main railway yard. It stands at the west end of Corso Umberto I, the boulevard that cuts through the city in an east-west direction, arriving perpendicular to the sea.

The railroad arrived in Castellammare, the city's ancient name, after the unification of Italy in 1863, the year in which the first station was also built, of which the ticket office building and water tanks still remain. After the inauguration of the railroad link in the late 19th century, which created an important junction with Rome and the Adriatic coastal strip, in 1927 the city, through the intercession of Gabriele D'Annunzio, was elevated to the status of a province with the union of the nearby village of Pescara, from which it acquired its name.

The city precisely because of the establishment of the railroad yard and its location in a flat, bare area near the coastal strip that lent itself well to rapid urbanization, also favored by seaside tourism, will find the inputs for very rapid economic growth. Economic dynamism would not stop even with the bombings of World War II that destroyed nearly 80 percent of the buildings, indeed with reconstruction there would be accentuated building expansion supported by the so-called "economic boom of the 1960s" making Pescara the economic capital of the region.

In this modern urban landscape the primitive railway line would become an obstacle to the expansion of the urbanized area, dividing the new city center longitudinally and limiting the directions of development toward the hillside. In this regard, in 1959 a resolution of the City Council will initiate the procedure for requesting the Ministry of Transport to eliminate the urban section of the Adriatic railway by elevating it on an embankment at a higher elevation. From this moment began the design and construction phase of today's station, which at the time was one of the few elevated stations in Europe, an ambitious project whose construction would drag on for almost 30 years, mainly due to difficulties in finding financing. The initial design for the new station, to be built under the deck, was entrusted by the State Railways, managed by its own technical commissions: the first headed in 1962 by engineer Corrado Cameli with the design of a cable-stayed steel structure and the second, in 1968, by engineer Aldo Favini with one in prestressed concrete. Both professionals had extensive credentials on infrastructure design: Cameli, when he arrived on the Pescara project, had recently inaugurated the Naples Central Station with Pierluigi Nervi, while Aldo Favini, a former teacher at the Lausanne Polytechnic, patented the "Favini system" for anchoring cables for prestressed concrete structures in 1951.



Fig. 1. Pre-war postcard and Photography of post WWII destruction of the old Railway station.

Neither Cameli's nor Favini's design would see the light of day, and it would be another sixteen years before we would have an executive design, again signed by RFI's technical department, with the opening of construction sites. The final design of the structures, albeit with several variants, would be entrusted in 1970 to Pescara engineers Giovanni and Piero Cerasoli, who were advised by Carlo Cestelli Guidi, professor of Construction Technology at the Faculty of Architecture in Rome. The "completion and finishing works of the new Pescara Centrale station" will be contracted by the Ministry of Transport and the Azienda Autonoma delle Ferrovie dello Stato in 1984, and the new station will finally be inaugurated in January 1988.

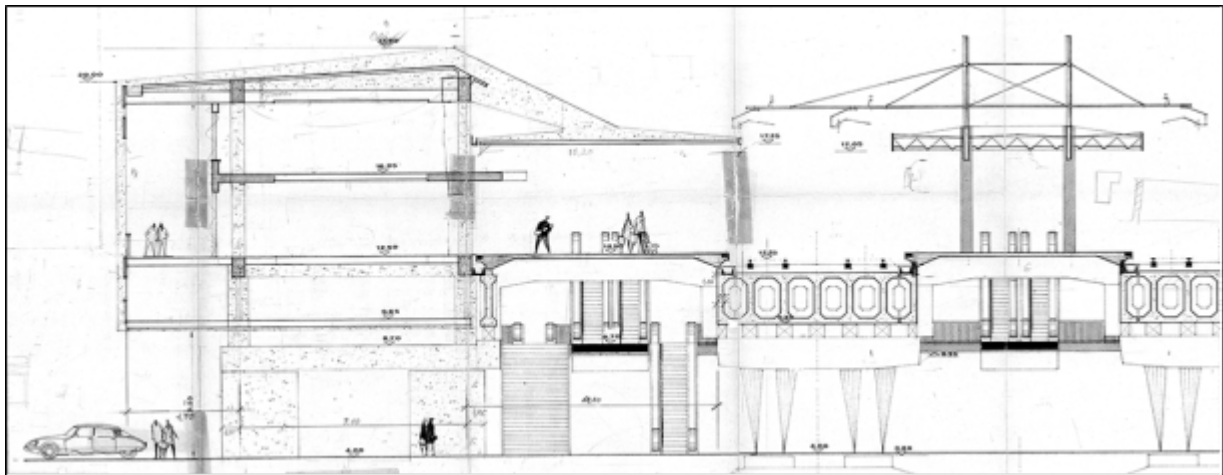


Fig. 2. Section by Giovanni and Pietro Cerasoli, 1970.

1.2. Description of the project

The Pescara's central station is a through station and is located along the Adriatic railway line with a north-south direction of the railway line. The site of the new structure has been set back towards the hilly area of the city by 120 meters from the old station and raised by about 10 meters from the road level: the vast area known as the "waste" area that housed interchange and transit tracks of the old station has, as anticipated, been at the center of the city's debate for many years for the development of major urban regeneration projects, but it currently houses the city's largest open-air parking lot and bus station stalls.

The passenger building consists of two 230-meter-long, 14-meter-deep and 22-meter-high cues, which embrace to the east and west the bundle of eight tracks that make up the embankment. These volumes house administrative offices, service rooms and control rooms and are connected on the ground floor by the large double-height atrium that houses the actual passenger building, with ticket offices and commercial rooms. Between this environment and the train track branch off the five tunnels that connect the tracks. Two road underpasses that connect in an east-west direction the station entrance road to Via Enzo Ferrari, the street bordering the building to the west, divide the ground floor into three separate bodies

The main elevations are divided into three orders with the three levels of the central office building, raised above street level, entirely enclosed by a square-mesh curtain wall and mirrored glass. The regularity and repetitiveness of this architectural element, applied without hierarchies between vertical and horizontal elements on a regular and vast surface, gives the volume the character of an abstract and utopian geometry that is very reminiscent of the radical concepts of the "continuous monument" and some experiences of Japanese architecture of the 1980s. These mirrored prisms float on a podium clad in polished gray granite slabs in which the station entrances open. The seven large vents towering from the

roof are actually an architectural solution to complete the composition of aesthetic value without any functional or technological value.



Fig. 3. Areal view of the station and its surroundings

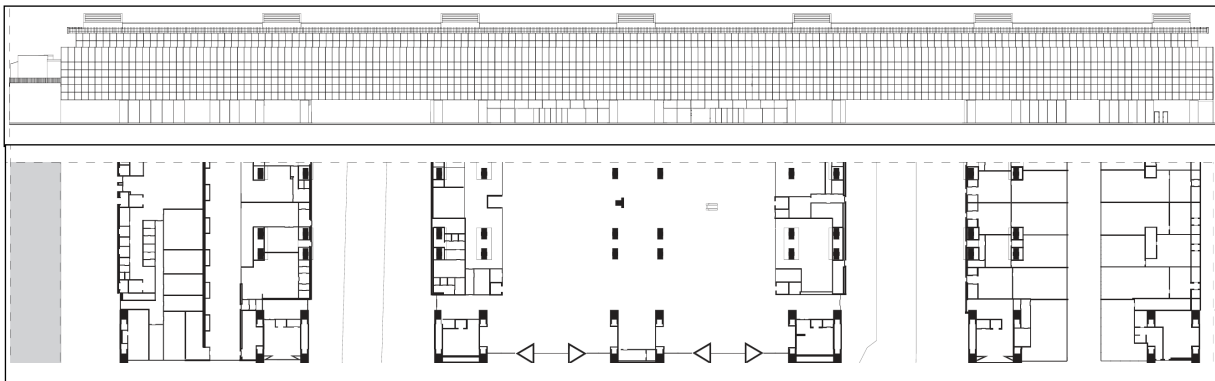


Fig. 4. Survey of the main façade and the ground floor plan



Fig. 5. View of the main façade

The utopian and futuristic character of the project also continues in the interiors, especially in the entrance lobby, a large square room overlooked by all the passenger-facing functions such as the ticket office, bars, and stores. The vast gray granite floor area is punctually interrupted only by the vertical links leading to the tracks and the interesting cruciform pillars of variable cross-section that support the embankment: these are the only visible structural elements. The interior atmosphere is strongly characterized by the white metal slat ceiling that expands and compresses into a polygonal pattern depending on the position of the technological elements to be covered, such as the large beams on which the tracks run.

On the interior elevations facing the train level, the office bodies lose the curtain wall element in favor of a simple gray scratched plaster. Rising from both volumes are two imposing cantilevered canopies that cover the first platforms and protect the entrance to waiting rooms and union spaces. The three middle platforms are also covered by metal canopies equal in length to those of the passenger building.

1.3. Graphic analysis and reworking of project variants

Thanks to the documentation made available by the technical office of the RFI compartment of Ancona, to which Pescara Central Station belongs, it was possible to examine the hundreds of plates that make up the entire 1984 executive project. From the analysis of the drawings, which are extensively accompanied by technical details, it was possible to learn about the technical and structural solutions concealed by the envelope that made the construction of the work possible and to know the intended use of the areas not accessible to the public in order to understand the complete functional organization of the infrastructure. The considerable size of the structure made it necessary to organize the plans, at a scale of 1:50, in 12 quadrants for each of the 6 design elevations. Each table comes with a navigator to easily locate the reference quadrant. Once the plans were digitized, image editing software was used to realign all the quadrants that make up each level into a single file.

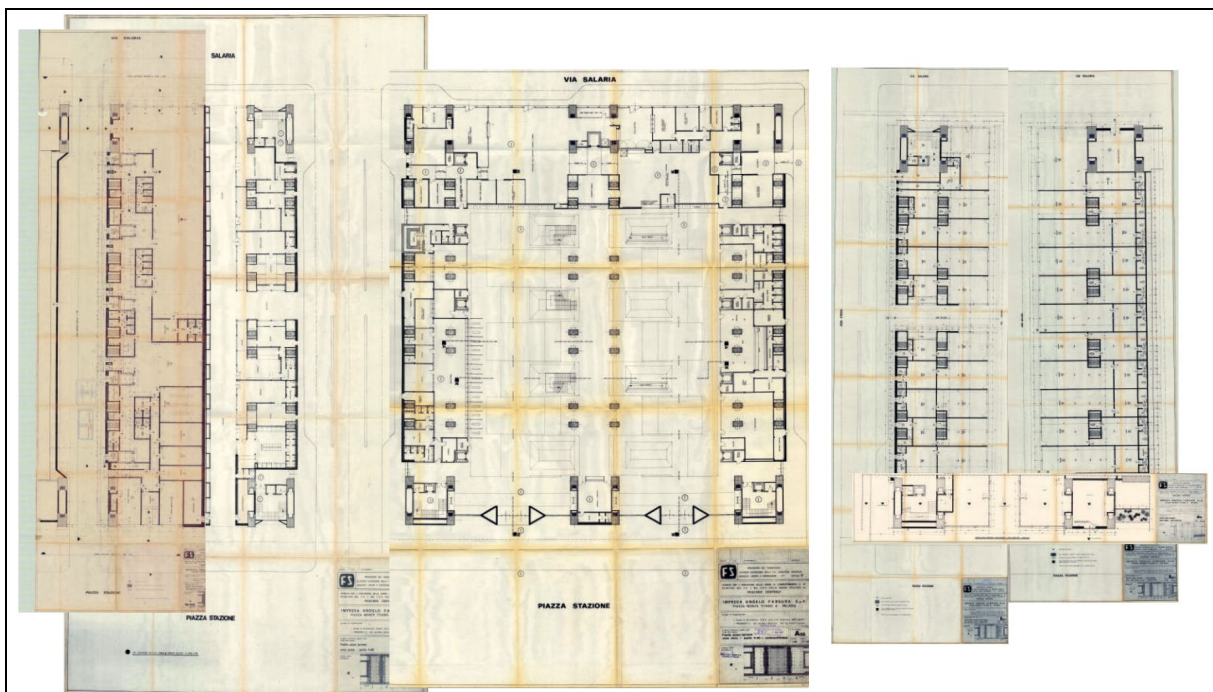


Fig. 6. Reconstruction of the full-size ground floor plan

From these complete plan images, vectorization could be carried out using Cad drawing software and then imported into BIM software to reconstruct the three-dimensional model. The choice of this technology proved to be particularly appropriate for this type of

architecture, as BIM software allows parametric control of families of architectural elements made of repeatable modules, such as the sizable curtain wall in our case.

The axonometric sections of the model clearly highlight the structural system of the embankment, which is the real novelty of the structural layout. The elevation of the railway track above the road elevation proved to be a bold choice for the initial years of the project and constituted the technological challenge that while causing delays in construction and alternations in the design direction, resulted in the realization of a state-of-the-art infrastructure. Prestressed concrete "I" beams were coupled in groups of 7 for each track and rested on pillar trestles to bridge the entrance concourse spans and the underpasses of the crossing roads. These trestles are each composed of two pillars of complex geometry: the base in the form of an elongated octagon rotates 90 degrees along the slope breaking down into an asymmetrical cross: polygonal drawing software was relied upon for the design of this detail, which allows the easy handling of more complex geometries. For the reading of the functions of the interior spaces and the analysis of the flow of people, axonometric exploded views were prepared that dissect the building on the various levels.

To verify the actual correspondence of the designed building with the realized one at least, an integrated survey design was then prepared that allowed analysis and comparisons of formal and structural aspects. Surface reflectance was a problem in the data acquisition stages with both laser-scanner and image-based system. The integration of the two methods with the help of photoplanes allowed for an adequate result for the processing and graphic restitution of facades with mirrored surfaces.

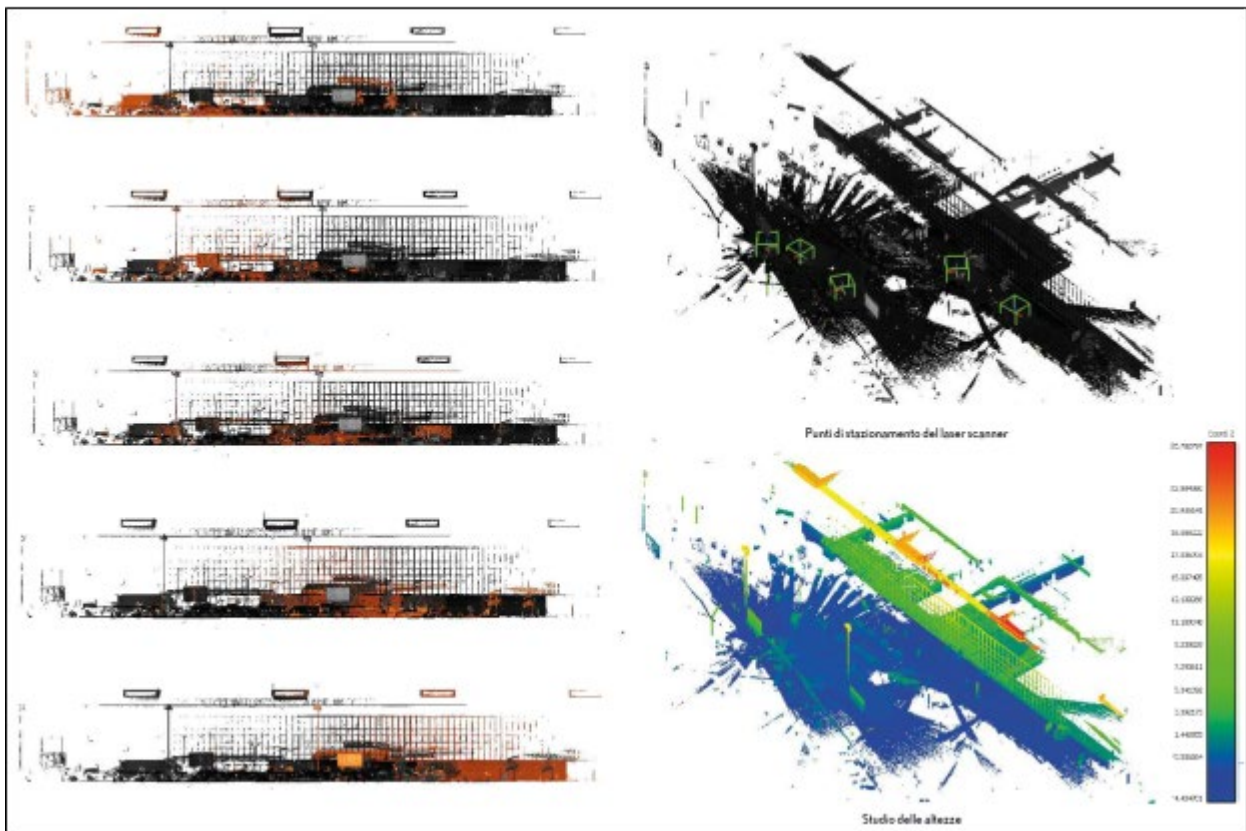


Fig. 7. Laser scanner survey of the main facade

In fact, with the former methodology, multiple sets of photos were tested because the buildings in the surrounding cityscape that were reflected several times in the glass windows did not allow the software algorithm to properly align the images. In the case of the laser-scanner on the contrary, the reflectance of the mirrored glass did not allow the curtain wall

fields to be detected, returning only the skeleton of mullions and transoms. From the hybridization of the two methods it was possible to obtain an orthophoto of the main elevation which, when compared with the BIM model, did not reveal substantial differences between the design state and the realized project.

More stringent, however, was the comparison of the BIM model of the 1984 project with one of the variants assumed at the design stage, specifically the first one by engineers Giovanni and Piero Cerasoli drawn in 1970. Of this project, it was possible to recover a few drawings from the private archives of the designers, all of which pertain only to the structure but are sufficient to understand the general design guidelines. An analysis of the documentation shows how the local structural engineers had at first attempted to recall Cameli's first design by re-proposing the ribbed structure of his roof, clearly visible in one of the perspectives found, in a reinforced concrete version. The three-dimensional model of this option returns an idea of architecture diametrically opposed to the one realized, with the windows of the traveler building flowing behind a sequence of structural ribs that continue into the roof to support the overhang of the canopy. An idea of architecture in which, unlike the realized design, the structure gives a clear rhythm to the composition and is not hidden behind a system of enclosures.

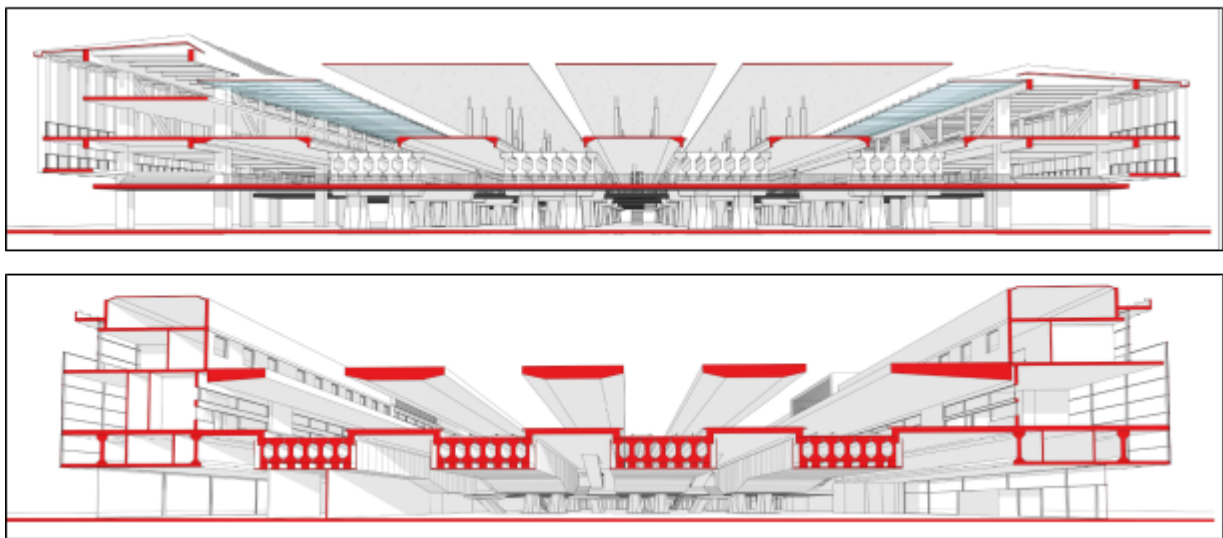


Fig. 1. Axonometric cross-section comparison between 1970 and 1986 project.

Results and Conclusions

An examination of the Pescara Central Station and its design process contributes to the understanding of the context of industrial and railway architecture in Italy. Through a comprehensive analysis of the design drawings and the use of different technologies, the study sheds light on the historical and architectural aspects of the station, highlighting its evolutionary impact on the city of Pescara. In this regard, the value of the drawings kept in the architectural archives is emphasized, which are useful for reconstructing and comparing even the intermediate solutions, those that were not completed, but are of great value in the reconstruction of the design process. Specifically, the graphic corpus made it possible to consciously understand the events of urban development, of the difficult path of the realization of a large public infrastructure that precisely from the complexity grasped the opportunity to innovate.

Pescara's Central Station still occupies a prominent position in the constituent core of the city, due to its location and emergent building structure, its identity role within the built-up area. The reflection of the lived city that despite the presence of the still unresolved caesura after fifty years of the former station's railroad bed, still presents itself as a nerve center in the city's

life and in Pescara's relationship with the rest of the region, which makes the station the very point of "landing" to the maritime city.

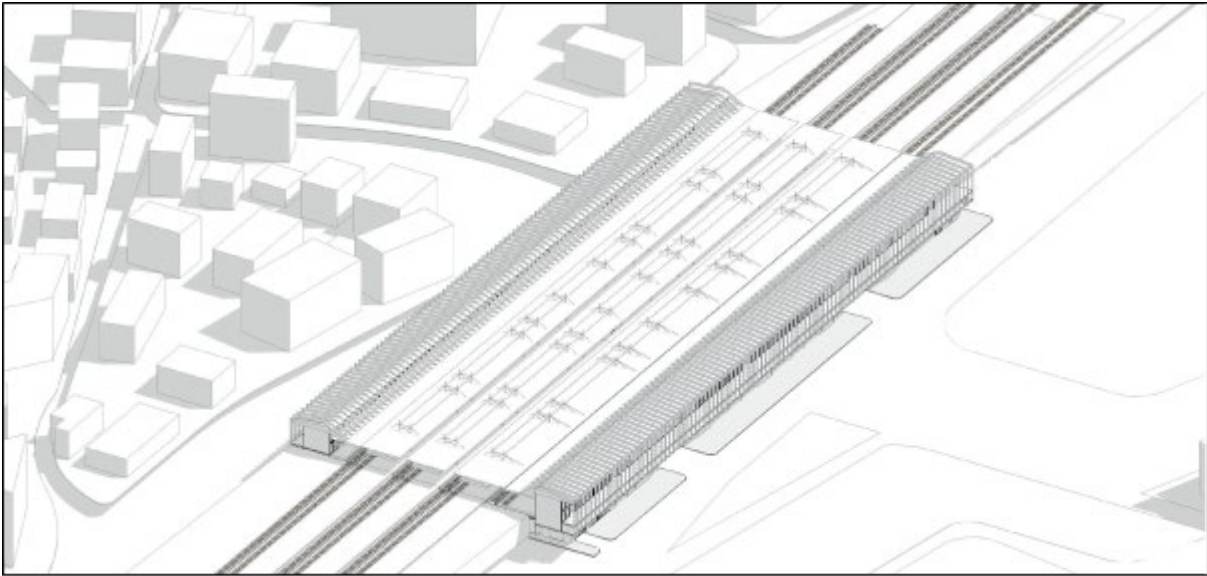


Fig. 2. Axonometric view of the 1970 project.

The long and complex design process of the Pescara Central Station reveals the challenges faced in the realization of such an important infrastructure project, revealing the evolution and changes that occurred during the design process that is affected by the transitions from the first to the second project, later realized.

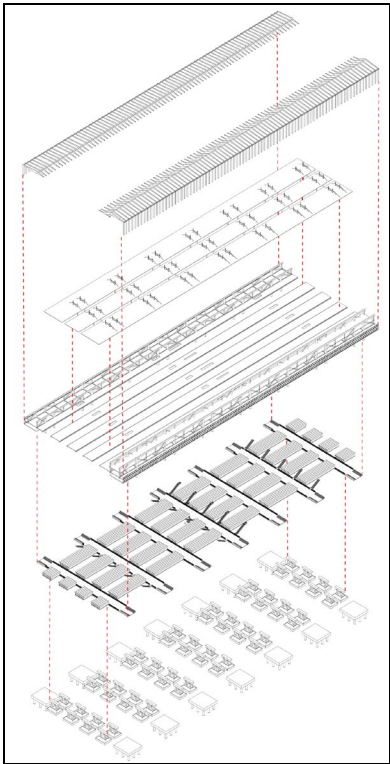


Fig. 3. Axonometric view of the 1970 project.

The comprehensive documentation of the entire building design process, from conception to completion, provides valuable insights into the functional and structural aspects of Pescara Central Station. The use of advanced technologies, including laser scanning and 3D photogrammetry as survey tools and the implementation of BIM software at the time of restitution, allow detailed analysis for communication of geometric, architectural and structural elements. The graphic analysis and restatement of design variants provide valuable insights into the technical and structural solutions employed in the construction of the Pescara Central Station.

In conclusion, the study underscores the value of architectural archives in preserving the history and memory of urban development, provides graphic evidence of a way of designing now superseded by automatic drawing, and highlights the importance of graphic expression in architecture as a tool for ideation, analysis and communication. The integration of advanced technologies, such as 3D laser scanning and BIM, enhances the analytical understanding of the design process, with respect to structural and functional aspects of architectural and engineering works.

2. References

- [1] Altarelli, Lucio & Cao, Umberto & Chiarini, Carlo. La stazione e la città. Gangemi Editore, 1990.
- [2] Godoli, Ezio & Cozzi, Mauro. Architettura ferroviaria in Italia, Ottocento. Flaccovio Editore, 2004.
- [3] Godoli, Ezio & Lima, Antonietta Iolanda. Architettura ferroviaria in Italia, Novecento. Flaccovio Editore, 2004.
- [4] R.F.I. Spa e T.A.V. Spa. Stazioni. Luoghi per le città. Mondadori-Electa, 2004
- [5] Emilia Garda et al., Patrimonio delle stazioni ferroviarie italiane. In: *International Journal of Heritage Architecture*, Vol. 2, No. 2, 2018. Pp. 324-334
- [6] Gerlini, Massimo & Mori, Paolo & Paiella, Raffaello. Architettura e Progetti delle stazioni italiane. Dall'Ottocento all'Alta Velocità. Fondazione FS Italiane, 2016.
- [7] Mammarella A., Il curioso caso dell'area di risulta ferroviaria a Pescara. In : *EcoWebTown Journal of Sustainable Design*, Vol. 2, 2019. Pp. 163-177.

REPOSITORIO 3D PARA LA PUESTA EN VALOR DE LA RUTA CULTURAL DE JAIME I EN VALENCIA

3D REPOSITORY FOR THE ENHANCEMENT OF THE CULTURAL ROUTE OF JAIME I IN VALENCIA

Francesca Picchio ^{ae}, Luis Cortés Meseguer ^{bf}, María Concepción López González ^{cg},
Jorge García Valldecabres ^{ch}, Alberto Pettineo ^{di}, Anna dell'Amico ^{aj},
Fu Hangjun ^{ak}, Francesca Galasso ^{al}

^a Universidad de Pavia. DICAr, Pavia, Italy

^b Universitat Politècnica de València. CITE, Valencia, Spain

^c Universitat Politècnica de València. PEGASO, Valencia, Spain

^d Universidad de Florencia, Florence, Italy

^e francesca.picchio@unipv.it, ^f luicorme@upv.es, ^g mlopezg@ega.upv.es,

^h jgvallde@ega.upv.es, ⁱ alberto.pettineo@unifi.it, ^j anna.dellamico@unipv.it,

^k hangjun.fu@unipv.it, ^l francesca.galasso@unipv.it

How to cite: Francesca, P.; Cortés Meseguer, L.; López González, M. C.; García Valldecabres, J.; Pettineo, A.; dell'Amico, A.; Hangjun, F.; Galasso, F. (2024). *3d repository for the enhancement of the cultural route of Jaime I in Valencia*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 299-309. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

En el contexto del proyecto H2020-PROMETHEUS, dedicado a la ruta cultural de Jaime I en Valencia, se están logrando avances significativos que se presentan en este informe. Este proyecto, en consonancia con los Itinerarios Culturales Europeos promovidos por el Consejo de Europa, tiene como objetivo crear un sistema de información patrimonial en 3D que sea escalable y replicable tanto en la región valenciana como en otras rutas culturales europeas. Las actividades realizadas hasta ahora han facilitado una colaboración interdisciplinaria entre empresas y académicos de la Universidad de Pavia y la Universidad Politècnica de Valencia, enfocándose en la digitalización y representación del patrimonio. Esta sinergia ha permitido combinar metodologías avanzadas de levantamiento digital con el conocimiento profundo de las técnicas de construcción de los monumentos históricos de la ruta. Uno de los componentes clave del proyecto ha sido el análisis y la descripción de los elementos histórico-arquitectónicos de diversos monumentos asociados con la conquista valenciana por parte de la Corona de Aragón. La integración de bases de datos tridimensionales y la información recopilada en campo se ha consolidado en una plataforma digital innovadora, que facilita una comprensión detallada de los monumentos y su contexto histórico-cultural. Esta plataforma no solo es vital para la gestión y preservación del patrimonio arquitectónico, sino que también juega un papel esencial en la promoción y valorización del itinerario cultural de Jaime I.

Palabras clave: Jaime I, ruta cultural, 3D base de datos, levantamiento digital.

Abstract

In the context of the H2020-PROMETHEUS project, dedicated to the cultural route of James I in Valencia, significant advancements are being achieved and presented in this report. This project, in alignment with the European Cultural Routes promoted by the Council of Europe,

aims to create a 3D heritage information system that is scalable and replicable both in the Valencian region and other European cultural routes. The activities carried out so far have facilitated an interdisciplinary collaboration between companies and academics from the University of Pavia and the Polytechnic University of Valencia, focusing on the digitization and representation of heritage. This synergy has enabled the combination of advanced digital surveying methodologies with deep knowledge of the construction techniques of the historical monuments along the route. One of the key components of the project has been the analysis and description of the historical and architectural elements of various monuments associated with the Valencian conquest by the Crown of Aragon. The integration of three-dimensional databases and field-collected information has been consolidated into an innovative digital platform, which facilitates a detailed understanding of the monuments and their historical-cultural context. This platform is not only vital for the management and preservation of architectural heritage but also plays an essential role in promoting and enhancing the cultural route of James I.

Keywords: James I, cultural route, 3D database, digital survey.

1. Conservación y Valorización de Itinerarios Culturales: Perspectivas Actuales

La consideración contemporánea de los Itinerarios Culturales como sistemas entrelazados de herencia histórica y arquitectónica en territorios específicos requiere un análisis profundo de las relaciones entre los sitios involucrados. Esta perspectiva está respaldada por nuevos enfoques teóricos en Europa, que buscan identificar un patrimonio cultural compartido y establecer directrices específicas para la intervención [1]. Se ha puesto énfasis en la necesidad de proteger estas rutas mediante el desarrollo de métodos de análisis que describan y salvaguarden las conexiones materiales e inmateriales entre los diversos contextos culturales [2]. Además, se ha reconocido la importancia de establecer operaciones continuas para monitorear la integridad del patrimonio construido [3].

Sin embargo, la dinámica naturaleza de estas rutas, definidas por la interacción de elementos históricos y culturales, plantea desafíos significativos [4, 5]. A lo largo del tiempo, los sitios pueden experimentar cambios sustanciales que amenazan con erosionar su identidad cultural y socavar el valor global del itinerario cultural en su conjunto [6, 7]. Para abordar estos desafíos, se requiere una documentación exhaustiva de los itinerarios culturales, que no solo identifique y reclame los valores históricos y arquitectónicos de cada sitio, sino que también promueva la preservación y el reconocimiento de estos valores a nivel turístico y cultural [8].

La evolución de protocolos de intervención está en marcha, moviéndose de métodos estáticos hacia enfoques más dinámicos. Esta transición metodológica es esencial para la creación de archivos digitales dinámicos y para la comunicación efectiva de los valores materiales e inmateriales de los itinerarios culturales.

La integración de tecnologías avanzadas y metodologías de levantamiento ha permitido la creación de bases de datos digitales detalladas que ofrecen representaciones gráficas precisas del patrimonio cultural [9]. Estos recursos, al contener una variedad de información, desde detalles arquitectónicos hasta datos históricos y culturales, ofrecen una comprensión completa de los itinerarios culturales en estudio. La consolidación de la información recopilada en bases de datos complejas transforma el enfoque de una simple descripción de artefactos a un sistema integral de productos digitales que cuentan la historia de los itinerarios culturales [10, 11].

En última instancia, para gestionar eficazmente esta vasta cantidad de información, es necesario desarrollar sistemas que faciliten la interpretación y comprensión de las características técnicas e histórico-culturales de los itinerarios [12]. Mediante el análisis de estas características, se pueden diseñar estrategias de intervención que aseguren la preservación y promoción continua de estos patrimonios culturales.

2. La Ruta de Jaime I y su Impacto en el Patrimonio Arquitectónico

A lo largo de las eras, las fronteras han sido testigos de la gestación de identidades únicas, tanto en su aspecto cultural como geográfico. Estas regiones han dado vida a estilos arquitectónicos distintivos, que destacan tanto dentro como fuera de sus confines. La amalgama de técnicas constructivas presentes en estos territorios se entretreje con nuevas tendencias arquitectónicas, generando así un panorama en constante evolución.

Un caso paradigmático es la ruta cultural vinculada a Jaime I en España, que atraviesa los enclaves ligados a la Reconquista cristiana del año 1238, ahora asentados en las provincias de Valencia, Castellón y Alicante. Para comprender plenamente la esencia de estos territorios y su legado arquitectónico, compuesto por castillos, palacios y edificaciones religiosas erigidas a lo largo de ocho siglos de dominio cristiano, resulta esencial explorar el impacto de Jaime I de Aragón [13]. Este influyente monarca dejó una marca indeleble al imponer su autoridad y sus leyes en las tierras que más tarde conformarían el Reino de Valencia.

Aunque carezcamos de una fuente oficial que detalle el itinerario exacto de Jaime I, un programa enmarcado dentro de la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana [14] se ha propuesto fomentar el turismo cultural al recrear la ruta seguida por el monarca aragonés durante la Reconquista. Este programa se sustenta en la reconstrucción histórica y geográfica del recorrido, basada en los relatos recopilados en las Crónicas de Jaime I, una obra que enlaza 112 puntos entre Aragón y Murcia (Fig.1).

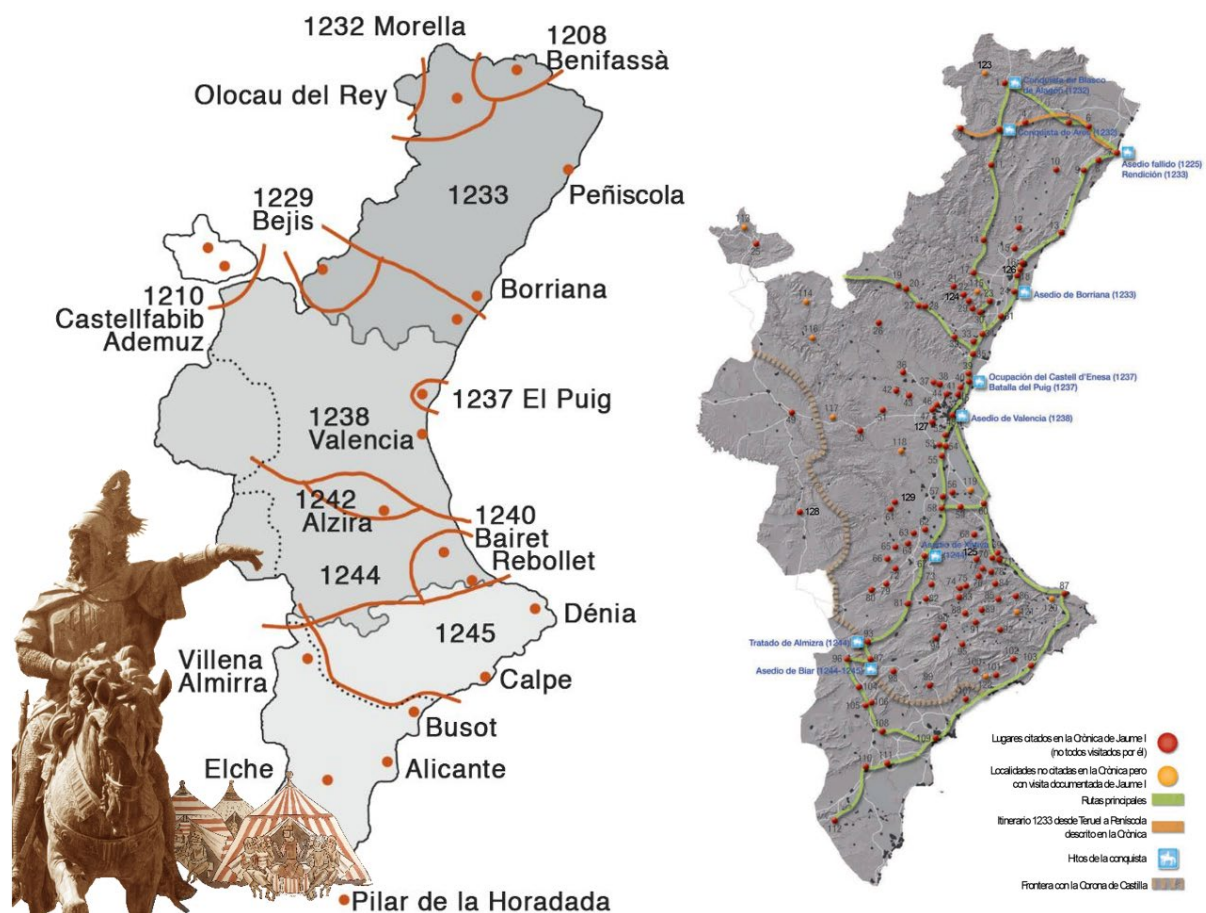


Fig. 1. Lugares interesados por la ruta de Jaime I. (Elaboración de los autores)

Para apoyar esta ruta, el proyecto europeo H2020 PROMETHEUS [15] ha lanzado iniciativas de documentación destinadas a comprender y preservar el patrimonio asociado a Jaime I. Se han utilizado herramientas digitales y metodologías de relevamiento, bases de datos y archivos digitales para documentar diversos monumentos a lo largo de la ruta. La selección de los

edificios destinados al análisis e inclusión en el proyecto (fig.2) se ha basado en dos criterios principales: su relevancia histórica, geográfica y arquitectónica para la ruta, y la viabilidad del método de documentación en un extenso territorio. Además, muchos de estos monumentos han experimentado transformaciones notables a lo largo del tiempo, lo que ha llevado a su deterioro gradual, abandono e incluso ruina. La documentación existente se encuentra dispersa en archivos, dificultando su acceso y consulta.

El esfuerzo por realzar esta ruta cultural implica la identificación y digitalización de ciertos monumentos, lo que permitirá no solo actualizar la documentación existente, sino también realizar nuevas investigaciones sobre su evolución y su interacción con el entorno.

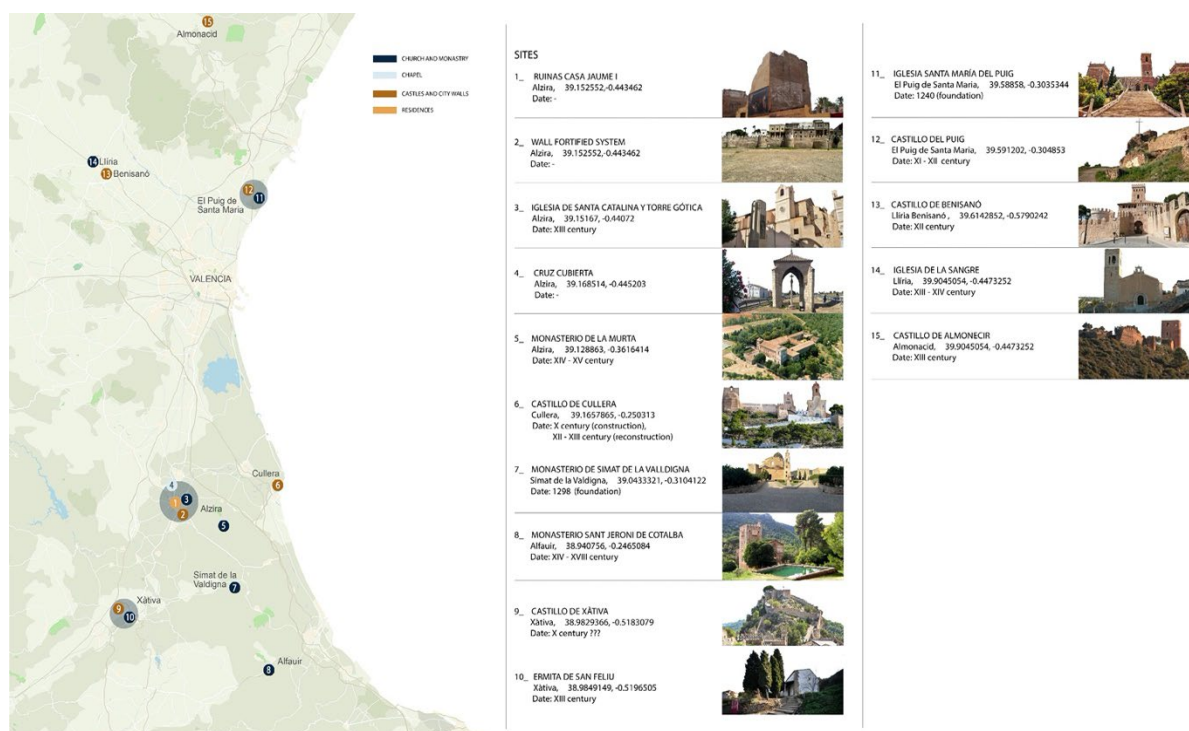


Fig. 2. Lugares de interés estudiados en el proyecto Prometheus H2020. (Elaboración de los autores)

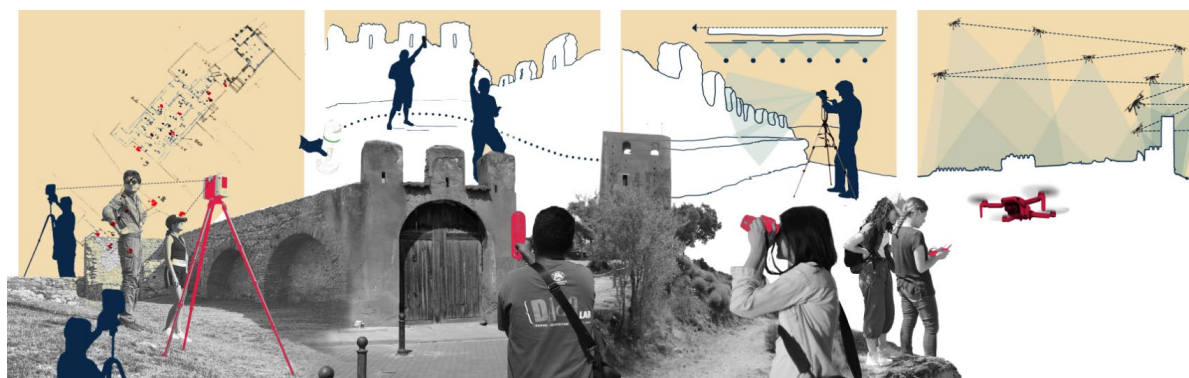


Fig. 3. Técnicas de adquisición digital integrada para los monumentos a lo largo de la ruta (Elaboración de los autores).

3. Digitalización Integral del Patrimonio: Estrategias y Metodologías

Para desarrollar métodos uniformes en la creación de modelos tridimensionales del patrimonio arquitectónico, se llevó a cabo un estudio en la ruta valenciana que

exploró técnicas de documentación rápida (fig. 3). Este estudio incluyó pruebas en varios conjuntos monumentales seleccionados durante la primera campaña de levantamiento. Las técnicas utilizadas combinaron herramientas de captura de imágenes y medición de distancias [16], permitiendo así la construcción de bases de datos tridimensionales a distintas escalas, abarcando desde estructuras individuales hasta amplias áreas geográficas [17].

La experiencia adquirida previamente en la región del Alto Kama en Rusia [18, 19] fue fundamental para establecer normas precisas para la adquisición rápida de datos, ajustando las técnicas a las características específicas de cada lugar. Se experimentó con fotogrametría, tanto a corta distancia como mediante drones, para crear modelos 3D detallados de cada monumento (fig. 4).

El uso de drones fue esencial para recopilar datos en zonas inaccesibles y proporcionar una cobertura uniforme de los sitios estudiados, integrando varias bases de datos con coordenadas GPS georreferenciadas. Uno de los objetivos principales de esta investigación fue demostrar que, utilizando un modelo fotogramétrico como base, se podían lograr dos propósitos: crear una herramienta efectiva para interpretar las fases históricas de los monumentos y desarrollar modelos semánticos para la digitalización y gestión de datos en plataformas interactivas.

Se emplearon escáneres láser móviles y terrestres para asegurar la precisión métrica y geométrica de los modelos, obteniendo un nivel de detalle superior en áreas específicas. Además, se utilizaron sistemas móviles (Fig. 5) para documentar rápidamente interiores de edificios y zonas que no eran accesibles para los drones, como áreas con vegetación densa o con restricciones de vuelo.

La fotogrametría de corto alcance se utilizó para complementar la documentación, enfocándose en superficies con texturas complejas o en mal estado de conservación que necesitaban un modelo SfM texturizado para una mejor descripción (fig. 6).

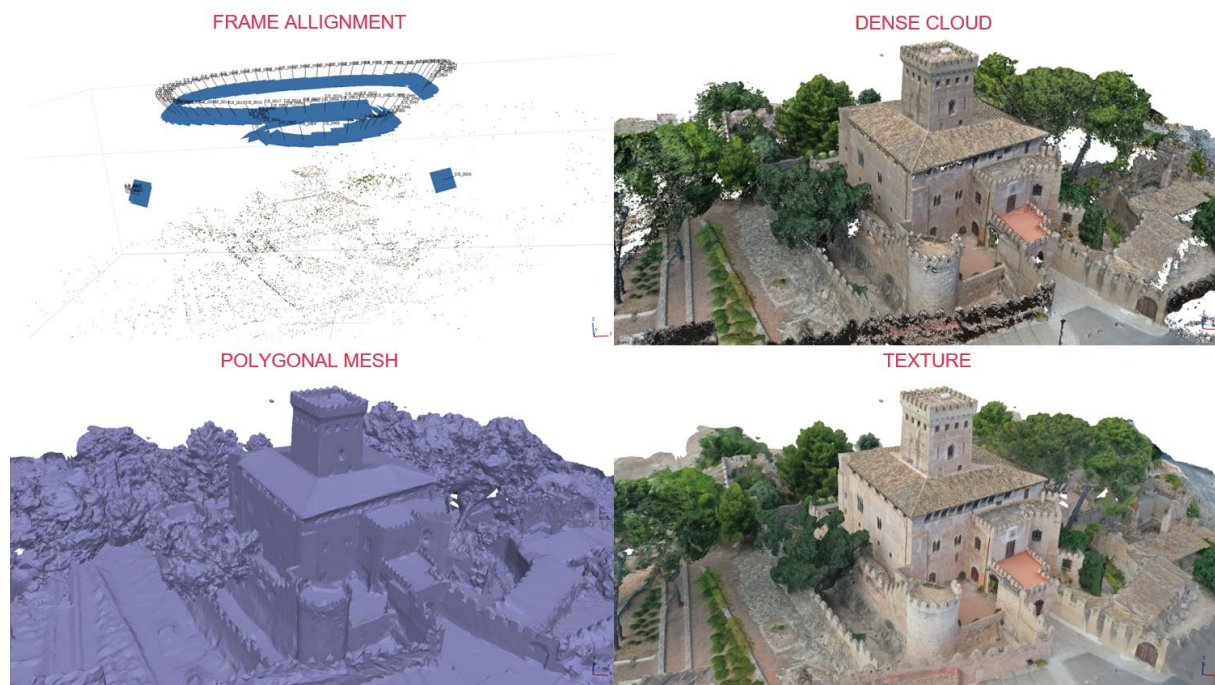


Fig. 4. Elaboración del modelo fotogramétrico 3D del castillo de Benissanó. (Elaboración de los autores)

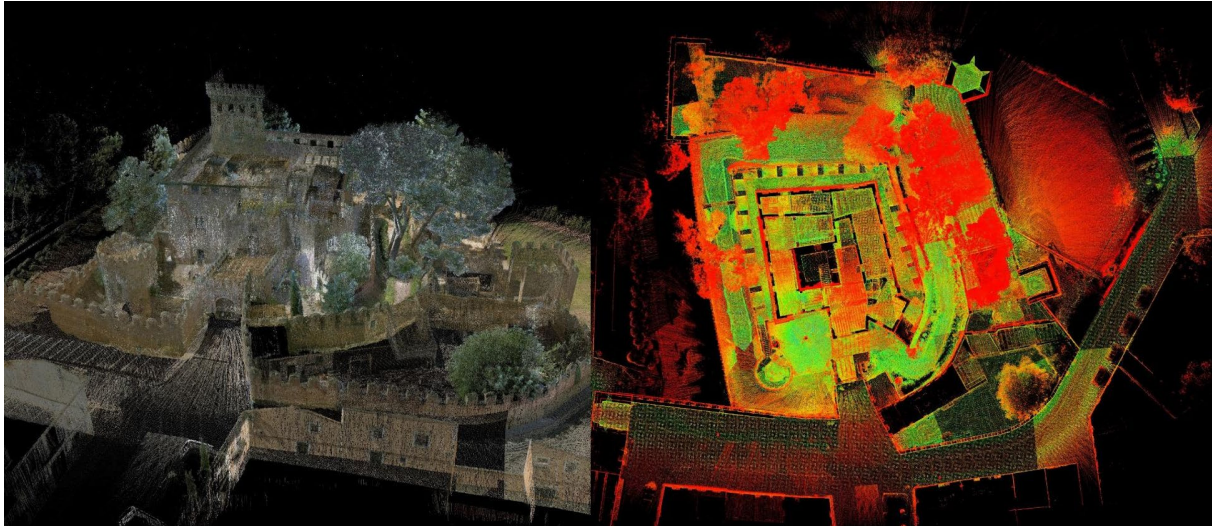


Fig. 5. Integración entre nube de puntos obtenida por BLK2GO y nube de puntos obtenida por fotogrametría con dron en el Castillo de Benissanó (Valencia). (Elaboración de los autores)

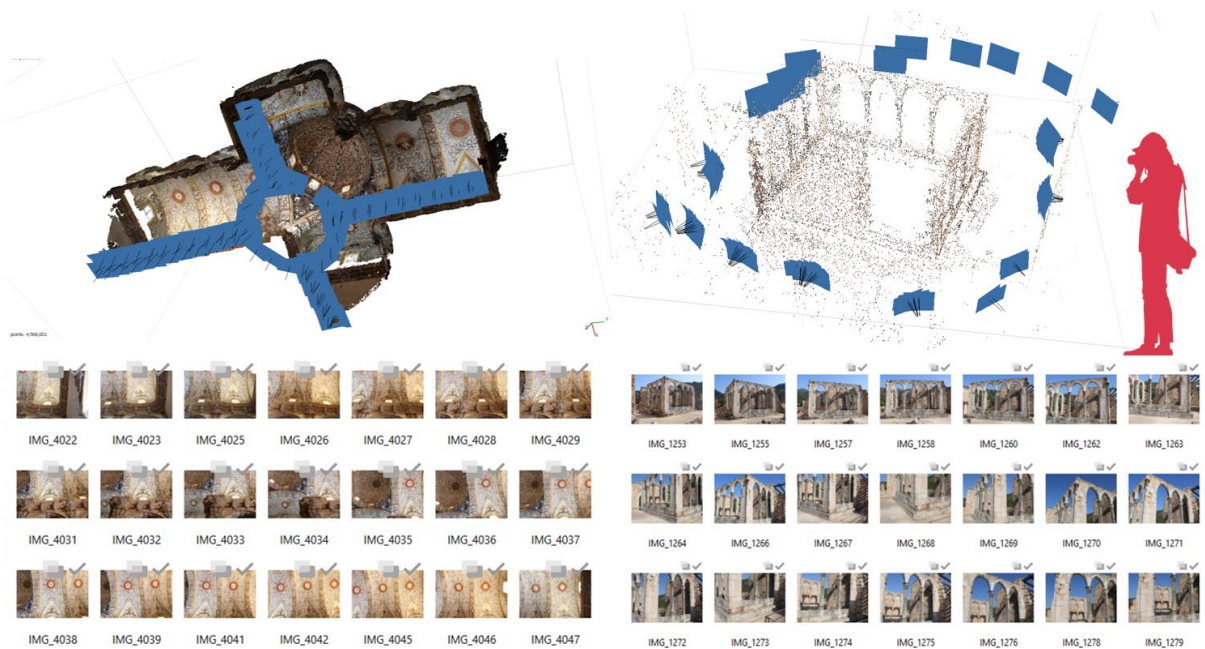


Fig. 6. Fotogrametría realizada en el Monasterio de Simat de la Vallidigna. (Elaboración de los autores)

Este enfoque permitió capturar diversas configuraciones espaciales y morfológicas a lo largo de la ruta de Jaime I, combinando precisión con una rápida adquisición de datos en el terreno. La base de datos 3D georeferenciada sirve como la principal plataforma para integrar y analizar los datos, permitiendo comparar objetos reales con sus representaciones digitales (fig. 7,8) [20]. Sin embargo, el exceso de información puede dificultar la interpretación de los datos, haciendo que el mensaje esencial y el conocimiento transmitido se pierdan si no se gestionan adecuadamente.

Desde esta perspectiva, los modelos fotogramétricos 3D son fundamentales para sintetizar información: aunque tienen un nivel de detalle menor que los modelos basados en nubes de puntos de escáner láser, ofrecen una representación efectiva que facilita una interpretación rápida e integral de diversos tipos de información [21]. No obstante, existe el riesgo de que esta simplificación excesiva de las formas y

geometrías del modelo digital disminuya su capacidad para representar fielmente el objeto real y soportar los datos asociados.

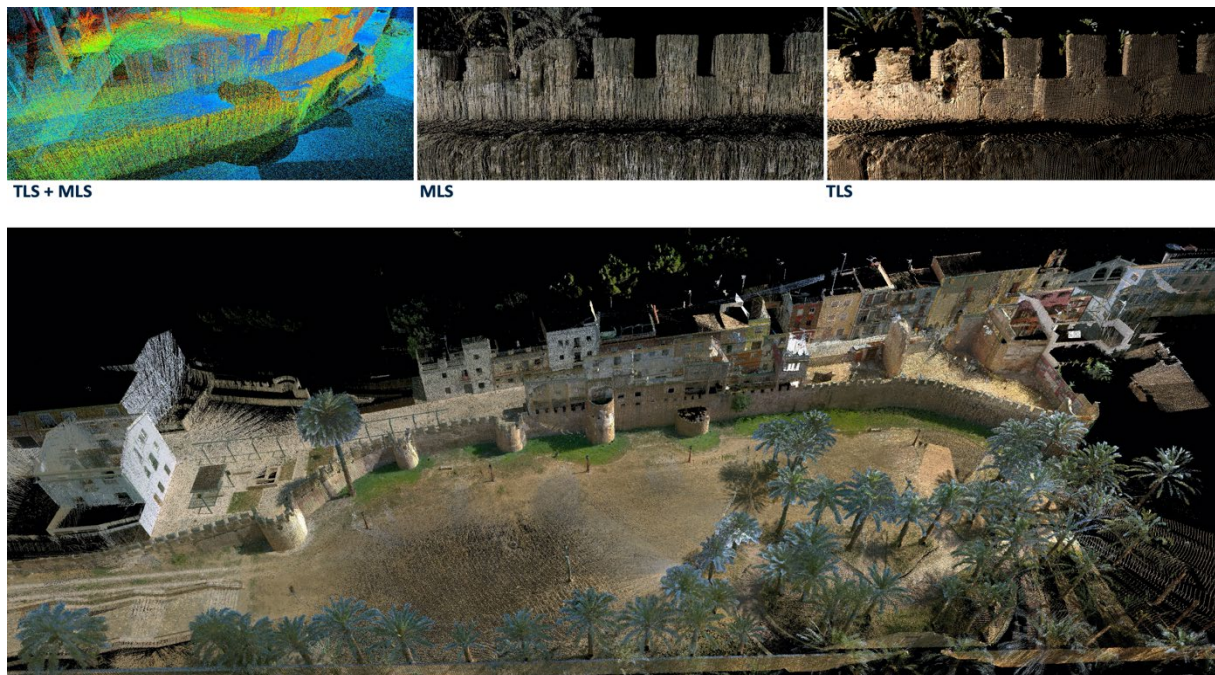


Fig. 7. Integración de de datos laser scanner en las murallas de Alzira y la Casa de Jaime I. (Elaboración de los autores)

Es crucial mantener una coherencia entre la realidad y su representación digital [22, 23]. El levantamiento debe proporcionar una base morfométrica sólida para modelar el entorno construido, y el modelo, como contenedor de la información recopilada, debe reflejar la complejidad de estos datos, permitiendo una organización adecuada de la información [24]. Por lo tanto, es esencial semantizar el modelo, estableciendo relaciones claras entre la información (contenido) y el modelo (contenedor) en diferentes niveles de interpretación: territorial, arquitectónico y de detalle.

4. Resultados y Conclusiones

Los modelos semantizados sirven como una representación gráfica clave, que reúne y organiza una amplia gama de información, incluyendo datos históricos, geográficos y tecnológicos, relacionados con cada caso de estudio de la ruta. La segmentación de la base de datos 3D, a través de nubes de puntos o modelos mallados, constituye una estructura organizativa crucial para archivar y analizar esta información.

Este proceso surge de la necesidad de transformar los elementos físicos en equivalentes digitales, creando bases de datos autónomas, completas y accesibles [25]. La obligación de publicar los resultados de la investigación en plataformas de acceso abierto promueve el intercambio de información y fomenta un conocimiento más profundo del territorio.

Para facilitar el acceso a esta información, se desarrollará un sistema de información basado en aplicaciones web. Estas aplicaciones conectarán modelos tridimensionales optimizados para la web, desarrollados con software como BIM, Nurbs y Mesh, con modelos multimedia y material iconográfico [26]. Los elementos arquitectónicos de los itinerarios culturales, diferenciados por su tipología, ubicación territorial y evolución histórica, formarán bases de datos independientes. Al

integrarlas en una única plataforma, se pueden resaltar aspectos y valores que de otra manera serían difíciles de interpretar (fig.9) [27, 28].

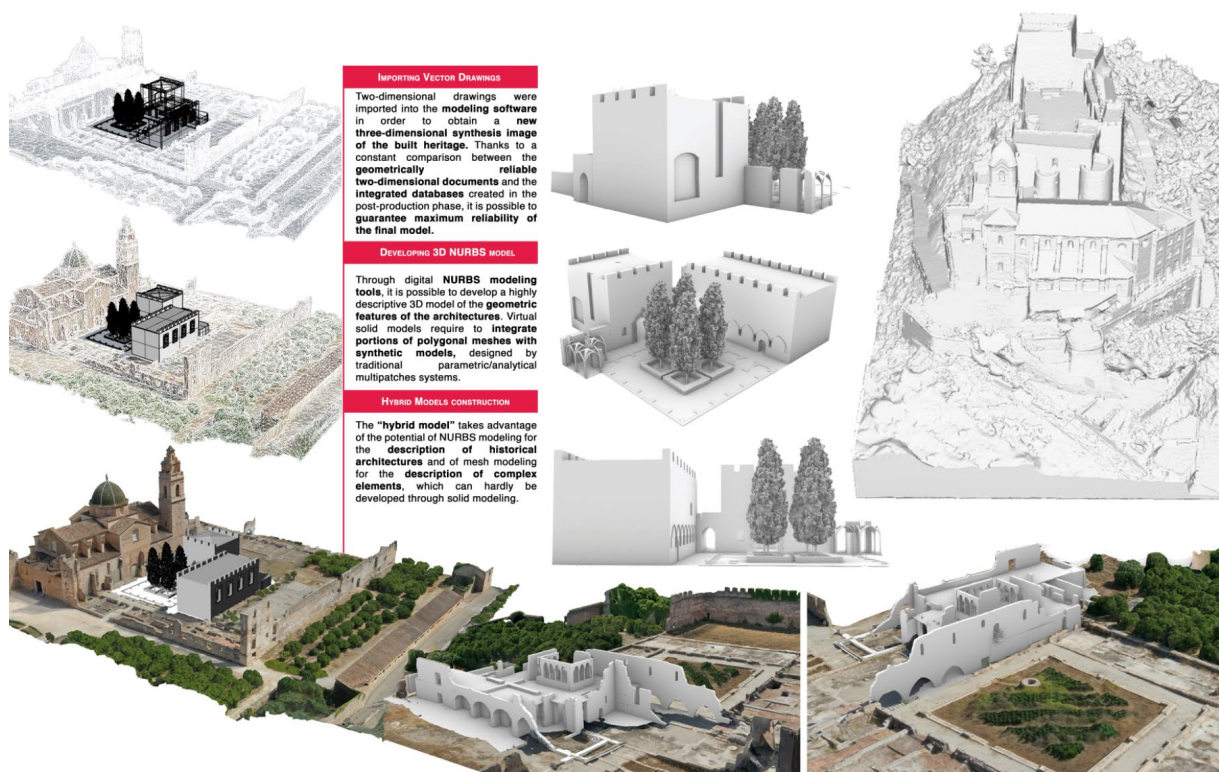


Fig. 8. Integración de modelos Nubs y Mesh por el Monasterio de Simat de la Vallidigna. A la derecha la maqueta 3D de el Castillo de Cullera. (Elaboración de los autores)

Al ser semantizados, estos modelos se convierten en auténticas maravillas digitales, conteniendo diversas configuraciones del objeto: desde las fases históricas reconstruidas hasta la información tipológica y constructiva, así como los aspectos materiales e inmateriales de cada parte del modelo. Este enfoque transforma la metodología de levantamiento y los valores patrimoniales, orientándolos hacia la relación entre los usuarios y el recorrido cultural. La digitalización del itinerario y la interacción con contenido enriquecido llevan la experiencia al ámbito virtual, haciendo más inclusiva la visita itinerante [29].

La accesibilidad virtual de la ruta podría aumentar el número de usuarios informados, sensibilizando sobre el valor de estos itinerarios. Esto podría contribuir a la protección de los sitios, promovidos a áreas 'protegidas', y ser vistos como conjuntos arquitectónicos y paisajísticos dentro de itinerarios culturales específicos [30]. En última instancia, la documentación y digitalización de estos itinerarios apoya el desarrollo del paisaje y la conservación del patrimonio histórico-arquitectónico, promoviendo la herencia cultural en el contexto europeo.

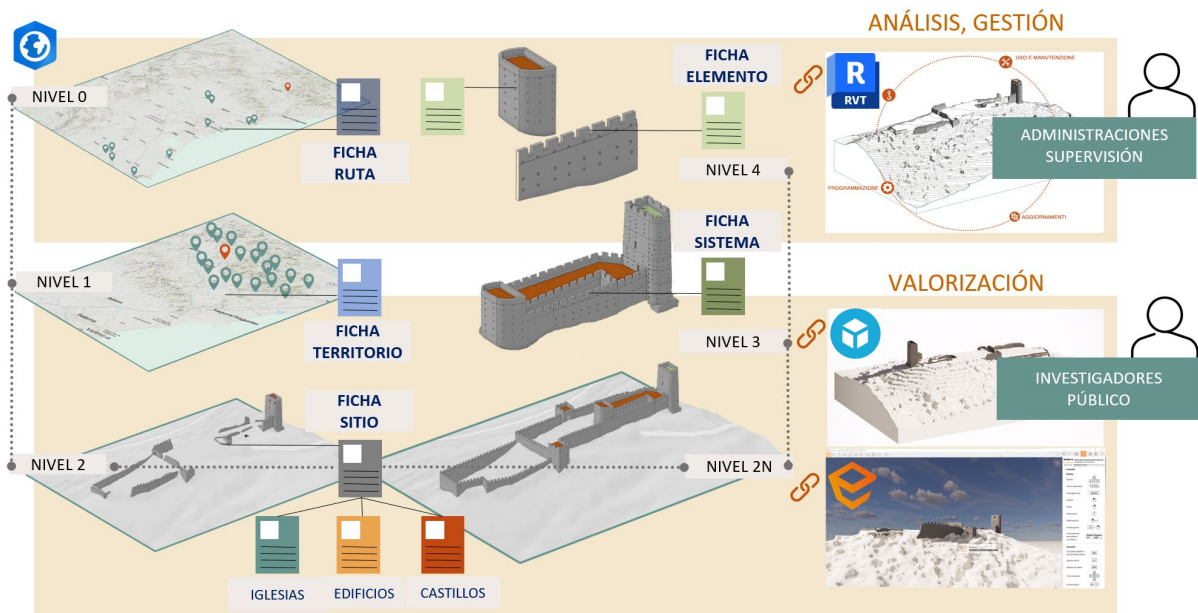


Fig. 9. Desarrollo del sistema de informativo de la ruta de Jaime I. (Elaboración de los autores)

Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Oikonomopoulou, E., Delegou, E., Sayas, J., Moropoulou, A. (2017). An innovative approach to the protection of cultural heritage: The case of cultural routes in Chios Island, Greece, *Journal of Archaeological Science: Reports*, Volume 14, 2017, 742-757, ISSN 2352- 409X, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.09.006>
- [2] Zhou, L., (2005). Cultural routes and the network construction of the World Cultural Heritage Conservation. *Proceedings of the ICOMOS 15th General Assembly and Scientific Symposium "Monuments and Sites in their Setting-Conserving Cultural Heritage in Changing Townscapes and Landscapes "*, Section IV: Cultural Routes: The Challenges of Linear Settings for Monuments and Sites, Xi'an, China, 17-21.
- [3] Kioussi, A., Labropoulos, K., Karoglou, M., Moropoulou, A., Zarnic, R., (2011). Recommendations and strategies for the establishment of a guideline for monument documentation harmonized with existing European standards and codes. *Journal Geoinformatics FCE CTU*, 6 (2011), pp. 178-184.
- [4] Logan, W. (2012). Cultural diversity, cultural heritage and human rights: towards heritage management as human rights-based cultural practice. *International Journal of Heritage Studies*, 18 (3), pp. 231-244.
- [5] Parrinello, S., Picchio F., (2023). Digital Strategies to Enhance Cultural Heritage Routes: From Integrated Survey to Digital Twins of Different European Architectural Scenarios *Drones* 7, no. 9: 576.
- [6] Berti, E. (2013). Cultural routes of the Council of Europe: new paradigms for the territorial project and landscape. *Almatourism-Journal of Tourism, Culture and Territorial Development*, 4(7), 1-12.
- [7] Parrinello, S., Dell'Amico, A., (2019). Experience of Documentation for the Accessibility of Widespread Cultural Heritage, 2 (2019), pp. 1032-1044.
- [8] Parrinello, S. (2023). Documentare una rotta culturale tra procedure di rappresentazione e di materializzazione del paesaggio. *DISÉGNO-OPEN ACCESS*, 1806-1823.
- [9] Balletti, C., & Ballarin, M. (2019). An Application of Integrated 3D Technologies for Replicas in Cultural Heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2019(8), 285. doi:10.3390/ijgi8060285

- [10] Parinello, S. (2023). Chapter Documentare una rotta culturale tra procedure di rappresentazione e di materializzazione del paesaggio. In *Transizioni = Transitions*. FrancoAngeli.
- [11] Oppio, A., & Dell'Ovo, M. (2021). Cultural Heritage Preservation and Territorial Attractiveness: A Spatial Multidimensional Evaluation Approach. In P. Pileri & R. Moscarelli (Eds.), *Cycling & Walking for Regional Development. Research for Development* (pp. 105–125). Springer.
- [12] Soler, F., Torres, J. C., Leon, A. J., & Luz. (2013). Design of cultural heritage information systems based on information layers. *ACM Journal of Computing and Cultural Heritage*, 6(4), 1-17.
- [13] Darwin Swift, F. (2012). *Vida y época de Jaime I el Conquistador*, Institucion Fernando el Catolico, Zaragoza.
- [14] <https://politicaterritorial.gva.es/va/>
- [15] PROMETHEUS "PROtocols for information Models librariEs Tested on HERitage of Upper Kama Sites" - Horizon 2020 Marie Skłodowska-Curie Actions, Research and Innovation Staff Exchange (RISE), Proposal number: 821870.
- [16] Remondino, F.; Georgopoulos, A.; Gonzalez-Aguilera, D.; Agrafiotis, P., (2018). *Latest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling*, 1st ed.; MDPI AG Publisher: Basel, Switzerland; ISBN 978-3-03842-685-1
- [17] La Placa, S., Doria, E. (2022). Reliability of DTMs obtained with mobile fast surveys techniques. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVI-2/W1-2022. 299– 306.
- [18] Parinello, S., Cioli, F. (2018). Un progetto di recupero per il complesso monumentale di Usolye nella regione della Kama Superiore. *Restauro Archeologico*, 92-111.
- [19] Parinello, S., De Marco, R., (2019). Integration and modelling of 3D data as strategy for structural diagnosis in endangered sites. The study case of Church of the Annunciation in Pokcha (Russia), *Proceedings of the 2019 IMEKO TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (2019 MetroArchaeo)*, Florence, Italy.
- [20] Croce, V.; Caroti, G.; Piemonte, A.; Bevilacqua, M.G., 2019, *Geomatics for Cultural Heritage conservation: Integrated survey and 3D modeling*. In *Proceedings of the IMEKO TC4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo, Florence, Italy, 4–6 December 2019*
- [21] Parinello, S., Porcheddu, G. (2023). Documentation Procedures for Rescue Archaeology Through Information Systems and 3D Databases. In *Beyond Digital Representation: Advanced Experiences in AR and AI for Cultural Heritage and Innovative Design* (pp. 761-778). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [22] Peinado-Santana, S., Hernández-Lamas, P., Bernabéu-Larena, J., Cabau-Anchuelo, B., & Martín-Caro, J. A. (2021). Public works heritage 3D model digitisation, optimisation and dissemination with free and open-source software and platforms and low-cost tools. *Sustainability*, 13(23), 13020.
- [23] Parinello, S., De Marco, R. (2021). Digital surveying and 3D modelling structural shape pipelines for instability monitoring in historical buildings: a strategy of versatile mesh models for ruined and endangered heritage. *Acta IMEKO*, 10(1), 84-97.
- [24] Fosu, R.; Suprabhas, K.; Rathore, Z.; Cory, C. (2015). Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information Systems (GIS)—A literature review and future needs. In *Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference, Eindhoven, The Netherlands, 27–29 October 2015*.
- [25] Parinello, S. (2022). Modelli informativi della città per la gestione delle trasformazioni urbane/City information models for the management of urban transformation. *DISEGNO, RILIEVO E PROGETTAZIONE*, 23-35.

- [26] Martín-Gutiérrez J, Mora CE, Añorbe-Díaz B, González-Marrero A, (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA J Math Sci Technol Educ* 13(2):469–486
- [27] Parrinello, S., Pettineo, A. (2024). Traditional Architectures Along the Cultural Route of James I of Aragon in the Province of Valencia: Leveraging Laser Scanning and BIM for Heritage Management. *Materials Research Proceedings*, 40.
- [28] Parrinello, S., Porcheddu, G. (2022). Sistemi informativi dinamici a supporto della documentazione archeologica per interventi in emergenza. *Restauro Archeologico*, 30(2), 48-65.
- [29] Maltomini, F., Parrinello, S. (2023). *Arsinoe 3D: Riscoperta di una città perduta dell'Egitto greco-romano*. Firenze University Press.
- [30] Parrinello, S., & De Marco, R. (2022). Experiences of digital survey data applied for the involvement of societal smart-users in cultural heritage awareness. In *Handbook of Research on Implementing Digital Reality and Interactive Technologies to Achieve Society 5.0* (pp. 344-386). IGI Global.

LOS ESTUDIOS SOBRE CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN ESPACIAL COMO RECURSOS DE CONOCIMIENTO NECESARIOS EN LAS TITULACIONES DE LA EDIFICACIÓN Y LA ARQUITECTURA

STUDIES ON CARTOGRAPHY AND SPATIAL INFORMATION SYSTEMS AS KNOWLEDGE RESOURCES NEEDED IN BUILDING AND ARCHITECTURE DEGREES

Miguel Redondo Redondo^a, José María Guerrero Vega^b

ETSIE. Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^a mrr@us.es, ^b jmgv@us.es

How to cite: Redondo Redondo, M.; Guerrero Vega, J. M. (2024). *Studies on cartography and spatial information systems as knowledge resources needed in building and architecture degrees*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 310-319. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La cartografía se presenta como uno de los más innovadores ámbitos de conocimiento en la expresión gráfica aplicada a las diferentes especialidades de la ingeniería y de la arquitectura. La aplicación de los sistemas de información espacial abarca desde las etapas de planificación, proyectación, conservación y mantenimiento de edificaciones tanto de nueva planta como de intervenciones sobre edificios existentes. Su aplicación en el campo de la investigación se muestra además adecuada para el desarrollo de análisis complejos o para la elaboración de la correspondiente información gráfica.

Nuestro objetivo es exponer el papel que la cartografía y las herramientas relacionadas con los sistemas de información espacial pueden jugar en los estudios universitarios del ámbito de la edificación y la arquitectura.

Para ello se revisarán algunas experiencias existentes, enmarcando esta propuesta en la implementación de metodologías avanzadas mediante modelos digitales de información en la expresión gráfica. Resulta acreditado en la actualidad que la expresión gráfica de las diferentes cualidades de los edificios se ha de reunir y gestionar mediante modelos mixtos que reúnan propiedades alfanuméricas y espaciales, destacando aquellos proyectos e iniciativas de convergencia entre modelos de escalas de trabajo diferentes que conectan los mundos del GIS y del BIM.

Como valor de la propuesta se plantea la incorporación de nuevos contenidos y materias en las diferentes asignaturas de los vigentes planes de estudios, en el área de la expresión gráfica, hasta tanto no se realice una revisión y actualización completa de la formación que se imparte en nuestros centros universitarios.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, GIS, Geodesia, Mapas.

Abstract

Cartography is presented as one of the most innovative areas of knowledge in graphic expression applied to the different specialties of engineering and architecture. The application of spatial information systems ranges from the planning, design, maintenance and maintenance stages of both new and existing buildings. Its application in the field of research is also suitable for the development of complex analyses or for the elaboration of the corresponding graphic.

Our objective is to expose the role that cartography and tools related to spatial information systems can play in university studies in the field of building.

For this, some existing experiences will be reviewed, framing this proposal in the implementation of advanced methodologies using digital models of information in graphic expression. It is now established that the graphic expression of the different qualities of buildings must be assembled and managed by means of mixed models which have alphanumeric and spatial properties, highlighting those projects and initiatives of convergence between models of different scales of work that connect the worlds of GIS and BIM.

As a value of the proposal is proposed the incorporation of new contents and subjects in the different subjects of the current curricula, in graphic expression, until there is a complete review and update of the training provided in our universities.

Keywords: Geographic Information Systems, GIS, Geodesy, Maps.

1. Antecedentes. La formación gráfica vigente en la ETSIE de Sevilla

Se puede consultar con facilidad toda la información referida al título del Grado en Edificación, Degree in Building Engineering, que se imparte en la Universidad de Sevilla, al igual que también podemos consultar de las equivalentes titulaciones que se imparten en el resto de los centros universitarios españoles [1].

En el citado grado de la Universidad de Sevilla, de los 240 créditos de la titulación sólo 24 créditos (un 10 %) corresponden a asignaturas básicas y obligatorias impartidas por el departamento de expresión gráfica. Opcionalmente un alumno podrá tan sólo cursar otros 12 créditos más correspondientes a asignaturas del último curso con materias específicas del área gráfica. También deberá cursar 18 créditos (un 7,50 %) de asignaturas impartidas por el departamento de ingeniería gráfica, así como, opcionalmente, una asignatura más en cuarto curso. A este departamento se le asigna la necesaria e imprescindible formación específica de la geometría descriptiva y de la topografía.

En total, entre los dos departamentos y como máximo se podrán cursar necesariamente 42 créditos, y otros 12 más opcionalmente. Todo ello sumaría 56 créditos (un 23,33 % del total). Menos de una cuarta parte del total de créditos de la titulación (gráfico 1).

Aunque, como es evidente, sabemos que en la mayoría de las otras asignaturas se usa el lenguaje gráfico de manera habitual en el desarrollo de las clases y también en la elaboración de los trabajos a elaborar por el alumnado.

La verdad, no parecen demasiados créditos asignados a la formación en todos los contenidos necesarios para conocer los aspectos teóricos, culturales, las herramientas y los conocimientos tecnológicos más instrumentales del mundo digital en el que actualmente nos encontramos.

En la ETSIE de Sevilla, hace ya más de diez años, se lanzó el proyecto de proponer a nuestra Universidad impartir la titulación del grado, y también un doble grado junto con la titulación del grado en edificación, del Grado de Cartografía y Geodesia, o de Ingeniería Geodésica. Debe constar en los correspondientes archivos de la escuela y de la Universidad de Sevilla el magnífico material, reflejo del amplio equipo de personas que colaboró en el reto, que con tal motivo se elaboró para justificar, avalar y acreditar la propuesta que finalmente resultó fallida.

La necesidad y la conveniencia de la iniciativa no ha disminuido. Al contrario, creemos que dicha necesidad se ha incrementado y en mucho. Huelga comentar que las mencionadas enseñanzas sobrepasan en mucho la buena formación y competencias que hoy ya se imparten y que se relacionan con los estudios más clásicos de las asignaturas del área de

conocimiento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Creemos que conviene hoy recordar este antiguo proyecto por varias causas que, a nuestro entender, justificaron ayer el proyecto y que hoy lo hacen aún más necesario.

La expresión gráfica de casi todos los aspectos referidos a la edificación, del tipo cuantitativo y cualitativo resultan en la actualidad evidentes e imprescindibles. Tanto en lo referido a la proyectación, planificación o ejecución de actuaciones de nueva planta o de reforma, rehabilitación, de intervenciones de mejora, o de conservación y mantenimiento de todo tipo de edificios e instalaciones.

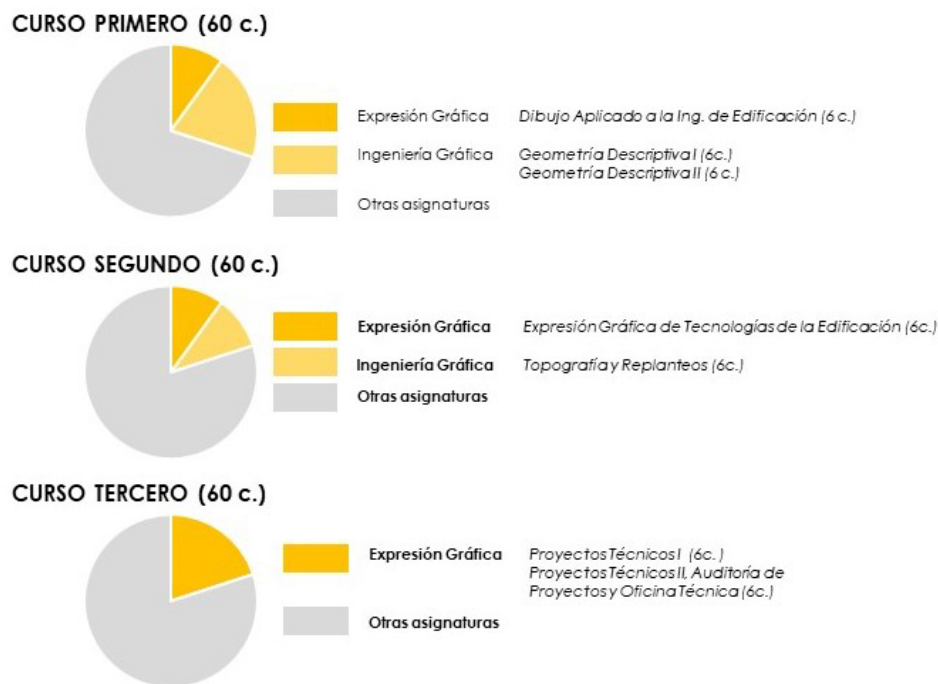


Gráfico 1. Créditos impartidos en el vigente plan de estudios de la ETSIE de Sevilla por departamentos relacionados con el lenguaje gráfico

Además de para lo citado anteriormente, cualquier estudio e investigación precisa exponerse en forma fundamental o complementaria mediante la elaboración de la correspondiente información gráfica y además casi siempre también de cartografía de contexto o específicas.

Resulta acreditado en la actualidad que la expresión gráfica de las diferentes cualidades de los edificios —alfanuméricos y espaciales— se han de reunir y gestionar mediante modelos digitales de información y administrar a través de diferentes herramientas BIM. Pero además de todo ello, cada día conocemos nuevos proyectos e iniciativas de convergencia entre los mundos del GIS y del BIM.

Algunos de los más importantes agentes tecnológicos mundiales de ambos sectores, como las multinacionales ESRI y Autodesk anuncian proyectos compartidos para avanzar mediante estrategias conjuntas complementar conocimientos y modelos de trabajo e investigación.

2. Cartografía e información espacial

The application of GIS is limited only by the imagination of those who use it.

GIS is waking up the world to the power of geography, this science of integration, and has the framework for creating a better future.

Jack Dangermond

Los datos espaciales, o geográficos, son una información relevante e imprescindible para realizar cualquier tipo de trabajo profesional o para la investigación o el estudio de casi todos los aspectos sectoriales vinculados a las disciplinas de las ingenierías y la arquitectura.

Existen desde hace años diferentes normas que definen, clasifican y regulan las características y las diferentes alternativas para consultar o acceder a una información espacial de calidad [2].

En primer lugar, será adecuado realizar una aproximación histórica a las diferentes materias y contenidos que debemos conocer. Hay organismos públicos que, desde hace años, y en algunos casos siglos, trabajan en ello con grandes éxitos en su haber.

Se plantea como oportuno realizar un recorrido por las principales agencias públicas europeas, estatales, autonómicas y locales, y por las diferentes líneas de trabajo y productos que de forma continuada vienen elaborando. La información espacial de calidad requiere de una buena base cartográfica o de referencia que tiene algunas características especiales diferentes a las que el alumnado habitualmente ha manejado hasta ahora.

La información vectorial o ráster va más allá de los tradicionales modelos del CAD más convencional. Hoy día los modelos BIM han asimilado gran parte de la metodología y conceptos más tradicionales de los GIS. La asignación de atributos y propiedades cuantitativas —derivadas de su geometría o de otro tipo— y cualitativas se emplean en los sistemas de información espacial desde hace más cincuenta años.

Para trabajar con cartografía oficial resulta también necesario conocer las tecnologías que nos permiten consultarla y obtenerla y la normativa que la regula.

Para el conocimiento de estas materias resulta imprescindible estudiar lo relativo al sistema geodésico de referencia oficial en España. Nos referimos primero al sistema geodésico internacional y en especial al sistema de referencia oficial en España [3]. Los diferentes productores de cartografía oficial están obligados a seguir lo establecido en la citada norma, al igual que a otras tan importantes como la Directiva europea INSPIRE, y a su transposición a cada uno de los países miembros de la Unión Europea [4].

Hoy son numerosas las tecnologías a nuestro alcance para el manejo de datos geográficos o espaciales. La red dispone de bastantes herramientas on-line de gran rigor y muy completas con las que podemos realizar bastantes consultas y tareas necesarias para nuestro diario trabajo [5, 6].

Además de las antes citadas para trabajos de mayor envergadura necesitaremos disponer de programas informáticos instalados en nuestros ordenadores. Las más conocidas herramientas de CAD, y ya también del BIM, disponen de módulos y funciones específicos para el manejo de información espacial georreferenciada. Pero además existen aplicaciones específicas con una gran capacidad para los trabajos más profesionales.

Algunas de ellas están dentro de diferentes paquetes o suites desarrolladas por las mejores empresas tecnológicas del sector, a veces en unión con los gigantes tecnológicos que desarrollan las mejores aplicaciones del CAD y del BIM.

Pero también desde hace ya bastantes años disponemos de muy buenas herramientas gratuitas desarrolladas por la comunidad científica mundial que nos ofrecen similares

prestaciones a las de las más importantes corporaciones privadas que habitualmente requieren del abono de importantes licencias.

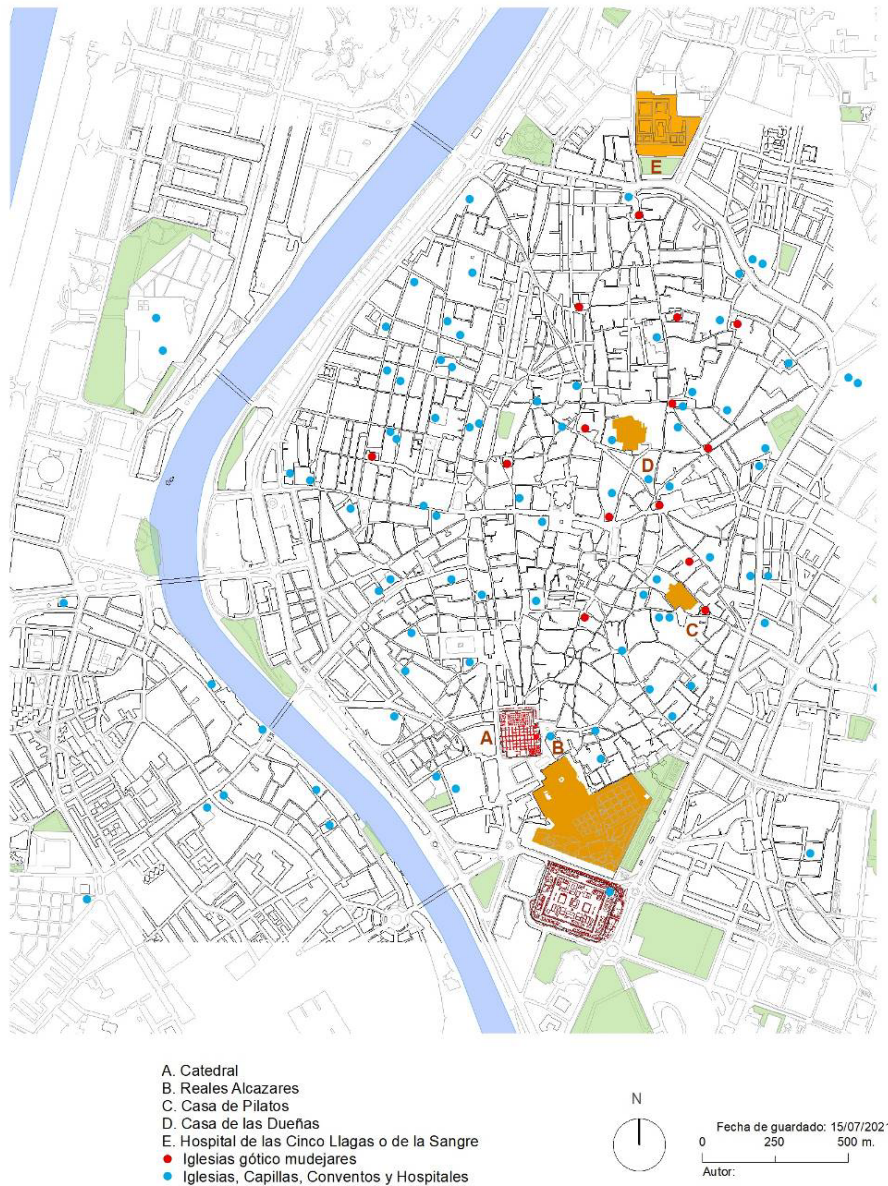


Fig. 1. El casco histórico de Sevilla y los principales edificios religiosos y civiles, siglos XIV-XVIII (Elaboración propia).

3. El caso de estudio

La obligada extensión de la presente comunicación tan sólo nos permite presentar brevemente un ejemplo de aplicación de las materias indicadas para un trabajo académico. A partir de otras experiencias en el uso de estas tecnologías de información para el análisis de la realidad urbana en distintos emplazamientos [7,8], se propone que los estudiantes desarrollen una investigación de la documentación existente para un estudio

relativo a un entorno urbano concreto. En el caso propuesto se trabajaría sobre el Conjunto Arqueológico de la Necrópolis de Carmona (Sevilla), recinto con un alto grado de protección legal por la presencia de numerosos vestigios de época romana.

Se plantea al alumnado la localización del área de estudio, así como la obtención de documentación cartográfica que permita disponer de una planimetría general actualizada de este entorno urbano.

Se muestran a continuación mediante, dos ejemplos, como en la actualidad, sin disponer inicialmente de los datos del estudio que nos proponemos realizar podemos acometerlo empleando las herramientas adecuadas y accediendo a los repositorios de información espacial de acceso libre y gratuito que se encuentran a nuestro alcance.

En el primer caso tan solo necesitaremos disponer de un ordenador con acceso a la red de internet, mientras que en el segundo sería necesario también instalar una aplicación en nuestro ordenador. Es importante destacar que en los dos ejemplos que sobre los que hablará se trabaja con datos de libre disposición, gratuitos, con herramientas *open-source*.

En primer lugar, se propone la exposición de estrategias de búsqueda mediante catálogos y repositorios, así como aquellos conocimientos de tipo técnico que resultan imprescindibles. Se plantea el uso de los visores en línea asociados a las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) de distintos organismos públicos como el Gobierno de España [9,10], la Junta de Andalucía [11] o la Diputación Provincial de Sevilla [12].

Por otra parte, también es posible el uso de aplicaciones informáticas de ámbito de los Sistemas de Información geográfica (SIG) para le manejo, análisis y elaboración de documentación cartográfica con múltiples objetivos y alcances. En este caso se propone el uso de la herramienta de libre acceso QGIS [13] y [14]. Este tipo de herramientas permite la conexión a bases de datos con distinta información cartográfica de acceso público [15] y [16].



Fig. 2. Visor IDE de Andalucía.

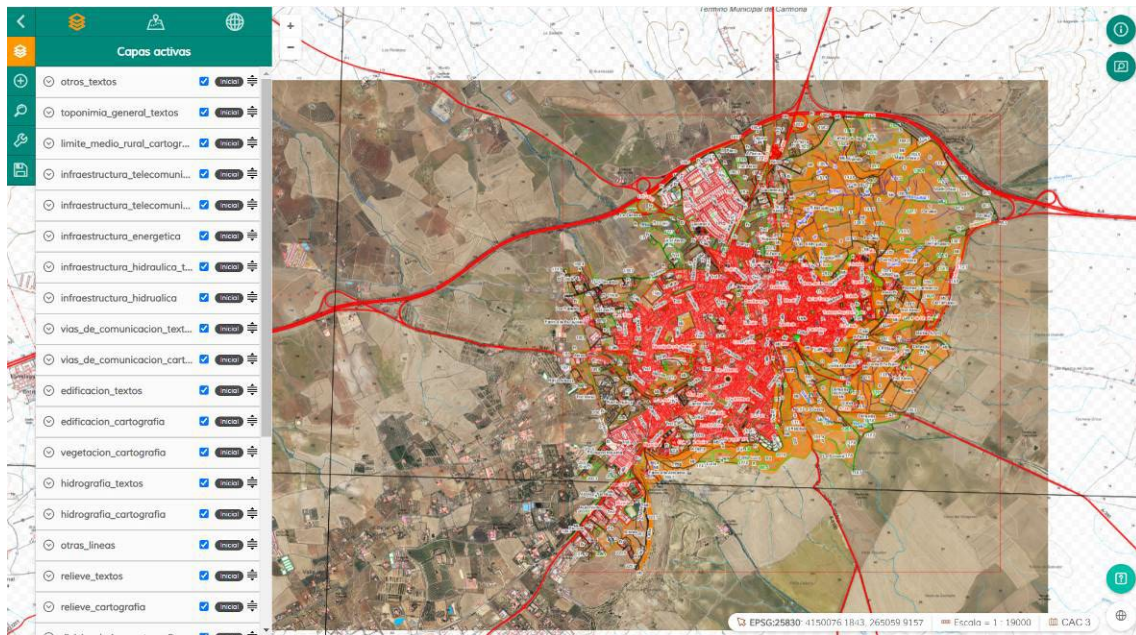


Fig. 3. Visor IDE de Andalucía.



Fig. 4. Visor IDE de Andalucía.

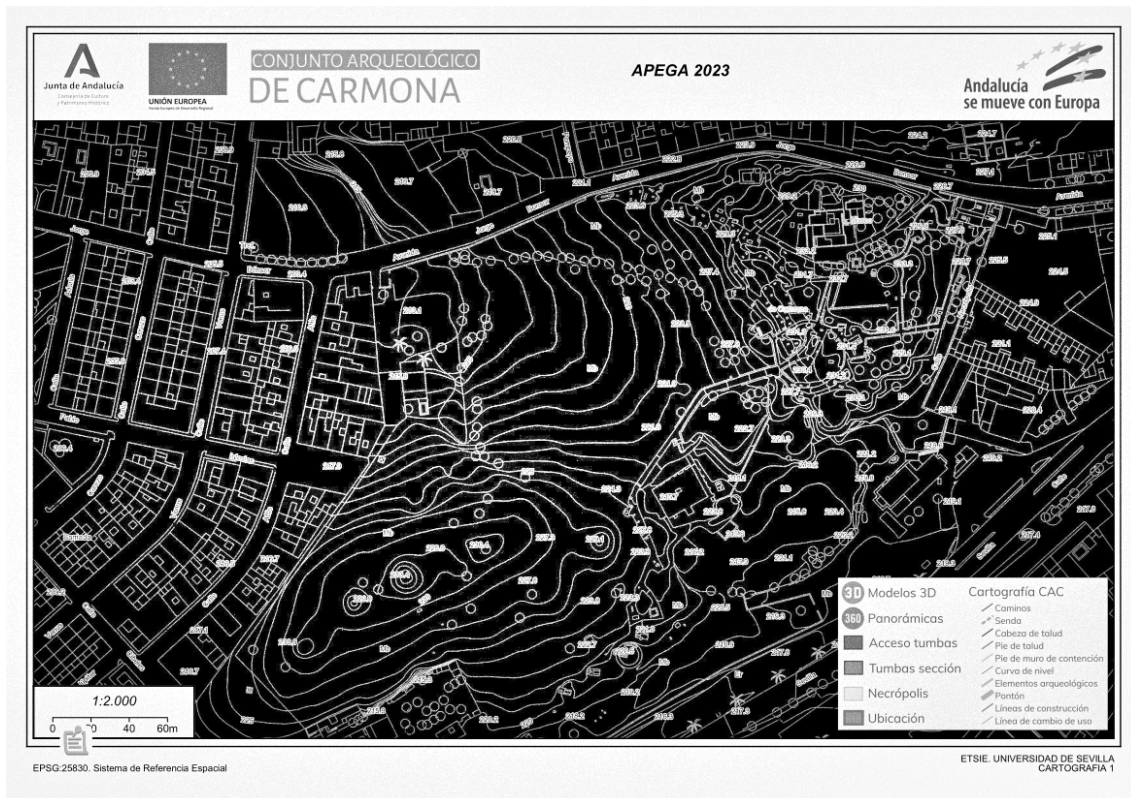


Fig. 5. Visor del Sistema de Información del Conjunto Arqueológico de Carmona (SICAC)

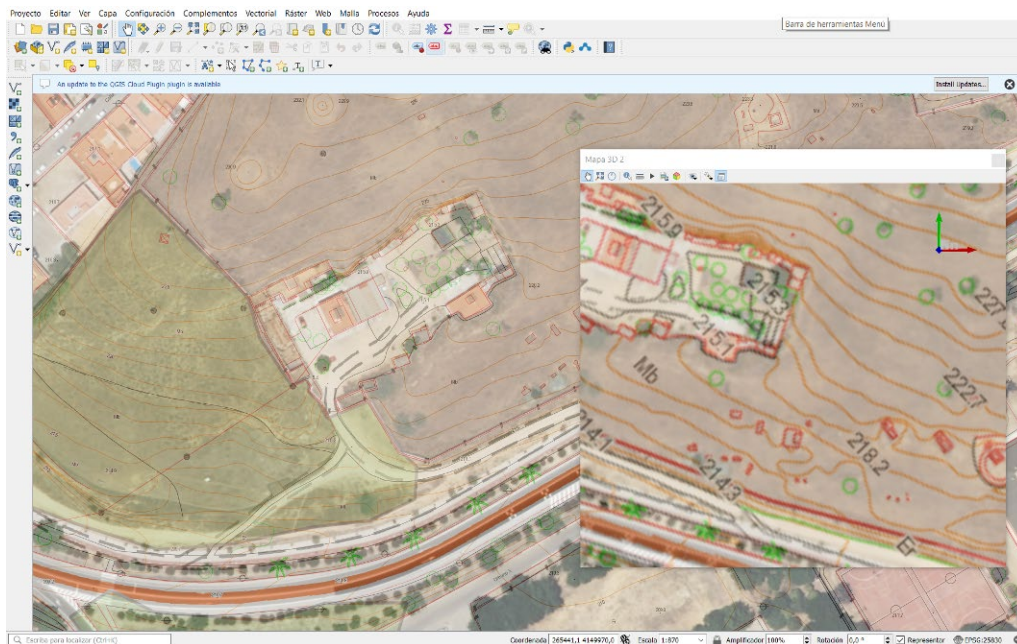


Fig. 6. Interfaz de la aplicación QGIS.

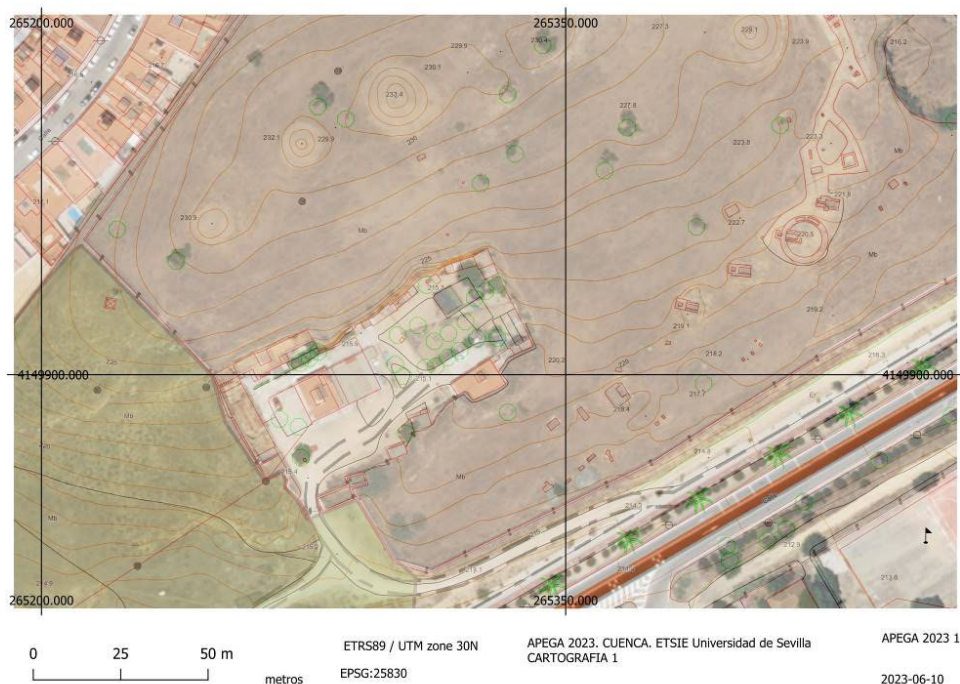


Fig. 7. Planimetría elaborada con la aplicación QGIS..

4. Resultados y Conclusiones

No resulta hoy complejo localizar, visualizar y descargar información espacial y cartografía de calidad para abordar con rigor y detalle nuestras investigaciones académicas y trabajos profesionales.

Resultan necesarios conocimientos de muy diferentes características para alcanzar esos conocimientos y competencias profesionales que, en la actualidad y generalmente, no están siendo impartidos en las titulaciones de edificación y arquitectura.

Proponemos abordar su progresiva inclusión, mediante el debate y la coordinación dentro de las comisiones universitarias, en los catálogos formativos de las actuales y nuevas asignaturas que se impartan por los departamentos responsables de formación en el área gráfica en las titulaciones de la edificación y la arquitectura.

5. Citas y Referencias bibliográficas según Normas APA

- [1] Universidad de Sevilla (2015). *Memoria para la solicitud de verificación del Título Oficial de Graduado o Graduada en Edificación por la Universidad de Sevilla. Acuerdo 7.2./CG 20-2-15*. Recuperado de https://alojawebapps.us.es/fichape/Doc/MV/244_memverif.pdf
- [2] Moreno Jiménez, A. (2008). *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ARC Gis*. Madrid: RA-MA Editorial.
- [3] *Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España*. B.O.E. núm. 207, de 29 de agosto de 2007 www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15822
- [4] *Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad*

- Europea (Inspire)*. Publicada en el DOUE núm. 108, de 25 de abril de 2007. www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-80587
- [5] Granell, C. y Gould M. (2006). *Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales*, Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- [6] Van Loenen, B., Besemer, J.W.J., & Zevenbergen J.A (Ed.) (2009). *SDI Convergence. Research, Emerging Trends, and Critical Assessment*. Delft: Nederlandse Commissie voor Geodesie.
- [7] Redondo Redondo, M. (2010). Territorio, crecimientos urbanos y población Un siglo en Andalucía. *Cuestiones Urbanas*, (1), 224-233.
- [8] Agencia de la Obra Pública de la Junta de Andalucía, Consejería de Fomento y Vivienda (2015) El urbanismo de la no ciudad. De la clandestinidad vulnerable a la visibilidad sostenible, Los procesos de ocupación irregular en el suelo no urbanizable en Andalucía. Recuperado de <http://institucional.us.es/uncweb/>
- [9] Infraestructura de datos espaciales de España, www.idee.es
- [10] Instituto Geográfico Nacional (2022). Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España. www.siose.es/web/guest/marco-europeo-e-internacional
- [11] Infraestructura de datos espaciales de Andalucía, www.ideandalucia.es
- [12] Infraestructura de datos espaciales de la provincia de Sevilla, www.dipusevilla.es/ideasevilla/
- [13] OSGEO (2022). The Open Source Geospatial Foundation. www.osgeo.org
- [14] QGIS (2022). Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. www.qgis.org/es/site/
- [15] Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2022). Cartografía, www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/temas/index-car.htm
- [16] Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2022). Datos Espaciales de Referencia de Andalucía. www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/servicios.htm

TECNOLOGÍAS DE LEVANTAMIENTOS DIGITALES IMPLEMENTADAS EN REALIDAD VIRTUAL: MONASTERIO DE SAN JERÓNIMO DE BUENAVISTA EN SEVILLA

DIGITAL SURVEY TECHNOLOGIES IMPLEMENTED IN VIRTUAL REALITY: MONASTERY OF SAN JERÓNIMO DE BUENAVISTA IN SEVILLE

Fernando Rico Delgado^a, Pablo Díaz Cañete^b, M. Rosario Chaza Chimeno^c,
Jorge Veiga Castro^d

ETSIE. Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^a fricodel@us.es, ^b pdiaz@us.es, ^c chaza@us.es, ^d Jorge.veiga.castro@gmail.com

How to cite: Rico Delgado, F.; Díaz Cañete, P.; Chaza Chimeno, M.; Veiga Castro, J. (2024). *Digital survey technologies implemented in virtual reality: Monastery of San Jerónimo de Buenavista in Seville*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 320-329. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La presente comunicación, tiene como objetivo, analizar las posibilidades de interacción entre levantamiento mediante escaneado láser 3D, modelado geométrico BIM basado en nube de puntos, y adaptación del modelo digital obtenido a Realidad Virtual, para la posterior inmersión del observador mediante gafas RV. Se ha tomado como caso de estudio el patio del Monasterio de San Jerónimo de Buenavista en Sevilla.

Los datos obtenidos en el trabajo de campo, en forma de nubes de puntos, han sido depurados y tratados en trabajo de gabinete mediante software específico, proporcionando una nube completa, que ha servido de base al modelado posterior en sistema HBIM, facilitando un modelo geométrico digital que ha sido adaptado a los requerimientos necesarios para su visualización con gafas de Realidad Virtual (RV).

Los resultados referidos a los datos obtenidos y el modelado posterior han sido satisfactorios, dado que se han reconstruido digitalmente las galerías superiores del patio, que presentan un estado elevado de deterioro, e inexistencia en algunas partes. Se han reconstruido las bóvedas nervadas de la galería superior, y obtenido una planimetría detallada. Igualmente, se han realizado renders con texturas basadas en fotografías in situ que visualizan posibles acabados originales.

En cuanto a la adaptación del modelo digital para su implementación en RV, los resultados obtenidos, aunque satisfactorios, muestran algunas limitaciones derivadas de los equipos utilizados y el software asociado a ellos, destacando la necesidad de compatibilidad entre modelo obtenido y software elegido que, a su vez, debe tener aplicación en las gafas RV.

Palabras clave: Realidad Virtual, Levantamiento digital, HBIM, Monasterio de San Jerónimo.

Abstract

The aim of this paper is to analyse the possibilities of interaction between 3D laser scanning survey, BIM geometric modelling based on point cloud, and adaptation of the digital model obtained to Virtual Reality, for the subsequent immersion of the observer through VR glasses. The courtyard of the Monastery of San Jerónimo de Buenavista in Seville has been taken as a case study.

The data obtained in the field work, in the form of point clouds, have been refined and processed in office work using specific software, providing a complete cloud, which has served as the basis for the subsequent modelling in HBIM system, providing a digital geometric model that has been adapted to the necessary requirements for viewing with Virtual Reality (VR) glasses.

The results of the data obtained, and the subsequent modelling have been satisfactory, given that the upper galleries of the courtyard have been digitally reconstructed, which show a high state of deterioration, and are non-existent in some parts. The ribbed vaults of the upper gallery have been reconstructed, and a detailed planimetry has been obtained. Renderings have also been made with textures based on photographs in situ that visualize possible original finishes.

Regarding the digital model for its implementation in VR, the results obtained, although satisfactory, show some limitations derived from the equipment used and the software associated with them, highlighting the need for compatibility between the model obtained and the chosen software which, in turn, must be applied in the VR glasses.

Keywords: Virtual Reality, Digital Surveying, HBIM, Monasterio de San Jerónimo.

1. Introducción

De acuerdo con lo que dice D. Antonio Almagro Gorbea, el levantamiento arquitectónico tiene como finalidad primordial el conocimiento integral del objeto arquitectónico, no sólo en su materialidad física, sino en todo lo que le concierne [1]

Los sistemas digitales de vanguardia en la captación de información geométrica espacial permiten la obtención de una enorme cantidad de datos que aportan un posicionamiento con un elevado nivel de calidad y precisión milimétrica. La utilización de un escáner 3D para un levantamiento óptimo de la edificación, mediante sistemas LiDAR [2] facilita una nube de puntos, y la utilización de estos datos obtenidos con técnicas TLS (Terrestrial Laser Scanner), permite a su vez la creación de modelos digitales con sistemas BIM (Building Information Modeling) o HBIM (Heritage Building Information Modelling), al utilizarlos como referencia, [3], para la posterior visualización de geometrías fidedignas del conjunto arquitectónico que deseemos representar. [4]

Por otro lado, el momento actual de la tecnología de RV (Realidad Virtual) es el adecuado para un rápido desarrollo en materia de edificación, ya que se encuentran en una fase muy avanzada: hardware, software, técnicas de levantamiento 3D, geoposicionamiento, modelado 3D, y visión artificial. [5]

La tecnología de RV junto a la RA (Realidad Aumentada) son el futuro de la gestión en el ámbito de la construcción, consiguiendo aumentar la tasa de producción, especialmente en la programación y seguimiento de proyectos [6]. También hay que destacar que ayuda a identificar, de forma rápida y efectiva, la interpretación e identificación de elementos destacables en el conjunto edificatorio, lo que aumenta la capacidad espacial en entornos virtuales [7].

La conjunción de un modelo virtual complejo creado a partir de un levantamiento digital, con la realidad virtual, y el protocolo llevado a cabo tomando como caso de estudio un edificio patrimonial, se desarrolla en este trabajo. Para ello se ha considerado como caso de estudio el Monasterio de San Jerónimo de Buenavista de Sevilla.

Los avances en los medios digitales de divulgación gráfica hacen necesario analizar la implementación y los resultados obtenidos de la aplicación de estos medios, relacionándolos con los estudios del grado de edificación, y su uso en la edificación patrimonial.



Fig. 1. Patio del Monasterio de San Jerónimo de Buenavista. Fuente: Propia

Se ha aplicado una metodología en la que, partiendo de datos obtenidos en el trabajo de campo en forma de nubes de puntos, se ha obtenido una nube completa tras su tratamiento en gabinete, que ha servido de base al modelado posterior en sistema HBIM, facilitando un modelo geométrico digital idealizado y muy próximo a la realidad, que finalmente ha sido adaptado a los requerimientos necesarios para su visualización con gafas de Realidad Virtual (RV).

Los resultados obtenidos muestran la reconstrucción digital de las galerías superiores del patio, que presentan un estado elevado de deterioro, e inexistencia en algunas partes. Se han reconstruido las bóvedas nervadas de la galería superior, y obtenido una planimetría detallada de las mismas y del claustro principal del Monasterio de San Jerónimo de Buenavista en Sevilla. Igualmente, se han realizado renders con texturas basadas en fotografías in situ que visualizan posibles acabados originales, y finalmente se ha implementado el modelo en gafas RV para disponer de una experiencia inmersiva en el conjunto monumental.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es analizar la utilidad de la tecnología de realidad virtual (RV) en el ámbito de la edificación patrimonial. Para ello, se toma como ejemplo el claustro principal del Monasterio de San Jerónimo de Buenavista, del que se realizará un modelo HBIM para implementarlo en dicha tecnología.

Para la consecución del objetivo principal en el caso de estudio planteado, se hace necesaria la reconstrucción virtual de dicho conjunto edificatorio, mediante sistemas BIM y/o HBIM, basada en nubes de puntos obtenidas mediante escaneo láser 3D. Esto plantea como objetivo secundario conseguir una planimetría completa del conjunto monumental, que recoja zonas altamente deterioradas, o que simplemente no existen en la actualidad. Así mismo, también se pretenden analizar los requerimientos, posibilidades y limitaciones del hardware y software disponibles, relacionados con la RV.

Con todo ello, se pretende dar valor al uso de esta tecnología como medio de divulgación a toda la sociedad, para facilitar el entendimiento, comprensión, visualización e interpretación del patrimonio en su pasado, presente y futuro.

3. Método y Proceso de Investigación

Desde el último tercio del siglo XX hasta el momento en que nos encontramos, se ha dado un salto inmenso en lo referente a digitalización y actualizaciones en sistemas tecnológicos aplicados al ámbito edificatorio. Es en la primera década del presente siglo cuando empezó a darse gran importancia al trabajo en equipo en un único modelo, a través de los diferentes softwares que se utilizaban (y se siguen utilizando hoy en día) en nuestro sector, dándose así la situación de unificar programas, poder subir proyectos a una nube virtual para poder trabajar en cualquier parte sobre ella, e interactuar varias personas en el mismo archivo de forma simultánea, es decir, lo que se conoce como tecnología BIM (Building Information Modelling)[8]. Todo esto consiguió mejorar los tiempos de elaboración del proyecto, poniendo así en contacto directo a los diferentes profesionales en el mismo plano de trabajo para llevar a cabo la mejor solución para su futura ejecución.

El siguiente paso fue la implementación de modelos virtuales 3D en gafas con tecnología de RV. La realidad virtual tuvo sus comienzos en el ámbito de los videojuegos de Arcade, en la época de los 90 pero no fue hasta el 2012 que se empezaron a poner en funcionamiento las gafas de RV para diferentes fines, y no solo en videojuegos [9]. Era algo novedoso, en desarrollo, que hoy ya es nuestro día a día en la construcción mediante la visualización de proyectos o maquetas virtuales, y que igualmente puede ser ampliada a otras tecnologías de visualización relacionadas como pueden ser la Realidad Aumentada y la Realidad Mixta. [10]

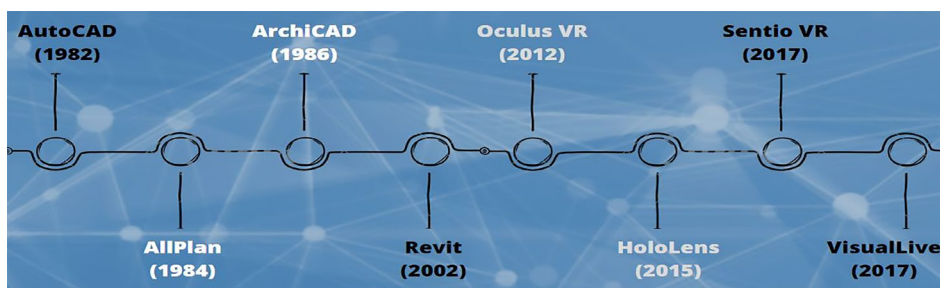


Fig. 2. Timeline de BIM, Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Fuente: Propia

Dentro del proceso de investigación, en primer lugar, se ha llevado a cabo una búsqueda sobre la tecnología de realidad virtual y la documentación gráfica existente del Monasterio de San Jerónimo de Buenavista. Respecto a la documentación gráfica, se nos ha facilitado por parte de la dirección del monasterio un plano conteniendo la planta original del conjunto, donde quedan recogidos los usos de los distintos espacios.

Respecto a la abundante información relacionada con RV se pueden apreciar avances considerables de esta tecnología en el sector de la edificación y/o construcción, pudiendo afirmarse que las tecnologías de RV junto a la RA (Realidad Aumentada) son el futuro de la gestión en el ámbito de la construcción, consiguiendo aumentar la tasa de producción, especialmente en la programación y seguimiento de proyectos (Ahmed, 2019). También hay que destacar que esta tecnología ayuda a identificar, de forma rápida y efectiva, la interpretación e identificación de elementos destacables en el conjunto edificatorio, lo que aumenta la capacidad espacial en entornos virtuales [11].

Existen varias plataformas para la realización de modelos 3D, junto a sus correspondientes softwares compatibles para la posterior visualización, según el modelo de gafas de RV existentes en el mercado. En nuestro caso, tras el análisis de las posibles aplicaciones compatibles con las gafas de las que disponemos, y las licencias que se han podido conseguir de forma gratuita o con licencia de estudiante, se decide utilizar el software Sentio VR, debido a la compatibilidad con el modelo HBIM a través de Autodesk Revit y con aplicación disponible en las Oculus Quest 2 de Meta.

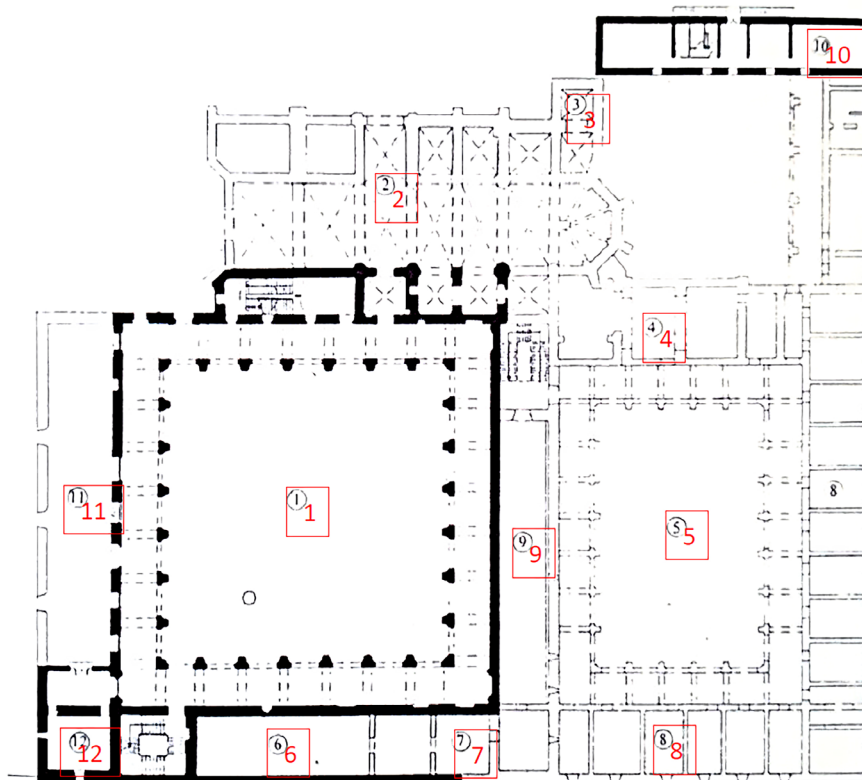


Fig. 3. Reconstrucción de planta original del monasterio de San Jerónimo de Buenavista. Fuente: Dirección del monasterio (febrero de 2022). Los muros seccionados (negros) son los que permanecen en la actualidad. El resto de las estancias son restos arqueológicos catalogados.

Leyenda:

1. Claustro principal, 2. Iglesia, 3. Capilla de San Jerónimo, 4. Sacristía, 5. Claustro de levante, 6. Sala capitular, 7. Procuraduría, 8. Celdas, 9. Refectorio primitivo, 10. Imprenta de Indias, 11. Nuevo refectorio, 12. Mirador

Una vez clasificada la información, y decididos los programas compatibles a utilizar, se ha establecido un proceso de trabajo que recoge las siguientes fases:

- 3.1. Levantamiento arquitectónico digital del claustro principal y sus alrededores. Tras la investigación de las diferentes posibilidades disponibles para la toma de datos geométricos, se ha optado por la utilización de un escáner 3D para un levantamiento óptimo de la edificación [12], mediante sistemas LiDAR, obteniendo con ello una nube de puntos completa [13]
3. 2. Modelado del monasterio y elaboración del modelo inicial utilizando Autodesk Revit basado en la nube de puntos obtenida
3. 3. Renderización mediante software Lumion [14], y optimización del modelo final para implementarlo en software de RV.
3. 4. Análisis de la compatibilidad y limitaciones del modelo obtenido al implementarlo en software Sentio de RV para su ejecución.
3. 5. Aplicación del modelo HBIM en gafas de realidad virtual Oculus Quest 2 de Meta. La calidad de la imagen visualizada irá en función del tamaño del archivo del modelo subido a la nube, que en nuestro caso estaba simplificado al ser una versión trial limitada.

3.1. En el proceso de escaneo se ha utilizado un escáner Leica BLK360 y realizado un total de 51 estacionamientos, recogiendo exteriores e interiores en las dos plantas. Durante el trabajo de campo se ha revisado el proceso con el software Cyclone Field y posteriormente en trabajo de gabinete se ha realizado la segmentación completa con el software Cyclone Register.

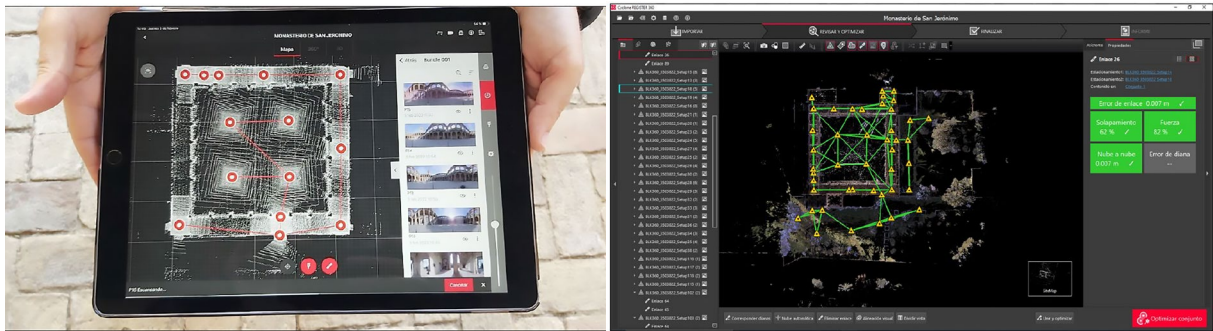


Fig. 4. Trabajo de campo Cyclone Field y trabajo de gabinete Cyclone Register. Fuente: Propia

3.2. En el proceso de modelado basado en la nube de puntos, se determinan las características del conjunto patrimonial. El cerramiento del claustro principal se inscribe en un recinto prácticamente cuadrado, de 46.30 x 45.40 metros. El patio interior tiene unas dimensiones 33.90 x 33.60 metros. Los alzados del patio están compuestos por siete módulos iguales cada uno de ellos, con dos plantas de altura. Cada módulo se compone de una doble arcada: en la planta baja arco de medio punto sobre orden toscano, y en la planta primera de arco carpanel sobre orden jónico.

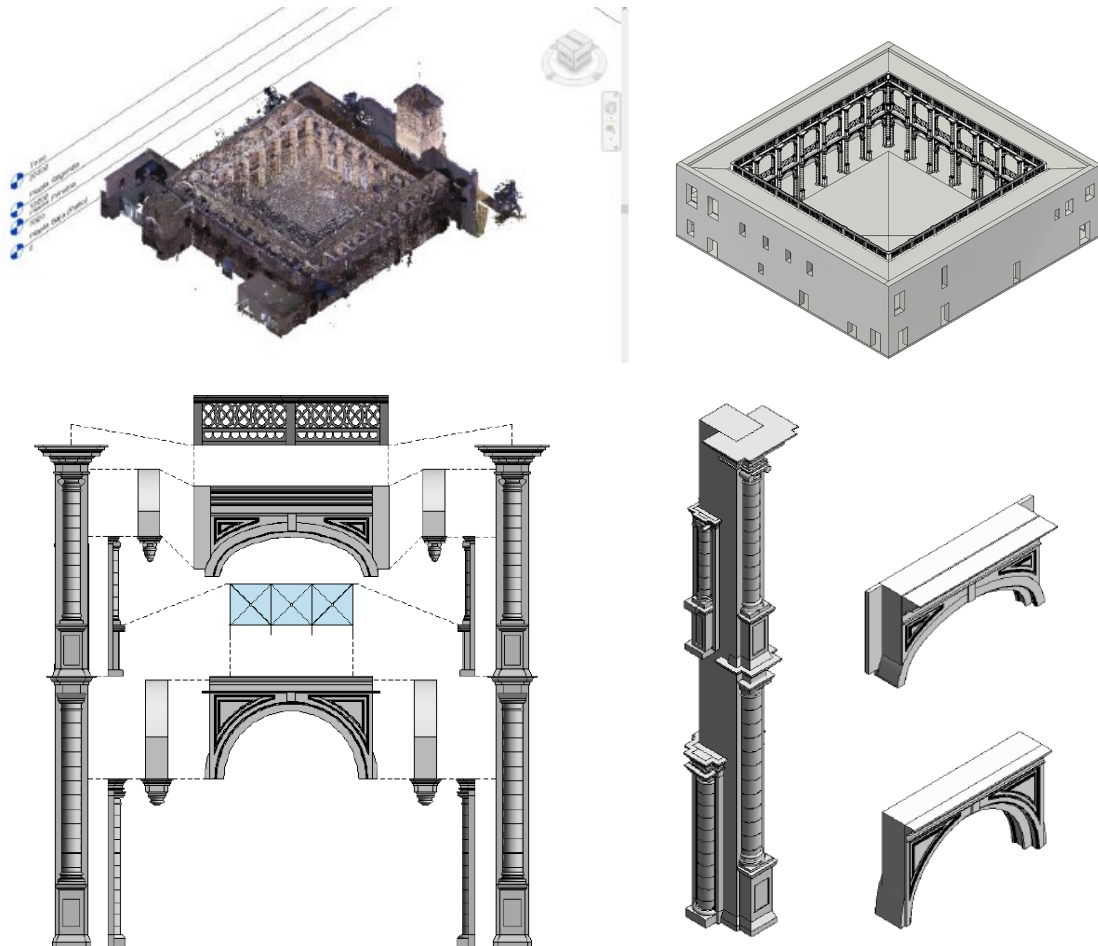


Fig. 5. Modelado en Revit. Descomposición de los elementos del Módulo. Fuente: Propia

Los balaustres de mármol blanco no se conservan en ninguna de las galerías actuales. Se remata la composición con un antepecho y cartelas centrales para el escudo de la orden, en piedra martellilla. Este material se caracteriza por ser una caliza, de tono amarillento, con

una porosidad entorno al 20 – 31% y su extracción se realiza en las canteras próximas a Jerez de la Frontera, en la provincia de Cádiz. [15]

3.3. En la fase de renderizado se han aplicado texturas basadas en fotografías tomadas in situ optimizadas en software de edición fotográfica. Para ver en tiempo real los avances y resultados se ha utilizado un plugin del software Lumion, y trabajado de forma simultánea con este y Revit.

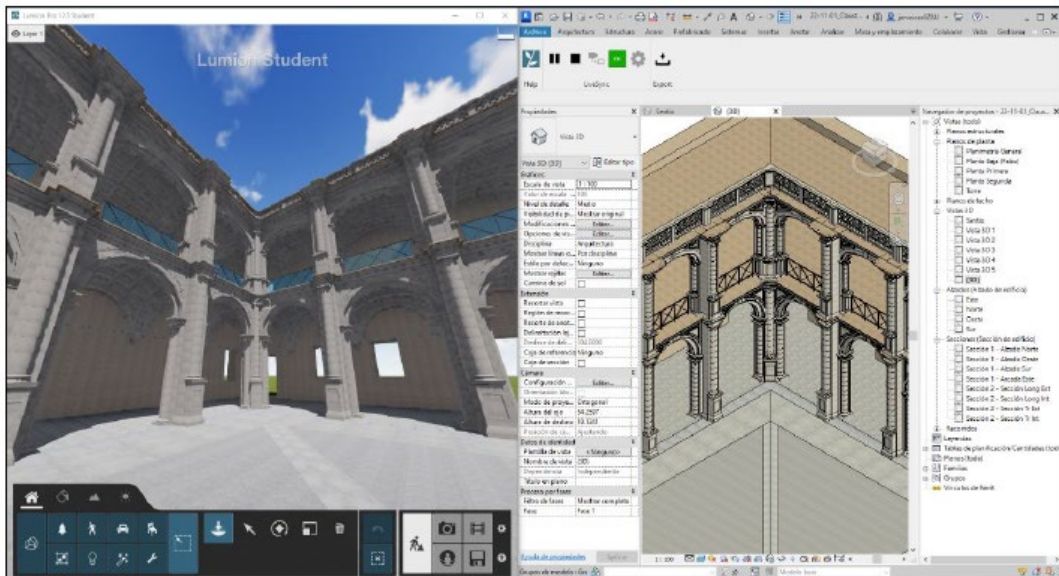
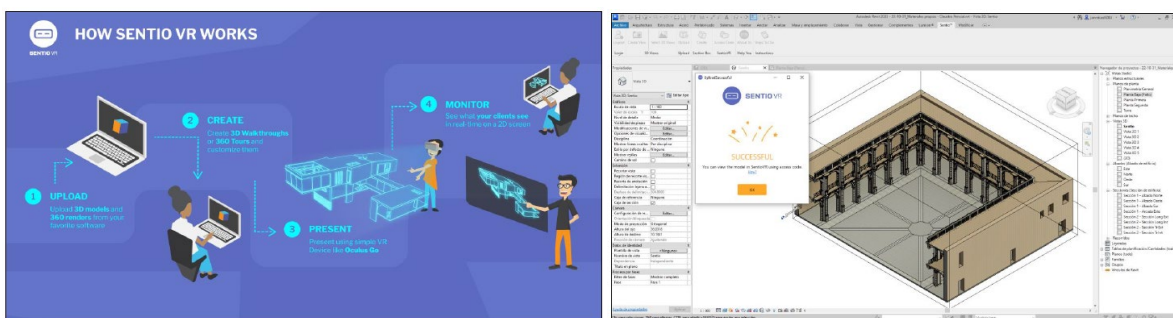


Fig. 6. Trabajo simultáneo en Lumion y Revit para renderizado. Fuente: Propia

3.4. Implementación del modelo idealizado y compatibilidad con RV: Software Sentio:

El proceso de exportación del modelo a la aplicación de Sentio VR y de este a la nube virtual puede dar lugar a confusión. A continuación, se muestra una imagen explicativa del proceso. (<https://www.sentiovr.com/revit-to-vr>). Es necesario importar el modelo a la nube de Sentio VR y configurar las gafas de RV, ya que éstas se tienen que conectar a una red wifi para la sincronización de datos, por lo que es obligado estudiar la guía de Meta Quest al respecto.



Flujo de trabajo en utilización de software Sentio y aplicación en el modelo. Fuentes: www.sentiovr.com, 2022, y propia

3.5. Finalmente, y una vez seguidos todos los pasos, entre los que cabe destacar la necesidad de tener una misma conexión wifi y un mismo usuario, tanto en las gafas, como en el dispositivo transmisor (Pc), se consigue la visualización inmersiva en las gafas Oculus Quest 2.

4. Resultados

Planimetría obtenida (ejemplo)

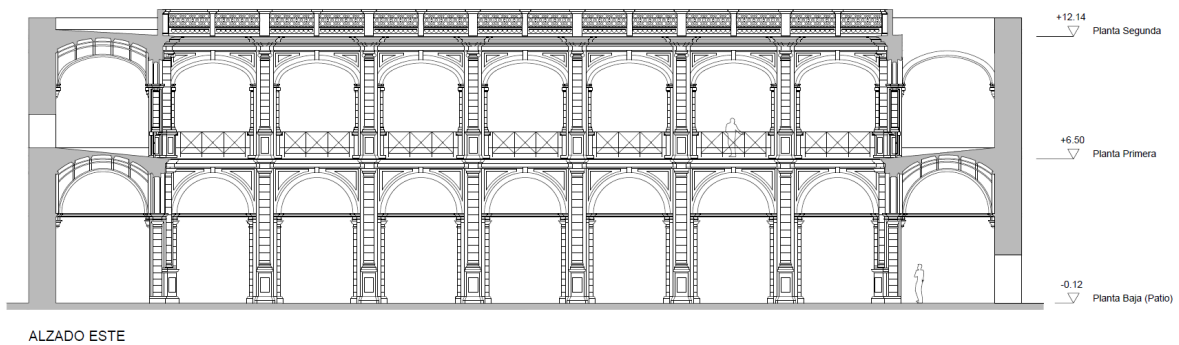


Fig. 7. Alzado Este claustro principal Monasterio: Fuente Propia

Renderizados (ejemplos)

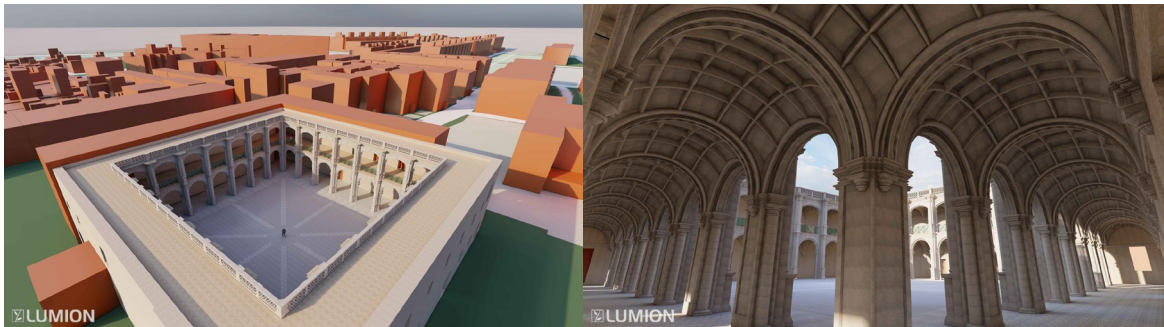


Fig. 8. Render del conjunto con inserción en entorno y Vista esquina inferior. Fuente: Propia

Visualización inmersiva en gafas de Realidad Virtual Oculus Quest (ejemplo)

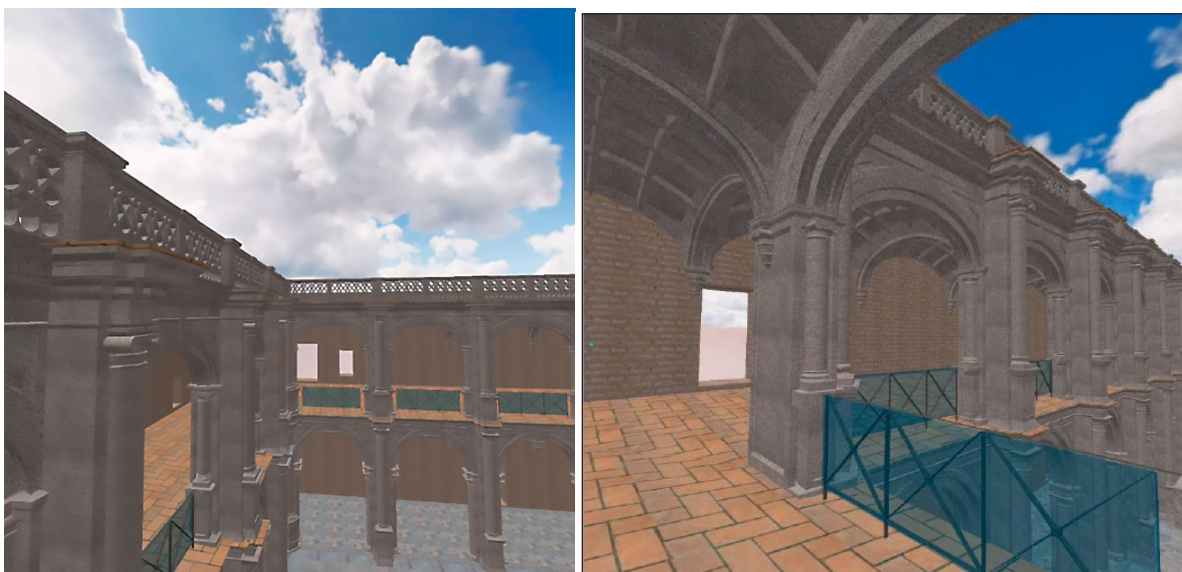


Fig. 9. Captura de pantalla de Oculus Quest 2. Esquina superior en Sentio VR. Fuente: Propia.

5. Conclusiones

Se considera que el principal objetivo se ha cumplido, ya que se ha obtenido un modelo virtual idealizado muy próximo a la realidad que permite la inmersión virtual. Aporta gran valor el uso de esta tecnología como medio de divulgación, comprensión y visualización del patrimonio a todos los niveles sociales, y facilita a distintos sectores profesionales el análisis de los elementos patrimoniales para sus posibles intervenciones.

Además de las ventajas e inconvenientes de la metodología de escaneado y modelado BIM/HBIM posterior ya conocidos por abundante bibliografía, respecto a los procesos posteriores necesarios hay que indicar:

Los resultados obtenidos, aunque satisfactorios, muestran algunas limitaciones derivadas de los equipos utilizados y el software asociado a ellos, destacando la necesidad de compatibilidad entre modelo obtenido y software elegido que, a su vez, debe tener aplicación en las gafas RV. Finalizada la base del modelo, han sido necesarias varias adaptaciones para la posterior exportación a los softwares correspondientes a través de plugins compatibles con el programa de modelado BIM.

La aplicación de texturas de materiales propios del monasterio a través de fotografías de los mismos se podría haber realizado en otro software específico para ello, pero para el reconocimiento de los materiales en RV, ha sido necesario aplicarlas en Autodesk Revit trabajando de forma simultánea con Lumion, ya que dispone de un mejor motor de renderizado, lo que implica un equipo de procesamiento gráfico de altas prestaciones.

Para obtener resultados satisfactorios es necesario el estudio previo de softwares compatibles entre sí para poder realizar el trabajo, además de disponer de las licencias necesarias para ello. En este caso, los softwares disponen de licencia educacional y en algún caso versión trial. Por otro lado, para implementar en realidad virtual el modelo finalizado con texturas, han sido necesarios softwares compatibles con Autodesk Revit para la exportación a través de plugins propios de cada programa, lo que a su vez, ha limitado considerablemente las posibilidades de software compatible para su posterior visualización. A pesar de estas limitaciones respecto a la compatibilidad entre softwares, los programas estaban muy bien adaptados para la interoperabilidad entre ellos, sin ser necesarios equipos informáticos de prestaciones tan elevadas como en el renderizado.

Finalmente se puede concluir que la realidad virtual en el ámbito de la construcción y/o edificación, añade un plus de mejora en rendimiento y en la calidad del proyecto, ya que muestra y guía a los usuarios de forma inmersiva a través del modelo, brindando la posibilidad de revisar fácilmente los posibles errores cometidos durante su desarrollo para poder corregirlos de forma más precisa. Sin embargo, para poder obtener estos beneficios, es necesaria la disponibilidad de sistemas informáticos y dispositivos que tienen un coste elevado, cuya amortización hay que valorar, pues hay que añadir software limitado con un coste inasumible para un trabajo puntual, que ofrece la visualización o retransmisión en directo con ciertas limitaciones.

6. Referencias bibliográficas.

- [1] Almagro, A. (2004). "*Levantamiento arquitectónico*". Universidad de Granada.
- [2] Wang, D., Watkins, C. and Xie, H. (2020). "MEMS mirrors for LiDAR: A review," *Micromachines*, vol. 11, nº. 5.
- [3] Wang, T. and Xiong, Z. (2021). "Methods of as-is bim reconstruction using point cloud data for existing buildings", *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 676, nº. 1.

- [4] Thomson, C. and Boehm, J. (2015). "Automatic geometry generation from point clouds for BIM" *Remote Sens.*, vol. 7, n°. 9, pp. 11753–11775.
- [5] Barrera-Vera, J. A., Benavides-López, J. A., & Castillo-García, M. (2019). "Levantamiento gráfico: desafíos y oportunidades ante las nuevas tecnologías". *Avances En Expresión Gráfica Aplicada a La Edificación*, October, 609–620.
- [6] Ahmed, S. (2019). "A Review on Using Opportunities of Augmented Reality and Virtual Reality in Construction Project Management". *Organ. Technol. Manag. Constr. an Int. J.*, vol. 11, n°. 1, pp. 1839–1852.
- [7] Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L. and Wang, X. (2018) "A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training". *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, n°. 6.
- [8] Aryani, A. L., Brahim, J. and Fathi, M. S. (2014). "The development of building information modeling (BIM) definition". *Appl. Mech. Mater.*, vol. 567, pp. 625–630.
- [9] Pérez Martínez, F. J. (2011). "Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual" *Creat. y Soc. Rev. la Asoc. para la Creat.*, n°. 16, pp. 3–39.
- [10] Cabero-Almenara, J., Valencia-Ortiz, R. and Llorente-Cejudo, C. (2022). "Ecosistema de tecnologías emergentes: realidad aumentada, virtual y mixta". *Rev. Tecnol. Cienc. y Educ.*, vol. 23, pp. 7–22,.
- [11] Rubio Tamayo, J. L. and Gértrudix Barrio, M. (2016). "Realidad virtual e interacción desde la perspectiva de la construcción narrativa y la comunicación". *Icono14*, ISSN-e 1697-8293, Vol. 14, n° 2, (Ejemplar Dedic. a Digit. Econ. its impact Media), vol. 14, n°. 2, p. 12.
- [12] Cabrera Revuelta, E., Chávez, M. J., Barrera Vera, J. A., Fernández Rodríguez, Y. and Caballero Sánchez, M. (2021). "Optimization of laser scanner positioning networks for architectural surveys through the design of genetic algorithms". *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 174.
- [13] Tommasi, C., Achille, C. and Fassi, F. (2016) "From point cloud to BIM: A modelling challenge in the cultural heritage field". *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch.*, vol. 41, n°. July, pp. 429–436.
- [14] Lin, C. C., Hsu, L. Y., Tung, S. H., Gao, R. J., Wu, S. M. and Wang, K. C. (2020). "Integrate BIM and virtual reality to assist construction visual marketing" *2nd IEEE Int. Conf. Archit. Constr. Environ. Hydraul. 2020, ICACEH 2020*, pp. 28–31.
- [15] Rubio, L., & Bello, M. A. (1995). "Evaluación de las características relacionadas con la absorción de agua para diversas piedras de España tratadas con productos de conservación". *Materiales de Construcción*, 45(239), 41-52.

METODOLOGÍAS PARA EL LEVANTAMIENTO GRÁFICO INTEGRAL DE CASTILLOS SITUADOS EN LOCALIZACIONES COMPLEJAS

METHODOLOGIES FOR THE COMPREHENSIVE GRAPHIC SURVEY OF CASTLES LOCATED IN COMPLEX SITES

Pablo Rodríguez-Navarro^{ac}, Teresa Gil-Piqueras^{sd}, Alba Soler Estrela^{be}

^a Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain

^b Universitat Jaume I, Castelló, Spain

^c rodriguez@upv.es, ^d tgil@ega.upv.es, ^e estrela@uji.es

How to cite: Rodríguez-Navarro, P.; Gil-Piqueras, T.; Soler Estrela, A. (2024). *Methodologies for the comprehensive graphic survey of castles located in complex sites*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 330-338. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

El levantamiento gráfico de arquitecturas defensivas situadas en zonas de difícil acceso lleva implícito un alto grado de complejidad. A la dificultad de determinar la técnica más adecuada para un resultado óptimo, otros factores se suman como son: la complejidad de la orografía, sus grandes dimensiones, o el grado de precisión que se pretende alcanzar para su posterior estudio estratigráfico, patológico, constructivo.... Por todo ello, se hace necesario programar y planificar adecuadamente este tipo de levantamientos antes de afrontarlos. En función de ello se diseñarán distintos flujos de trabajo, que a su vez implicarán el uso de una o varias técnicas de levantamiento gráfico integral, con sus correspondientes tecnologías.

En esta comunicación abordamos el levantamiento gráfico de tres castillos: el de Bayren en Gandía (Valencia), Mauz en Sueras (Castellón) y Ares en Pozondón (Teruel). Aunque los tres son de características arquitectónicas y dimensionales distintas, todos ellos están ubicados en lo alto de colinas de difícil acceso. El objetivo de la comunicación es describir las metodologías de levantamiento empleadas en cada uno de los castillos, analizando sus resultados. Para ello se partirá de un breve análisis histórico-descriptivo, con el objeto de analizar y conocer las dificultades a las que nos enfrentamos en cada uno de ellos. A continuación, se describirán las técnicas y metodologías empleadas para su levantamiento gráfico, analizándolas en función de los resultados. Finalmente se mostrarán ejemplos de los resultados obtenidos en cada caso.

Palabras clave: Levantamiento Gráfico Integral, Castillos, Metodologías de Levantamiento, Arquitectura Defensiva.

Abstract

The graphic survey of defensive architectures located in areas of difficult access implies a high degree of complexity. In addition to the difficulty of determining the most appropriate technique for an optimal result, other factors are added, such as: the complexity of the orography, its large dimensions, or the degree of precision that is intended to be achieved for its subsequent stratigraphic, pathological, and constructive study.... For all these reasons, it is necessary to adequately schedule and plan this type of survey before undertaking it. Based on this, different workflows will be designed, which in turn will imply the use of one or several comprehensive graphic survey techniques, with their corresponding technologies.

In this communication we address the graphic survey of three castles: Bayren in Gandía (Valencia), Mauz in Sueras (Castellón) and Ares in Pozondón (Teruel). Although the three have different architectural and dimensional characteristics, all of them are located on top of hills that are difficult to access. The objective of the communication is to describe the survey methodologies used in each of the castles, analyzing their results. To do this, we will start with a brief historical-descriptive analysis, in order to analyze and learn about the difficulties we face in each one of them. Next, the techniques and methodologies used for its graphic survey will be described, analyzing them based on the results. Finally, examples of the results obtained in each case will be shown.

Keywords: Comprehensive Graphic Survey, Castles, Survey Methodologies, Defensive Architecture.

1. Introducción

El levantamiento gráfico del patrimonio arquitectónico requiere de cierta especialización, tanto en la toma de datos, como en la posterior interpretación de los datos obtenidos, fase tan importante y necesaria como la primera. En ocasiones nos enfrentamos con bienes arquitectónicos con indefinición en sus formas, que carecen de aristas rectas y continuas, y en los que por ejemplo es difícil determinar incluso el plano horizontal sobre el que asientan sus estructuras. En este sentido las nuevas tecnologías nos aportan muchas ventajas, permitiendo optimizar el tiempo de dedicación en la toma de datos; dándonos la posibilidad de conseguir una mayor precisión en la obtención de las características geomorfológicas y métricas de un bien arquitectónico; permitiéndonos leer el territorio que lo soporta; o incluso facilitándonos las texturas de sus superficies. Pero el caso requiere de una mayor especialización cuando se complica aún más cuando además este tipo de arquitectura se encuentra en sitios de difícil acceso, con estructuras degradadas y en algunos casos difíciles de identificar a priori, e imposibles de recorrer en toda su superficie por su disposición sobre el terreno. Este es el caso del levantamiento de castillos situados en lo alto de colinas.

Como objetos de estudio, en esta comunicación abordamos el levantamiento gráfico de tres de ellos: el castillo de Bayren en Gandía (Valencia), el de Mauz en Sueras (Castellón) y el castillo de Los Ares en Pozondón (Teruel) (Fig 1). En la elección de estos casos han influido otros factores como son: sus ubicaciones totalmente distintas, Bayren se encuentra junto al mar, Mauz en un valle cerrado y Los Ares en medio de una gran llanura; su distinta configuración en el territorio; o bien el número de estructuras aún existentes.



Fig. 1. Situación de los tres castillos objeto de estudio: Bayren, Mauz y Los Ares.

2. Análisis histórico-descriptivo de los casos de estudio

2.1. Castillo de Bayren (Valencia)

El castillo de Bayren, ubicado en la provincia de Valencia, a 2,5 km. al oeste del puerto de Gandía y a 3 km. del centro urbano de esta localidad, se sitúa en lo alto del cerro de San Juan a 108 m. de altitud. El castillo fue construido en época islámica, junto a la antigua vía de comunicación que unía *Valentia* (Valencia) y *Dianium* (Dénia), vía que formaba parte de la red secundaria de caminos de la vía Augusta (Ruiz, Vercher, 2012). La primera referencia escrita sobre el castillo lo sitúa en el siglo XII (Gómez Bayarri, 2008: 160). Durante la época Medieval Islámica, el castillo de Bayrén cumplió la función de *hisn*² de frontera de la *Taifa* de Dénia, además de ser el centro administrativo, político y jurídico-religioso de más de 20 alquerías o *qurà*, y de actuar como núcleo principal de la red de castillos de la comarca.

Este castillo cuenta con una planta irregular (Fig. 2), como consecuencia de su adaptación a la forma de la montaña, y en él podemos identificar tres estructuras. Un primer recinto amurallado situado en la parte superior de la montaña, que podría identificarse con la alcazaba o bien la celoquia, ocuparía una superficie aproximada de 2.350 m². En ella deberían estar los aposentos más nobles, así como la torre del homenaje. Hoy en día en ella encontramos restos de varias construcciones, así como restos de la antigua puerta de acceso, rematada por dos torres de planta circular y actualmente cegada. Además, dentro de ella se puede apreciar la existencia de al menos un aljibe. El segundo recinto es el albacar, que ocuparía aproximadamente 10.840 m² y se extiende mayoritariamente hacia el sur delimitado por una muralla. Dentro de ésta se refugiaría la población en caso de ataque. La tercera área, ya en parte baja de la ladera de la montaña, rodearía al castillo en al menos tres de sus cuatro lados, en dirección al mar, y estaría ocupada por lo que sería el núcleo estable de población (Rodríguez, Gil, 2020)

La construcción del castillo sobre el cerro hace que algunos de los muros que forman parte de la muralla sean consecuencia de la prolongación de las propias rocas que delimitan su cima, lo que unido a la gran pendiente de la ladera, hace que sea imposible aproximarse a ellos, ni siquiera rodear a pie su perímetro para poder hacer una toma de datos adecuada, de ahí la necesidad de plantear un levantamiento a distancia basado en el uso de fotogrametría a partir de la captura de fotografías tomadas desde un dron.



Fig. 2. Planta de la celoquia del castillo de Bayren, resultado del levantamiento gráfico realizado a partir de fotogrametría con dron (izda); fotografía aérea del castillo de Bayren (drcha).

2.2. Castillo de Mauz (Castellón de la Plana)

El castillo de Mauz, de origen islámico, se encuentra en el término municipal de Sueras, al interior de la provincia de Castellón de la Plana. Está construido sobre una colina rocosa, a

unos 582 m. de altitud y rodeado por el valle de Sueras (Fig. 3). Su planta irregular de aproximadamente 45 m. de longitud por 25 m de ancho, se adapta orgánicamente al accidentado relieve de la montaña, dificultando su acceso a la vez que impidiendo recorrer su perímetro exterior.

Clasificado como castillo rural, por su situación y dimensión, debió de cumplir con la función de control militar, fiscal, administrativo y político (López, P. 2002). En el análisis del castillo observamos principalmente que este ocupa una superficie mas reducida, y sus elementos se observan simplificados. De los restos actuales se aprecia una organización espacial que podríamos diferenciar en dos partes: la celosía en la parte alta, en la que se conserva gran parte de la torre del homenaje y en la que se alojaría una población estable, y una segunda parte que crece hacia el noreste, organizada en distintas plataformas a distintos niveles, entre las que se observa un aljibe además de restos de muros de antiguas construcciones. Esta parte serviría de refugio para la población rural de su entorno.

Por lo que respecta al acceso, el castillo de Mauz presenta un difícil acceso, únicamente posible a través de una estrecha senda de montaña que asciende por la ladera de la montaña, en ocasiones adquiriendo una gran pendiente. Por otro lado, toda la parte noroeste y suroeste está construida sobre un cortado rocoso, siendo imposible aproximarse a él.



Fig. 3. Fotografía aérea del castillo de Mauz realizada con dron con motivo de su levantamiento fotogramétrico.

2.3. Castillo de Pozondón (Teruel)

Este castillo, datado en el siglo XII, se encuentra a 2 km. de la población de Pozondón, provincia de Teruel, en plena Sierra de Albarracín. Su situación en la línea de frontera entre el señorío independiente de Albarracín (al que protegía) y el reino de Aragón, deja ver claramente su función militar. A pesar de su recorrido histórico, hoy en día hay pocas referencias al lugar. El castillo de Los Ares se caracteriza por su planta irregular, adaptada a la orografía sobre la pequeña cima de piedra de rodano sobre la que está construido. En este caso, al contrario de los anteriores, el castillo presenta un escaso desnivel con respecto

a la llanura que lo rodea. A pesar de ello, presenta zonas de difícil acceso, dada su pendiente y lo elevado de sus muros.

Al analizar la planta del castillo diferenciamos también dos áreas situadas en dos niveles (Fig. 4): la celoquia, con su torre atalaya conocida como “El Buco”; y el albacar, en el que se aprecian restos de un brocal que indica el lugar del aljibe, y una torre semicircular de elevada altura, posiblemente destinada a la vigilancia del castillo. En sus murallas destacan sus cuatro torres cilíndricas en el recinto inferior y la presencia de saeteras en algunas partes del resto de sus murallas. En la actualidad este castillo se encuentra incluido en la Lista Roja de Patrimonio dado el avanzado estado de ruina que presenta.

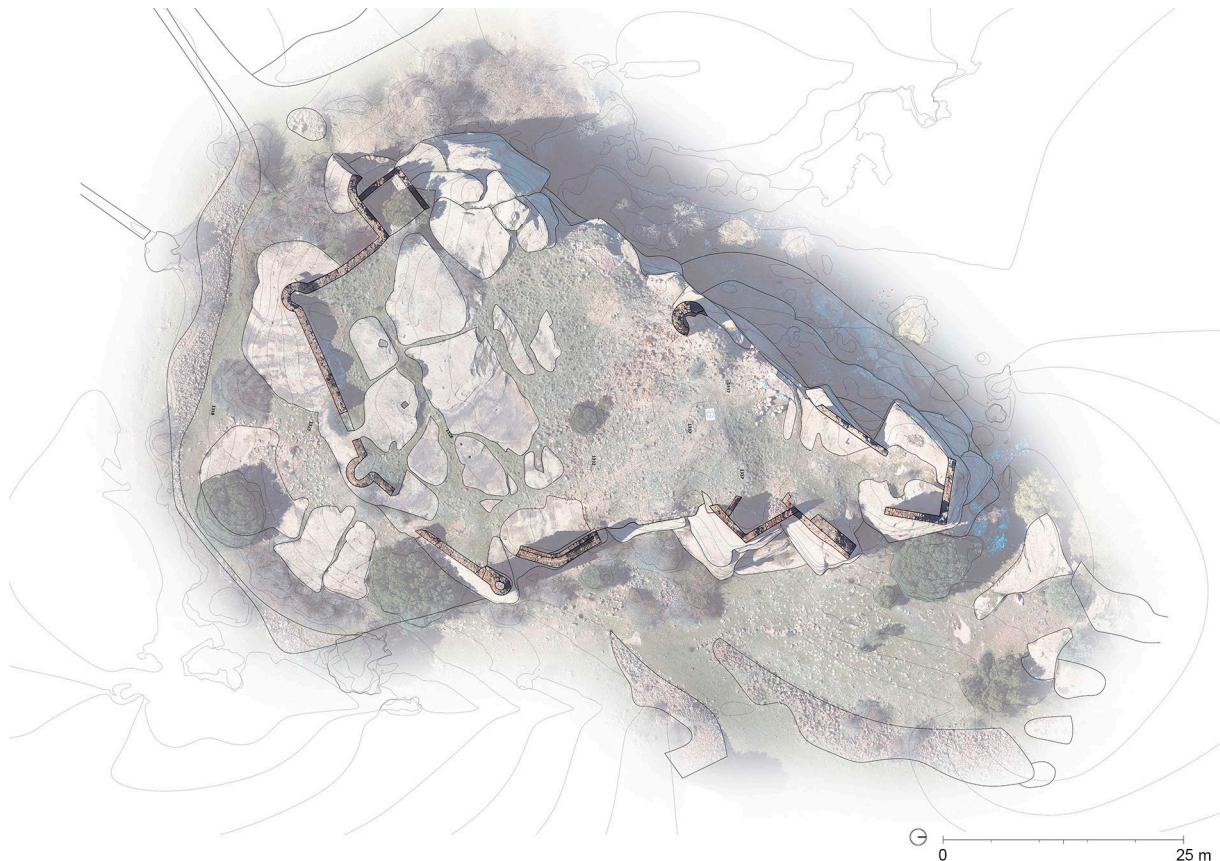


Fig. 4. Planta fotogramétrica del castillo de Los Ares en Pozondón, sobre modelo digital del terreno.

3. Metodología

3.1. Determinación del método

El modo de enfrentarse a un levantamiento complejo se inicia siempre mediante el análisis de la morfología y emplazamiento del modelo a representar, a lo que añadimos posteriormente, el estándar requerido, es decir, qué detalle mínimo necesitamos obtener en función de para qué vamos a utilizar dicho levantamiento.

Comenzamos pues con una búsqueda fotográfica en web y una inspección mediante Google Earth. Es deseable siempre una visita previa, pero en muchas ocasiones no es posible dada la distancia o, simplemente, la falta de tiempo disponible.

Con este primer análisis observamos que los tres castillos elegidos presentan una falta de accesibilidad que, aunque es variable en cada uno de ellos, nos impone la necesidad de

utilizar medios que permitan la obtención de datos a distancia, por lo que en todos ellos utilizaremos un dron. Además, sus grandes dimensiones y la ausencia de espacios interiores y complejos nos llevan a la elección de la fotogrametría SfM como medio idóneo.

Siempre que elegimos la utilización de un dron para la realización de nuestro levantamiento, debemos de empezar visitando el sitio web de ENAIRE, que es el principal proveedor de servicios de navegación aérea y de información aeronáutica en España. ENAIRE es una entidad pública dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y gestiona el espacio aéreo español. Si entramos en su apartado destinado al vuelo con drones (<https://drones.enaire.es/>) y seleccionamos el mapa profesional, podemos ver si existen limitaciones al vuelo en el área en donde se encuentran nuestros castillos. Una vez comprobado que no hay limitaciones, o solicitados los permisos y obtenidas las autorizaciones pertinentes, podremos iniciar la toma de datos. Cabe recordar que para realizar un vuelo se debe de cumplir con la legalidad vigente (<https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones>)

3.2.- Cálculo del estándar requerido

El siguiente paso sería la determinación del detalle requerido según los objetivos de nuestro levantamiento, es decir, la resolución (Res). En nuestro caso se trata de la obtención de planos arquitectónicos (plantas, alzados y secciones) a escala máxima de 1/100, ya que se trata de levantamientos para la realización de los planes directores. Sabemos también que la impresión requiere un documento final de 300 ppp, que equivalen a 117,8 píxeles x cm, es decir, 1 metro a escala 1/100 (1 cm de impresión). Si volvemos a la realidad, es decir a escala 1:1 para obtener los mm/píxeles reales:

$$R^{es} = (1 \text{ mm} \times 117,8 \text{ píxeles/mm}) / 1000 \text{ mm} = 0,1178 \text{ píxeles/mm}$$

Calculando la inversa obtendremos la resolución mínima necesaria en mm/píxel:

$$R^{es} = 1/0,1178 = 8,49 \text{ mm/píxel}$$

Debemos calcular ahora la altura de nuestro vuelo, en función de los parámetros de la cámara que vayamos a utilizar, para determinar el nivel de detalle que podemos alcanzar con nuestras fotografías, es decir, la resolución o GSD (*Ground Sample Distance*). El GSD define la longitud representada por cada píxel, dada la distancia desde la cámara al objeto fotografiado, y conociendo las características del sensor y la distancia focal de la cámara [6]. En nuestro caso montamos una cámara Sony RX100II, con sensor de 1 pulgada y 20 megapíxeles, con las siguientes características:

- Sw (ancho del sensor) = 13,2 mm
- Sh (altura del sensor) = 8,8 mm
- Fr (distancia focal de la lente) = 10 mm (28mm distancia focal equivalente)
- imW (ancho de la imagen) = 5472 pixels

$$GSD = (Sw \times H \times 1000) / (Fr \times imW)$$

Si despejamos H (distancia al objeto o altura de vuelo)

$$H = (GSD \times Fr \times imW) / (Sw \times 1000)$$

$$H = (8,49 \times 10 \times 5472) / (13,2 \times 1000) = 35,19 \text{ m}$$

Así pues, para obtener este levantamiento con la resolución necesaria para la escala requerida, debemos de mantener siempre una distancia en la toma fotográfica \leq a 35 metros.

3.3.- Planificación de la toma de datos

Para obtener una fotogrametría completa y sin sombras, que nos garantice un modelo digital 3D completo del castillo, debemos planificar cuidadosa y sistemáticamente, las tomas fotográficas. La mejor manera de proceder en este tipo de levantamiento, donde tenemos que representar un modelo de grandes dimensiones y complejidad, con áreas de terreno que alternan con muros de diversa envergadura, es dividir la toma en dos; por un lado, realizamos la tomas para la planimetría general de todo el conjunto (planta), y por otro, realizamos las tomas de todos los elementos que posean componente vertical, divididos por sectores. Es aconsejable unir mediante una secuencia fotográfica las dos partes y subpartes verticales entre sí, pues podremos restituir todas las fotografías en un único modelo (en caso contrario deberemos unir posteriormente las distintas partes a que diera lugar).

Hay que tener especial cuidado a los solapes mínimos y zonas que pudieran quedar sin fotografiar. En la primera parte, en la secuencia de tomas fotográficas para la obtención de la ortoimagen de la planta es aconsejable utilizar un vuelo programado, que nos garantizará los solapes y la altura, al tiempo que nos ahorrará batería. En los casos en los que se disponga de un MDT (Modelo Digital del Terreno), se puede descargar éste en la misión para que el dron mantenga constante la altura de vuelo. En caso de no disponer de este modelo, o de que nuestro dron no disponga de esta funcionalidad, debemos extremar las precauciones para no superar la altura máxima prevista, lo que seguramente nos llevará a dividir esta fase del vuelo en varias partes.

En cuanto a los elementos verticales, y debido a que se deben de realizar en modo manual, hay que extremar las precauciones de solape, aumentándolo en caso de dudas. También debemos realizar siempre algunas tomas en picado (desde arriba hacia abajo) de forma que no se vea el cielo, lo que evitará restituciones erróneas, dejando la parte superior de nuestros elementos verticales perfectamente digitalizados.

3.4.- Escalado del modelo 3D

Para el escalado del modelo podemos utilizar diversos métodos. El más clásico sería disponer de unas dianas repartidas por el modelo, con la precaución de haber sido fotografiadas convenientemente, e incluso realizando una aproximación a cada una de ellas con una secuencia fotográfica al objeto de reducir la distancia para aumentar la resolución. Esto nos facilitará la localización, visión y marcado posterior en el modelo digital. Las coordenadas de estas dianas las podemos obtener mediante estación total (coordenadas relativas) o bien con un GPS (coordenadas geográficas), quedando el modelo georreferenciado en esta última ocasión. Posteriormente, cuando el software restituye el modelo, deberemos introducir estas coordenadas y cada uno de los puntos, o bien, descargarlas mediante un archivo CSV.

Existe actualmente otra posibilidad que simplifica el proceso, y es la utilización de un dron con un módulo RTK, que nos va a facilitar la posición GPS de las tomas fotográficas con una precisión similar a las de un GPS topográfico, obteniendo directamente el modelo a escala y georreferenciado.

3.5.- Obtención de las ortoimágenes y elaboración gráfica

No es nuestra intención entrar en profundidad en este apartado, pues el proceso metodológico para este tipo de levantamientos, castillos situados en localizaciones complejas, es muy similar, si no el mismo, que para cualquier otro inmueble.

Una vez obtenido el modelo digital 3D, iremos duplicando el modelo para dejar en cada uno de ellos la vista diédrica que queramos obtener. A continuación, podemos situar tres puntos en la superficie sobre la que se va a proyectar la imagen y obtener la ortoimagen mediante la proyección sobre el plano creado por estos tres puntos. Otra posibilidad es

orientar el modelo, o cada una de las partes, para poder realizar la ortoimagen según un plano de proyección XY, XZ o YZ.

Debemos de dimensionar la imagen con un número de píxeles suficiente para que mantengamos la resolución mm/píxel exigida por nuestro estándar. Podremos comprobarlo en el propio software que me informa de las características de la imagen obtenida (esto solo es correcto si el modelo ha sido escalado con anterioridad a la obtención de la ortoimagen).

Por último, insertaremos la ortoimagen en un software de dibujo vectorial, escalaremos dicha imagen mediante una dimensión conocida, y procederemos finalmente al delineado de sus formas según el nivel requerido para su uso. Para finalizar, es conveniente editar la ortoimagen en un software que nos permita tanto la eliminación de aquellas proyecciones no deseadas, como para en su caso, trabajar con transparencias que ayuden a la lectura de la profundidad si aparecen distintos niveles, recargando la imagen en el software de dibujo vectorial para finalmente realizar la impresión (Fig.5 y 6).

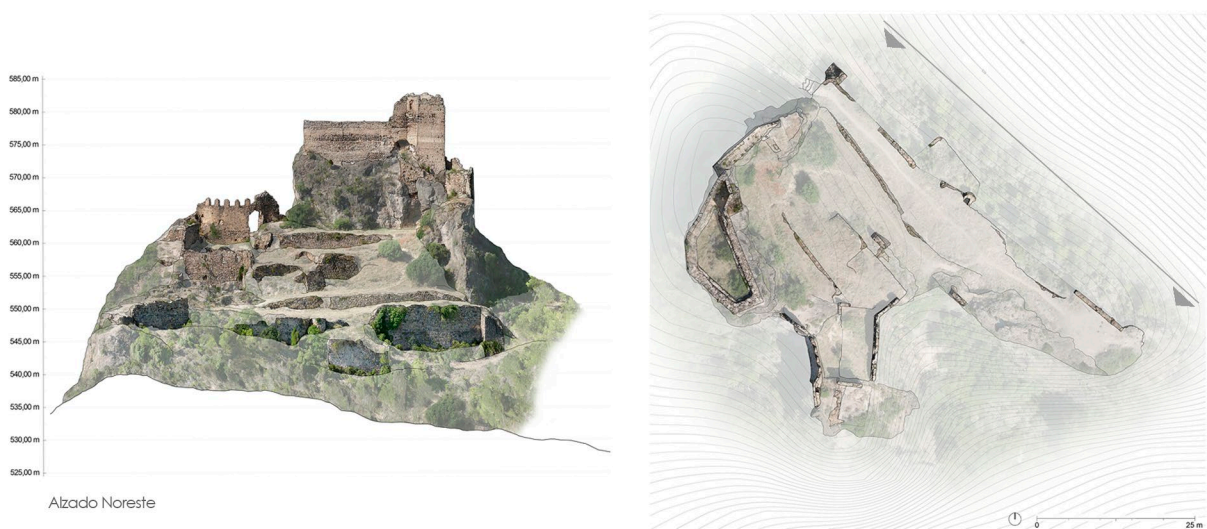


Fig. 5. Alzado y planta del castillo de Mauz realizadas con fotogrametría mediante dron, incluyendo modelo digital del terreno.

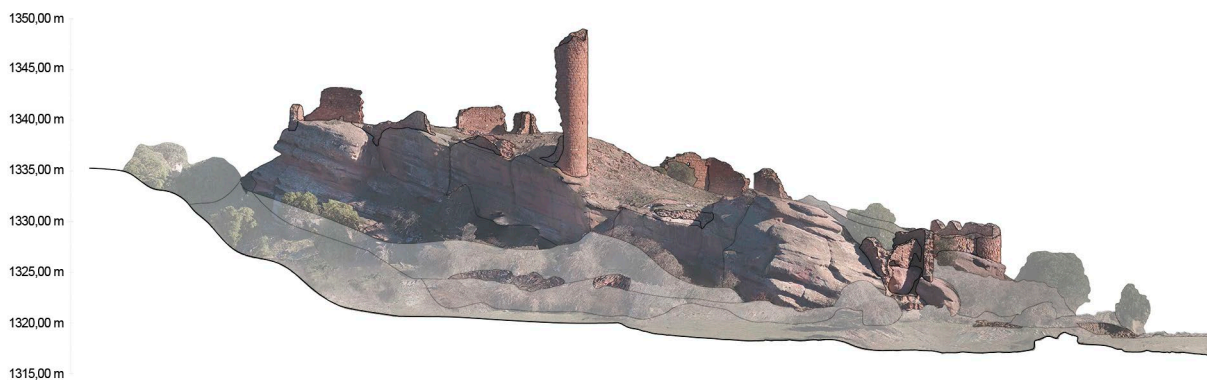


Fig. 6. Alzado del castillo de Los ares, en Pozondón, realizadas con fotogrametría mediante dron.

4. Análisis y conclusiones

Hemos tratado de formalizar una metodología en un caso de levantamiento complejo, que no hace muchos años era impensable de obtener, y mucho menos con este alto grado de calidad y fiabilidad.

Hemos partido de los objetivos de un levantamiento gráfico, aplicado a tres casos de estudio similares, para establecer cuál era el estándar exigible. Posteriormente se ha descrito cuál ha sido el flujo de trabajo, tanto en la fase de toma de datos como en el posterior procesamiento de la información. En este proceso, se ha tratado de optimizar métodos, tiempos y resultados, llevándonos a la optimización de un complejo proceso.

En cuanto al resultado en sí de los levantamientos presentados como casos de estudio, y visualizando con detenimiento los planos obtenidos de los distintos castillos, podemos ver un levantamiento continuo que incluye no solo los aspectos dimensionales y formales, sino también las texturas y color hiperrealísticos que nos permiten seguir avanzando en distintos análisis, como podrían ser el estratigráfico, el estructural, el de lesiones, ... sin olvidar que son en los tres casos, levantamientos de grandes superficies que se presentan con un error inferior a los 2 cm.

5. Citas y Referencias bibliográficas según Normas APA

- [1] Ruiz Server, S., Vercher Navarro, M. (2012). El Castell de Bairén. Llibret Falla Plaça Sant Josep Raval.
- [2] Gómez Bayarri, J. V. (2008). Castillos del camino del Cid en tierras valencianas. Valencia: Real Academia de Cultura Valenciana. pp. 158-162.
- [3] Rodríguez-Navarro, P. & Gil-Piqueras, Teresa. (2020). El Castillo de Bairén (Gandía, España). Proyecto de documentación gráfica. En J. Navarro Palazón, L. García Pulido (Eds.), *Defensive Architecture of the Mediterranean* (pp. nn-nn). Granada, España: UGR, UPV, PAG. Doi: <https://dx.doi.org/10.4995/FORTMED2020.2020.11420>
- [4] López Elum, P. (2002). Los castillos valencianos en la Edad Media (materiales y técnicas constructivas). Valencia: Biblioteca valenciana.
- [5] Guitart Aparicio, C. (1992). Castillos de Teruel. León: Ediciones Lancia. Pp. 64-65.
- [6] Rodríguez-Navarro, P., Cabezos-Bernal, P. M., Gil-Piqueras, T. y Giménez Ribera, M. (2022). Using drones under 250g for documenting architectural Heritage, *DisegnareCON*, volumen 15/ n. 29 - December 2022, ISSN 1828-5961.

Financiación

Esta contribución es parte del proyecto de I+D+i ref. PID2020-119469RB-I00, financiado por Ministerio de Ciencia e Innovación / Agencia Estatal de Investigación / 10.13039/501100011033.

METODOLOGÍAS COMPUTACIONALES PARA EL LEVANTAMIENTO DIGITAL DEL PATRIMONIO

COMPUTATIONAL METHODOLOGIES FOR THE ARCHITECTURAL SURVEY OF THE HERITAGE

Andrea Ruggieri

Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain
andrea.ruggieri.89@gmail.com

How to cite: Ruggieri, A. (2024). *Computational methodologies for the architectural survey of the heritage*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 339-351. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

El objetivo del trabajo es el desarrollo de definiciones algorítmicas para el modelado semiautomático a partir de una nube de puntos, dentro de un entorno de *Visual Programming Language* (VPL) para la obtención de superficies NURBS como restitución supervisada y crítica, así como la visualización de fenómenos complejos, con la intención de obtener lecturas críticas del dato adquirido que puedan ser útiles en un marco de desarrollo de métodos específicos de levantamiento en función de las características del caso de estudio. Se actúa siguiendo metodologías computacionales dentro del campo del Dibujo Digital Explícito (DDE), donde se pone el enfoque sobre el proceso de generación de la forma a través de métodos lógicos-geométricos. El resultado consistirá en una serie de definiciones algorítmicas a lo largo del proceso de restitución del caso de estudio, una columna del Patio del Embajador Vich, espacio integrado dentro del Museo de Bellas Artes de Valencia. A partir de la segmentación semántica de la nube, se obtienen modelos 3d a través de diferentes estrategias, y se extraen datos que serán utilizados para obtener interpretaciones centradas como la detección de irregularidades en el dato adquirido que puedan señalar inestabilidades locales. En el mismo acto de desarrollo de la definición algorítmica, y en el flujo continuo que se instaura entre esta y el usuario, reside la capacidad de realizar operaciones al mismo tiempo automáticas y críticas, aprovechando el pleno potencial computacional sin renunciar a las instancias hermenéuticas intrínsecas en los fundamentos teóricos del levantamiento arquitectónico.

Palabras clave: Levantamiento Digital, Interpretación Crítica, Nube de puntos, Dibujo Paramétrico.

Abstract

Aim of the study is to develop algorithmic definitions for the semi-automatic modeling from a point cloud, in a Visual Programming Language (VPL) environment leading to the production of NURBS surfaces meant as supervised critic restitution, as well as visualization of complex phenomena, in order to obtain critical interpretations of the acquired data that might be useful in a framework of specific survey method's development, according to the case study's features. The research study is made up following computational methodologies entering the field of the Digital Explicit Survey (DDE), in which the focus is upon the process of shape's generation through logical-geometric methods. The result shall take the form of algorithmic definitions through the entire restitution process of the case of study, a column in the *Embajador Vich's* cloister, integrated into the *Museo de Bellas Artes* of Valencia. Starting from the semantic segmentation of the cloud, several 3d models will be obtained through

different strategies, extracting data after used for centered interpretations such as the detection of irregularities in the acquired data, giving a warning about local instabilities. At the right moment of developing the algorithmic definition and in the constant flow established between it and the user we can find the ability of realizing processes that can be critic and automatic at the same time, taking advantage of the entire computational potential without giving up the hermeneutical instances inherent the theoretical foundations of the architectural survey.

Keywords: Digital Survey, Critical Interpretation, Point Cloud, Parametric Drawing.

1. Introducción

La Carta de Venecia [1] empieza recordándonos la importancia del patrimonio, común a todos nosotros, y cuanto sea responsabilidad colectiva su protección y difusión "auténtica" a las generaciones futuras. Se configura, así como necesidad imprescindible la de documentar y analizar dicho patrimonio, también desarrollando nuevas metodologías con enfoques relacionados al llamado *Smart Cultural Heritage*, es decir el reciente ámbito de estudios que combina las humanidades con el conocimiento informático con el fin de estudiar, valorar y comunicar el patrimonio cultural a través de las tecnologías digitales [2].

Los fundamentos teóricos-metodológicos del levantamiento arquitectónico [3], [4], [5] y [6] entendido en su dimensión tradicional y manual, nos guían en una época cada vez más digitalizada, donde la carrera hacia la automatización no tiene y no puede hacernos perder el contacto con enfoques fundados en la sensibilidad y el sentido crítico propios del ser humano, ingeniero o arquitecto, a la hora de realizar un levantamiento y producir restituciones en forma de dibujos y/o modelos.

Entre las posibles estrategias de modelado, este estudio se centra en el llamado modelado algorítmico [7] y [8] donde la atención se desplaza desde el modelo en sí hacia los procesos que lo generan, en la óptica de implementar metodologías computacionales en entornos de programación visual para el patrimonio. Serán así ilustradas definiciones algorítmicas capaces de llevar a cabo operaciones de modelado semiautomático, que en la relación constructiva entre usuario y algoritmo puedan aprovechar el pleno potencial del pensamiento computacional, teniendo en cuenta las instancias correspondientes a las dimensiones heurísticas propias del modelo representativo para el patrimonio. Dentro del panorama actual de búsqueda de la automatización de procesos, este estudio tiene la intención de plantear un enfoque de semiautomatización, y por lo tanto realizar una construcción de un intercambio continuo entre usuario y algoritmo. El fin no será lo de implementar algoritmos 'a ciegas', que recogiendo una serie de *input* nos restituyan una serie de *output*, más bien se quiere referir a la construcción del proceso mental que luego se concreta en la implementación del algoritmo, pensándolo como abierto y cambiante a lo largo de su flujo.

2. Modelado Algorítmico y Patrimonio

Kostas Terzidis analiza en dos tomos [7] y [8] asuntos y relaciones sobre los procesos computacionales, en particular profundizando la dicotomía por él formulada entre *computation* y *computerization*. La forma de actuar de la primera sería relativa al uso por parte del usuario de entidades ya predeterminadas en el programa, siendo efectivamente esta la manera propuesta por los CAD comerciales, que ya en sus primeras versiones implementan una extensión al digital de métodos manuales y tradicionales del dibujo [9]. En contra, herramientas basadas en la lógica computacional no consiguen propagarse, así que Terzidis identifica la problemática por la cual los diseñadores no aprovechan el pleno potencial computacional del ordenador, además de que los límites intrínsecos de los programas acaban por limitar también las posibilidades creativas del proyecto. Es así que se

llega a la superación de dicha dicotomía a través del *algorithmic design*, que se dirige a la integración dentro de los programas de modos de creación y gestión de formas fundados en procesos lógicos por medio del uso de plataformas de *scripting*; lo que se propone en concreto es un efectivo cambio paradigmático.

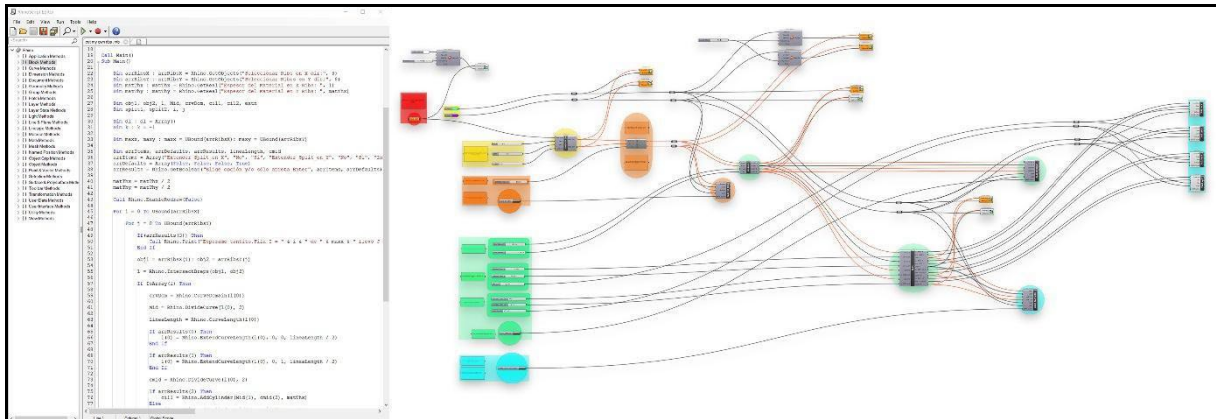


Fig. 1. Comparación entre plataforma de *scripting* y de programación visual (elaboración del autor).

Surgiendo así el problema que el usuario promedio no está en general en condición de meterse en la redacción de un código de programación, hay que abrir el campo a una nueva herramienta que viene a ser llamada 'Programación Visual', donde dicha redacción se desarrolla en dos dimensiones, en contraposición con la tradicional que se concreta en la única dimensión del texto-código [10]. En la Fig. 1 se enseña una comparación entre una programación llevada a cabo dentro *Rhinceros* en sus entornos de *scripting* (*Rhinoscript*) y de programación visual (*Grasshopper*). Centrándonos en la área de conocimiento de la expresión gráfica arquitectónica, se propone el concepto de Dibujo Digital Explícito (DDE) formulado por Calvano [2], que comprende la forma de representación de modelos en la cual la atención del diseñador está dirigida no sólo al resultado formal, sino también al proceso de generación de la imagen; el balance entre procedimiento y producto pone de relieve nuevas modalidades creativas que se concretan tanto en el producto visual, como en los procesos que generan el modelo. Hay en literatura aplicaciones que abarcan el modelado paramétrico en entornos VPL (*Visual Programming Language*) a partir de datos extractos de nube de puntos [11], métodos de *instant modeling* a escala urbana a través de la extracción de bases de datos abiertas (como las disponibles en la plataforma *OpenStreetMap*) [23] o de los panoramas esféricos de *Google* [12], llegando también al uso de dichas metodologías en un marco de procesos HBIM [13; 14]. Encontramos usos también en contextos museísticos, donde se implementan procesos automatizados de previsión del flujo de visitantes en función del peso atractivo de las exposiciones.

Se llega luego a la formulación de un enfoque de "*Algorithmic Information Modeling*" (AIM!) [15] que quiere plantear una discusión sobre los algoritmos implementados en entornos VPL y procesos de modelación informativa, enseñando varios posibles desarrollos, desde reconstrucciones virtuales hasta la mejora de la gestión a través, por ejemplo, de la detección automática de las patologías superficiales a partir de ortofotos.

Hay además estudios en líneas de investigación todavía más avanzadas [16] y [17] entrando en el campo de los "algoritmos genéticos" [18], donde se aplican principios evolucionistas al *problem solving*, utilizando *Galapagos*, un *add-on* de *Grasshopper*. Respecto al enfoque del presente estudio, encontramos finalmente líneas que centran el discurso sobre la transición del dato instrumental discreto al modelo crítico interpretativo continuo y sobre las posibilidades de automatización de dicho proceso, teniendo en cuenta las instancias de interpretación a la hora de traducir un modelo en el otro [19].

3. Caso de estudio: toma de datos y postproducción

Considerando que nuestro objetivo es definir metodologías aptas al análisis del patrimonio, la elección será la de empezar por un elemento arquetípico de la arquitectura clásica como es la columna. El caso de estudio en concreto es el Patio del Embajador Vich, uno de los primeros ejemplos de arquitectura renacentista en la península ibérica. El patio fue construido en el 1525 por Jeronimo Vich, embajador del rey Fernando el Católico a Roma. El palacio en que el patio se encontraba fue demolido en el 1859 y luego reconstruido en el 2007 con las mismas piezas de mármol en su nuevo enclave, dentro del Museo de Bellas Artes de Valencia [20].

Se ha realizado un levantamiento integrado de la fachada sureste en *information augmentation* [21], es decir utilizando diferentes sensores para adquirir el mismo dato, en este caso con técnica TLS, utilizando un escáner láser LEICA RTC 360, y fotogrametría aérea, con un dron DJI Mini 2. Las nubes procedentes de las dos técnicas se han validado a través de una medición de la desviación llevada a cabo en *CloudCompare*, obteniendo una concentración de valores de distancia entre los dos y los tres milímetros. Considerando así validado el proceso, se procede a segmentar la nube TLS, siendo esta la más adecuada por su calidad geométrica (Fig. 2).

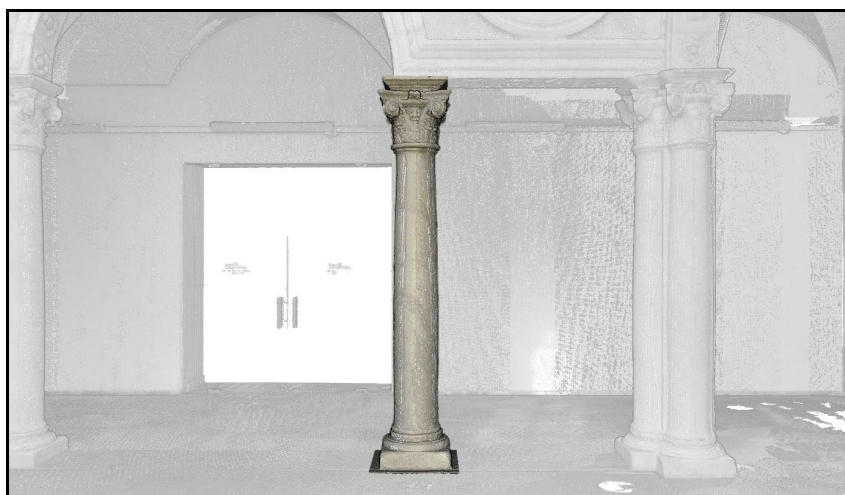


Fig. 2. La columna segmentada (elaboración del autor).

4. Métodos y resultados

4.1 Segmentación semántica

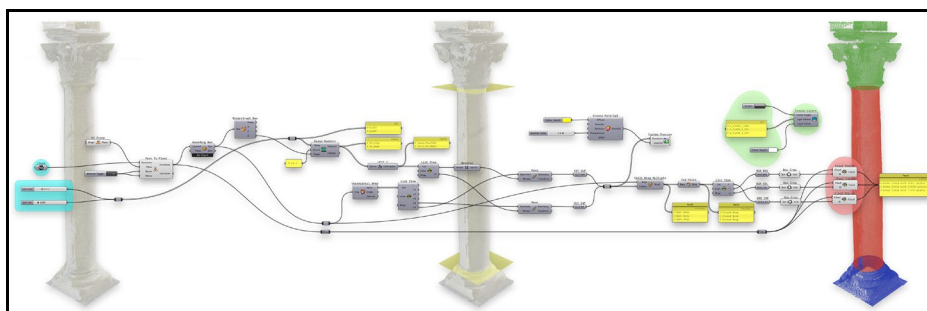


Fig. 3. Definición algorítmica para la segmentación semántica asistida (elaboración del autor)

El primer algoritmo desarrollado tiene el propósito de importar la nube en *Grasshopper* y de realizar una segmentación de la columna en sus tres partes semánticas: base, fuste y capitel (Fig. 3). Esta operación se lleva a cabo efectuando un remapeo del dominio vertical de la columna de manera que se identifiquen dos planos que vayan a intersectar la nube quedándose dentro de esta. Los planos serán luego utilizados para generar tres cajas de recorte consecutivas que determinarán las tres nubes como resultado de la segmentación; el control está asegurado por dos componentes *Number Slider* 'CUT SUP' y 'CUT INF' que variando entre 0 y 1 recorrerán el entero dominio vertical de la columna.

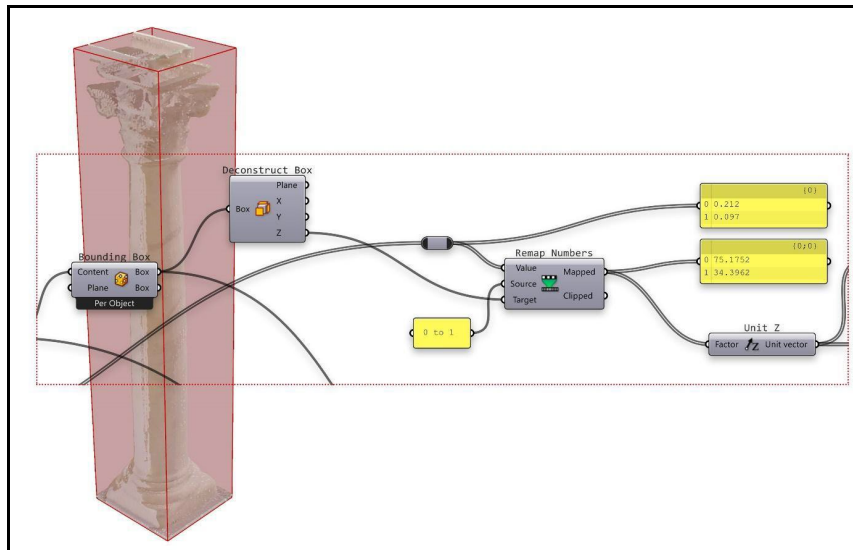


Fig. 4 Remapeo de los parámetros en entrada del dominio vertical de la nube (elaboración del autor).

Primero se da en ingreso la nube de la columna entera, previamente importada en el espacio modelo de *Rhino*, a un componente paramétrico *Cloud* en *Grasshopper*; la nube así importada podría emplazarse lejos del origen del sistema de referencia global, lo que conllevaría gestionar valores de coordenadas numéricamente altos, y tantos positivos como negativos. Con el fin de evitar tales situaciones, que podrían lastrar el flujo de datos al igual que crear problemas de remapeo de dominios, la primera operación será la de trasladar la nube sobre un plano XY a cota cero por medio de un *Move to Plane*. Luego se construye un paralelepípedo mínimo que contenga la nube (*Bounding Box*) y por medio de un *Deconstruct Box* extraemos los valores numéricos de sus dimensiones; entre estas, la z nos hará falta como *target* de remapeo. De hecho, el *Remap Numbers* se hará cargo de remapear el rango de valores 0-1 de los dos *slider* de entrada en un nuevo dominio numérico, que será lo de las coordenadas z de la *Bounding Box*, puestas efectivamente en entrada como *target*; de salida del componente tendremos así los valores en entrada remapeados en el dominio de existencia vertical de la nube, de forma que puedan explorarlo por completo sin salirse de ello (Fig. 4).

La misma *Bounding Box* va en entrada a un componente *Deconstruct Brep*, que descompone la polisuperficie cerrada en superficies individuales, y a través de un *List Item* se escogerán las que nos interesan, es decir la base y la tapa de la caja: estas serán los planos de corte de la nube.

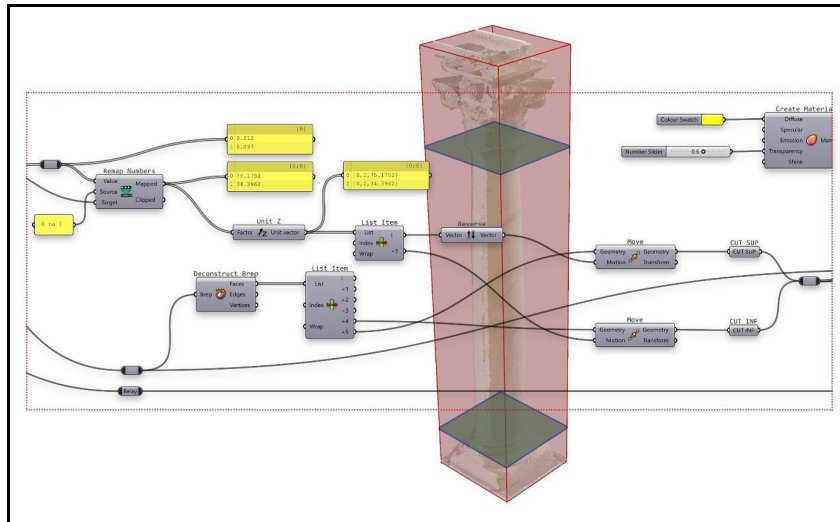


Fig. 5 Determinación de los planos de corte (elaboración del autor).

Recuperamos los valores remapeados de los *sliders* y los utilizamos para construir dos vectores que tendrán como módulo los valores en entrada, y como dirección la del eje z; los separamos con un *List Item* e invertimos la dirección del primero, o sea lo que corresponde al valor de 'CUT SUP'. Es así que será posible mover las dos superficies identificadas, desde arriba hacia abajo la superior y viceversa la inferior, simplemente deslizando los *sliders* correspondientes; los vectores van en entrada a un componente *Move* que los utiliza para trasladar las superficies, que serán así guardadas en dos componentes *Surface Container* (Fig. 5). Estas irán en entrada al *Split Brep Multiple*, que se encargará de partir la *Bounding Box* con las superficies de corte: serán así obtenidas tres polisuperficies abiertas, que se convertirán en cerradas pasando a través de un *Cap Holes*. Los tres paralelepipedos, contenidos en la misma lista, se separan utilizando un *List Item*, para luego poder poner cada uno de ellos en entrada a un componente *Box Crop*, que va a implementar la instrucción de recortar la nube dentro de la caja; estas entran en sus respectivos componentes *Cloud Engine*, que realizan operaciones de transformación sobre la nube en entrada siguiendo instrucciones codificadas por componentes específicos (en nuestro caso, los tres *Box Crop*). Resultarán finalmente tres nubes separadas, que serán base, fuste y capitel de la columna inicial (Fig. 6). Por separado, en la definición ha sido implementado un flujo algorítmico que utiliza un componente *Create Layers* (que viene en otro *add-on*, *Lunchbox*) para crear capas en el espacio modelo de *Rhinoceros*; poniendo en entrada con un *Panel* los nombres de las capas a crear, y un *Boolean Toggle* que genera un valor instantáneo correspondiente a *True*, simplemente pulsando el botón se crearán en el acto las tres capas, de forma que se pueda proceder a la operación de *Bake* de las tres nubes - hasta ahora confinadas en el espacio del algoritmo y aun no en lo del modelo - cada una en su propia capa (que se acaba de generar), para utilizarlas luego en análisis y experimentaciones con otras definiciones algorítmicas.

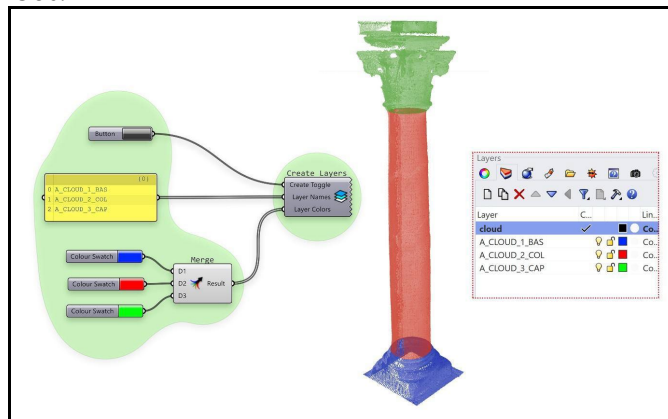


Fig. 6 Creación algorítmica de las capas (elaboración del autor).

4.2. Superficie 'exacta' y 'ideal' del fuste

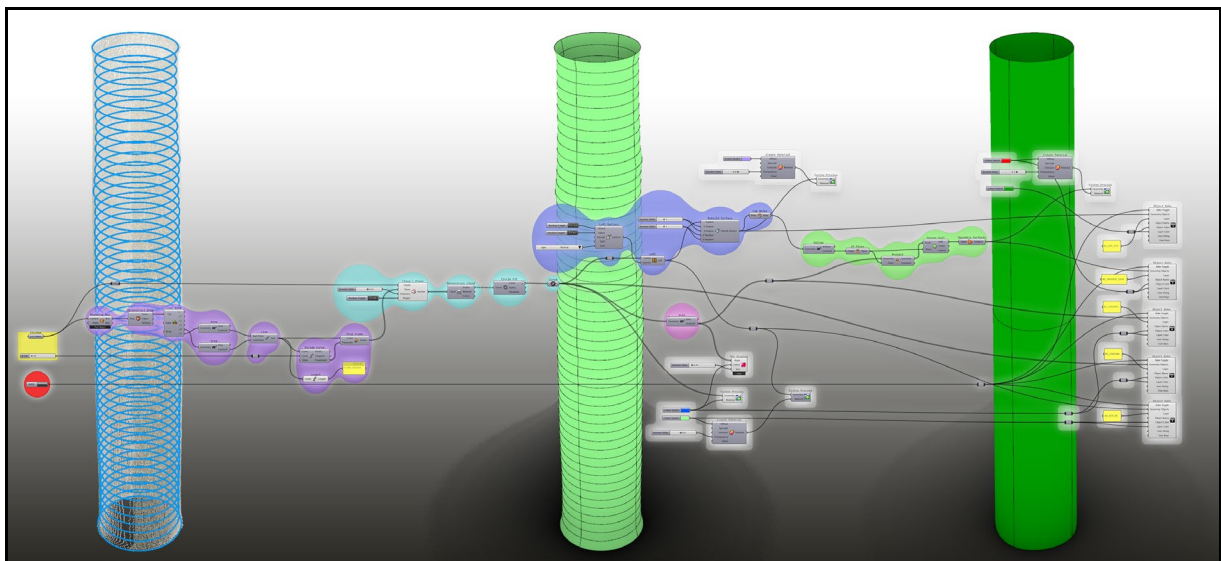


Fig. 7 Definición algorítmica para la restitución crítica asistida del fuste (elaboración del autor).

Una vez efectuada la segmentación de forma computacional, nos centramos sobre el fuste de la columna. La definición algorítmica que se va a construir (Fig. 7) tiene la intención de obtener dos tipos de superficies que corresponden a dos estrategias de modelado, es decir una superficie que llamaremos 'exacta', que resultará de una operación de *loft* de cierta cantidad de secciones horizontales (circulares) de la nube en entrada, y otra que llamaremos 'crítica', que será el resultado de una reconstrucción de la primera; al mismo tiempo, actuamos también una primera extracción de informaciones que nos pueden ser útiles, por ejemplo construyendo un polígono de dispersión de los centros de los círculos-secciones, que podrá ser utilizado luego para dar una medida de la irregularidad del elemento.

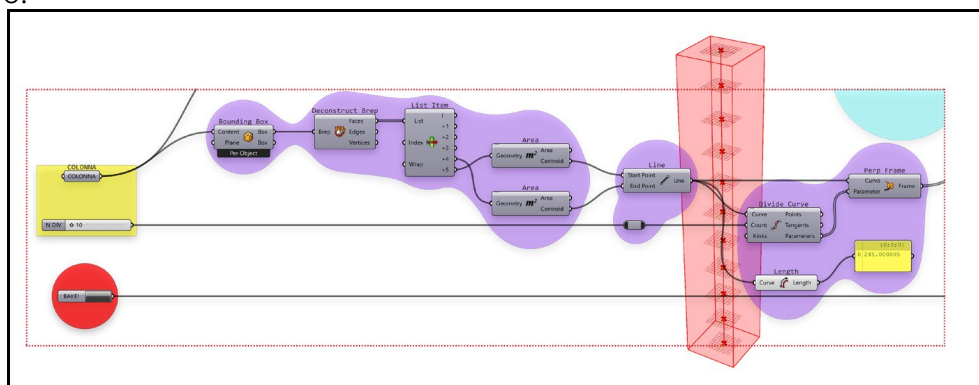


Fig. 8 Definición del eje ideal y de los planos XY que pasan por las N divisiones (elaboración del autor).

Empezando por la nube del fuste de la columna, construimos a su alrededor una *Bounding Box*, extraemos sus caras superior e inferior, y a través del componente *Area* encontramos sus centroides, que serán los extremos de un segmento que representará el eje ideal de la columna; partimos este segmento con un *Divide Curve* en un número de partes establecido en entrada por un *Number Slider* 'N DIV'. Al mismo tiempo, extraemos y visualizamos en un *Panel* el valor de longitud del eje para poderlo comparar con el número de divisiones y tener así una idea de la densidad de los cortes que realizaremos a lo largo del fuste. Recogemos el

valor de salida 'Parameters' (que será el valor paramétrico de colocación de los puntos de división a lo largo del eje) y lo ponemos en entrada a un *Perp Frame*, que construirá una serie de planos horizontales centrados en dichos puntos (Fig. 8). Estos irán en entrada - conjuntamente a la nube - al componente *Cloud | Plane*, que resuelve los eventos de intersección entre las dos entidades; ponemos un valor *True* en entrada a *Project* para que los puntos resultantes se queden en el mismo plano, dentro de una franja de tolerancia ajustable a través de un *Number Slider*. Una vez obtenidas las secciones, estas serán todavía nubes de puntos, así que necesitaremos un *Deconstruct Cloud* para convertirlas en entidades punto, que a la vez irán en entrada a un *Circle Fit* que construirá los círculos que mejor los aproximan; finalmente guardamos dichos círculos en un *Curve Container* (Fig. 9).

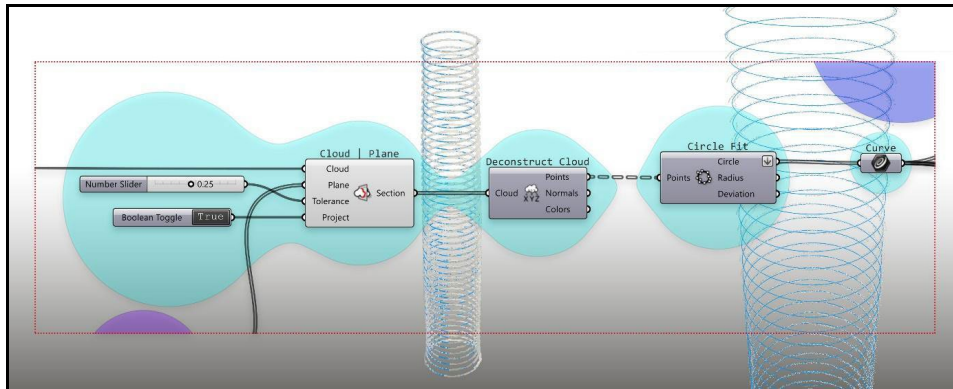


Fig. 9 Extracción de las secciones y de los círculos que mejor las aproximan (elaboración del autor).

Entramos ahora en el núcleo central del algoritmo donde, a partir de estos círculos, los ponemos en entrada a un *Loft* (cuyas opciones serán implementadas por parte de otro componente) que construye así una superficie que interceptará todos los círculos-secciones de la nube; esta superficie que acabamos de crear se irá en entrada a un *Rebuild Surface*, que la reconstruye según unos parámetros en entrada que se refieren al grado y al número de puntos de control en *u* y *v*: en este caso ponemos en ambos un valor igual a 3, con el fin de obtener una superficie *NURBS* de tercer grado y con tres puntos de control. Por esto consideramos la primera superficie generada como la restitución 'exacta' de los datos del levantamiento, que pasa por todas las secciones sacadas de la nube, mientras que la segunda superficie - matemáticamente deducida de la primera - será considerada una restitución 'crítica' asistida donde, ajustando grado y número de puntos de control, tendremos forma de controlar la aproximación en cuanto a obtener un modelo 'ideal' de la geometría levantada (Fig. 10).

Volviendo atrás al punto donde habíamos sacado los centros de los círculos-secciones, efectuamos una proyección de estos sobre el plano baricéntrico del fuste, obtenido extrayendo el centroide de la superficie 'ideal' - cerrada por un *Cap Holes* - por medio de un componente *Volume*, y apoyando sobre este un plano *XY* que será conectado, conjuntamente a los puntos, en entrada al componente *Project*. Con los puntos finalmente sobre el mismo plano, generamos la *Convex Hull* plana, es decir la polilínea plana 'mínima' que incluya todos los puntos, que utilizaremos para definir una superficie plana a través de un *Boundary Surface*; esta representará la superficie de dispersión de los centros de los círculos interceptados, que podrá darnos una idea de las irregularidades del fuste a lo largo de su eje (Fig. 11).

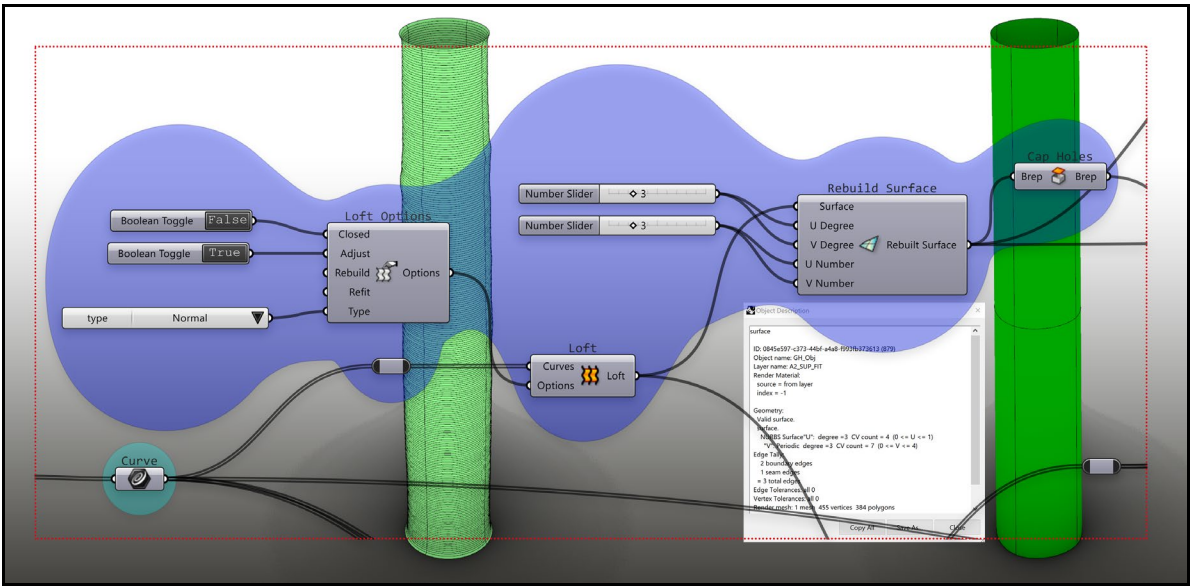


Fig. 10 Generación de la superficie 'exacta' y de la 'ideal' (elaboración del autor).

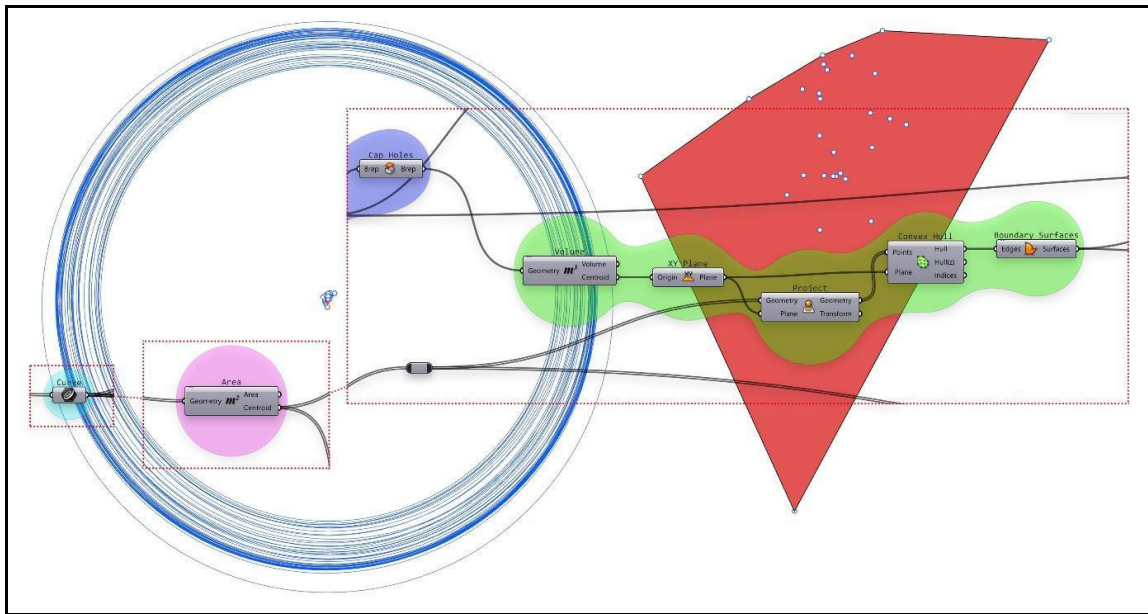


Fig. 11 Obtención de la superficie de dispersión (elaboración del autor).

Finalmente, la definición algorítmica termina con una serie de componentes *Object Bake*, que tienen la función de generar instantáneamente en el espacio del modelo todas las entidades fundamentales obtenidas por el algoritmo, creando al mismo tiempo todas las capas de pertenencia de cada una: los círculos-secciones, sus centros como puntos, la superficie de dispersión baricéntrica de estos, la superficie 'exacta' del fuste y la 'ideal' (Fig. 12).

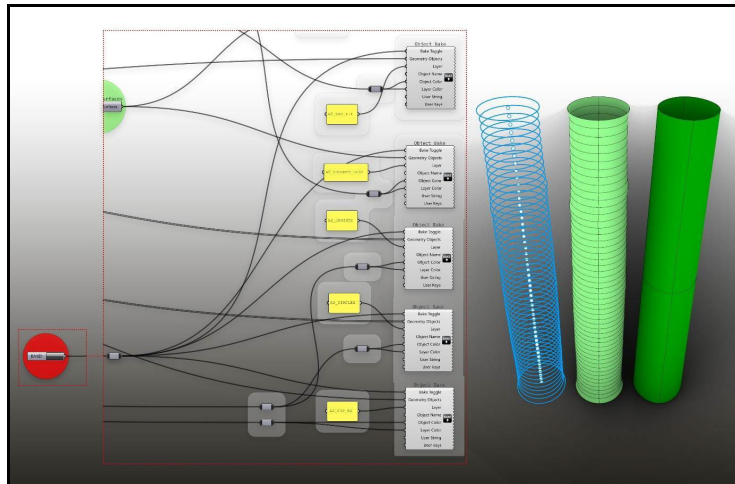


Fig. 12 Generación en el espacio del modelo de las entidades geométricas (elaboración del autor).

5. Conclusiones

Esta investigación, puesta en un marco disciplinar que mira al levantamiento arquitectónico en su dimensión de proceso de conocimiento y reelaboración crítica [22], se centra en el desarrollo de metodologías computacionales que puedan realizar operaciones específicas sobre el dato adquirido en la campaña de levantamiento digital siguiendo lógicas y formas de actuar propias del "Dibujo Digital Explícito" [2]. En la misma implementación de la definición algorítmica se toma el control del proceso, que se actúa sobre el caso de estudio concreto teniendo al mismo tiempo en cuenta el caso general, enfocándose en el método, así como en las formas de pensar y actuar de la lógica computacional.

En la primera definición para la segmentación asistida de la nube encontramos la construcción de relaciones lógicas entre el dato en entrada y el parámetro que se le adapta mientras que regula el proceso, lo cual permite una serie de operaciones realizadas directamente en el espacio del modelo que controlamos en cuanto creadores del proceso, no más como usuarios de un programa. Luego, con el algoritmo de restitución crítica asistida entramos en el quid de la cuestión: en el momento en que sacamos partes del dato adquirido y las utilizamos para la generación de modelos 'exactos' y 'ideales', sabemos que estos son los que habríamos construido en un marco metodológico de restitución crítica tradicional, pero también sabemos que en este caso hemos tomado el control de un proceso de generación de un dato complejo resultado de una elaboración que, aunque mediada por el procedimiento algorítmico, posee una actitud crítica intrínseca que se concreta en el acto de la misma implementación. El potencial del método reside no tanto en hacer más rápidas las operaciones, cuanto en la posibilidad de gestionar al mismo tiempo una serie de datos a través de un proceso controlable, replicable, adaptable y optimizable (Fig. 13).

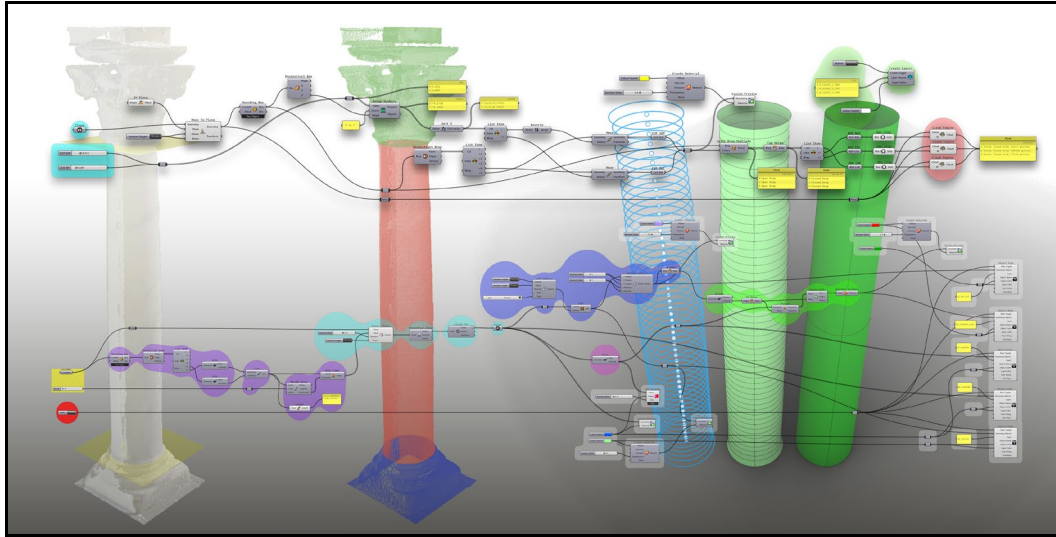


Fig. 13 Del dato bruto a la restitución crítica (elaboración del autor).

Las metodologías implementadas, aún que testeadas sobre un preciso caso de estudio, pueden orientarse hacia casos de mayor complejidad geométrica y computacional; el algoritmo podrá así variar dependiendo del caso, de sus características morfológicas, de las problemáticas detectadas y del tipo de solución que se va a plantear, quedándose de todas formas el enfoque computacional entendido como *forma mentis* de acercamiento al problema. Es así que se pueden desarrollar otros algoritmos sobre el entero patio: por ejemplo, se pueden extraer secciones y superficies de restitución para luego detectar irregularidades con respecto a variaciones de los diámetros de las columnas y de su distribución en planta (Fig. 14). También en este caso obtenemos - a partir del dato bruto de la nube - lecturas temáticas que no serían inmediatamente detectables.

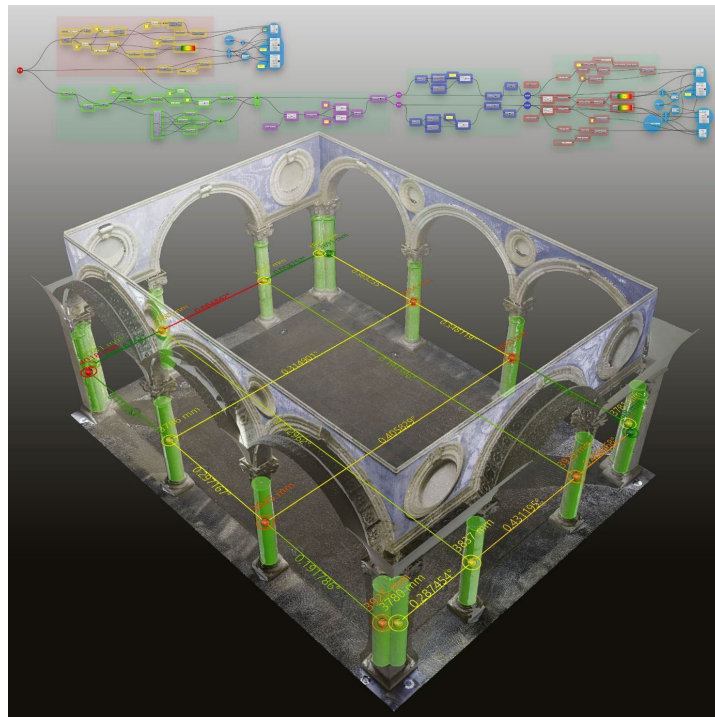


Fig. 14 Análisis de las irregularidades del claustro (elaboración del autor).

6. Agradecimientos

Proyecto de I+D+i ref. PID2020-119469RB-I00, financiado por Ministerio de Ciencia e Innovación / Agencia Estatal de Investigación /10.13039/501100011033.

7. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] ICOMOS (2008). The Icomos Charter For The Interpretation And Presentation Of Cultural Heritage Sites. http://www.icomositalia.com/_files/ugd/57365b_4ab285a463404c0c8af194ae65fc9f4d.pdf (last access 04/04/2023).
- [2] Calvano, M. (2019). *Disegno digitale esplicito. Rappresentazioni responsive dell'architettura della città*. Aracne editrice.
- [3] Docci, M., & Maestri, D. (1994). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Editori Laterza
- [4] Docci, M., & Maestri, D. (2010). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Editori Laterza
- [5] Bertocci, S., & Bini, M., (2016). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Cittàstudi.
- [6] Almagro Gorbea, A. (2004). *Levantamiento arquitectónico*. Universidad de Granada.
- [7] Terzidis, K. (2003). *Expressive Form. A conceptual approach to computational design*. Spon Press.
- [8] Terzidis K. (2006). *Algorithmic Architecture*. Architectural Press.
- [9] Ciarloni, R. (2009). Le teorie e le tecniche della rappresentazione matematica. In R. Migliari (Ed.), *Geometria descrittiva. Vol.2 – Tecniche e applicazioni* (pp. 5-59). CittàStudi.
- [10] Myers, B. A. (1986). What are Visual Programming, Programming by Example, and Program Visualization? *Graphics Interface and Vision Interface*, 62–65.
- [11] Paris, L., & Wahbeh, W. (2016). Survey and representation of the parametric geometries in HBIM. *DISEGNARECON*, 9.
- [12] Paris, L., Calvano, M., & Nardinocchi, C. (2017). Web Spherical Panorama for Cultural Heritage 3D Modeling. In *New Activities for Cultural Heritage Proceedings of the International Conference HeritageBot 2017* (pp. 182–189). https://doi.org/10.1007/978-3-319-67026-3_20
- [13] Brusaporci, S., Maiezza, P., & Tata, A. (2018). Computational Design for As-Built Modeling of Architectural Heritage in HBIM processes. *2018 IEEE International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo 2018 - Proceedings*, 199–203. <https://doi.org/10.1109/MetroArchaeo43810.2018.13620>
- [14] Attenni, M., & Rossi, M. L. (2019). The modelization of built heritage. Comparing bim processes for architectural types. *Disegno*, 2019(4), 189–200. <https://doi.org/10.26375/disegno.4.2019.18i>
- [15] Lo Turco, M., Calvano, M., Giovannini, E. C., & Tomalini, A. (2021). AIM! Algorithmic Information Modeling: New Strategies for a Fully Integrated Approach in the Field of Cultural Heritage. *Springer Tracts in Civil Engineering*, 143–156. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49278-6_9
- [16] Bolognesi, C. M., & Stancato, G. (2021). Renaissance vaults: geometry, nurbs and computational opportunities for reconstruction. *DISEGNARECON*, 14(26), 5.1-5.10. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.26.2021.5>

- [17] Lanzara, E., & Capone, M. (2021). Genetic Algorithms for Polycentric Curves Interpretation. In *Representation Challenges. Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*. FrancoAngeli srl. <https://doi.org/10.3280/oa-686.64>
- [18] Rutten, D. (2011, March 19). *Evolutionary Principles applied to Problem Solving*. I Eat Bugs for Breakfast. Retrieved April 4, 2023, from <https://ieatbugsforbreakfast.wordpress.com/2011/03/04/epatps01/>
- [19] Valenti, G. M., & Martinelli, A. (2022). Sulla qualità geometrica del modello di rilievo. In *DIALOGHI / DIALOGUES • visioni e visualità / visions and visuality*. FrancoAngeli srl. <https://doi.org/10.3280/oa-832-c183>
- [20] Rodriguez-Navarro, P., Cabezos Bernal, P., Gil-Piqueras, T., and Giménez Ribera, M. (2022). Using drones under 250 g for documenting the architectural heritage. *Disegnarecon*, 29 (16).
- [21] Guidi, G., Russo, M., & Beraldin, J. (2010). *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*. McGraw-Hill.
- [22] Docci, M. (2018). A contribution to the history of architectural and environmental representation. In *Disegno* (Vol. 2018, Issue 3, pp. 9–21). UID Unione Italiana Disegno. <https://doi.org/10.26375/disegno.3.2018.2>
- [23] Calvano, M., & Guadagnoli, F. (2016). 3D reconstruction of the city of Amatrice. An “instant modeling” operation. *DISEGNARECON*, 9(17), 7.1-7.9.

Financiación

Proyecto de I+D+i ref. PID2020-119469RB-I00, financiado por Ministerio de Ciencia e Innovación / Agencia Estatal de Investigación /10.13039/501100011033.

SURVEY AND REPRESENTATION OF FUNERARY ARCHITECTURES: THE EVANGELICAL CLOISTER IN THE CHARTERHOUSE OF BOLOGNA

ESTUDIO Y REPRESENTACION DE LAS ARQUITECTURAS FUNERARIAS: EL CLAUSTRO EVANGELICI DE LA CARTUJA DE BOLONIA

Michele Russo^{ad}, Paolo Fregomeni^{be}, Sergio Cariani^{cf},

^aSapienza University of Rome, Rome, Italy

^bStudio Errealcubo, Bologna, Italy

^cStudio Cariani, Ospital Monacale, Italy

^dm.russo@uniroma1.it, ^epaolofregomeni@errealcubo.com, ^fida23@studiocariani.net

How to cite: Russo, M.; Fregomeni, P.; Cariani, S. (2024). *Survey and representation of funerary architectures: the evangelical cloister in the charterhouse of Bologna*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 352-361. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

The survey, representation, and analysis of portions of monumental cemeteries is an open topic. These areas were introduced in Italy between 1804 and 1814 following the Napoleonic edict, defining very interesting architectonic and sculptural spaces. Over two centuries, the need to begin preliminary work to analyze surface and structural deterioration often becomes essential, defining strategies for conservation and intervention. In this cognitive process, the use of 3D surveying methodologies allows the acquisition of these complex spaces, enabling their interpretation and analysis of shapes by drawing. The case study discussed is the Cloister of the Evangelicals or A Catholics, built in Bologna in 1822 and dedicated to people of faith other than Roman Catholic. The space is within the cemetery of the Certosa di Bologna, founded in 1801, and the container of a vast heritage of paintings and sculptures and a UNESCO World Heritage Site since 2021. The research illustrates, on the one hand, the process of data acquisition and restitution, which allowed us to define the basis for mapping and analysis of the state of structural conservation. However, the complexity level and the scale variation define bottlenecks in both acquisition and restitution. Some formal rules and exceptions are also highlighted through a geometric-proportional analysis, showing a complete path of reading and analysis of an example of funerary architecture.

Keywords: 3D Acquisition, Funerary Representations, Geometrical Analysis, Conservation Mapping.

Resumen

El estudio, la representación y el análisis de partes de cementerios monumentales es un tema abierto. Estas áreas se introdujeron en Italia entre 1804 y 1814 a raíz del edicto napoleónico, definiendo espacios arquitectónicos y escultóricos de gran interés. A lo largo de dos siglos, la necesidad de iniciar trabajos preliminares para analizar el deterioro superficial y estructural se hace a menudo imprescindible, definiendo estrategias de conservación e intervención. En este proceso cognitivo, el uso de metodologías de digitalización 3D permite la adquisición de estos espacios complejos, posibilitando su interpretación y el análisis de las formas mediante el dibujo. El caso de estudio analizado es el Claustro de los Evangélicos o Acatólicos, construido en Bolonia en 1822 y dedicado a personas de fe distinta a la católica romana. El espacio se encuentra dentro del cementerio de la Certosa di Bologna, fundado

en 1801, y contenedor de un vasto patrimonio de pinturas y esculturas y Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO desde 2021. La investigación ilustra, por un lado, el proceso de adquisición 3D y restitución de datos, que permitió definir las bases para la cartografía y el análisis del estado de conservación estructural. Sin embargo, el nivel de complejidad y la variación de escala definen cuellos de botella tanto en la adquisición como en la restitución. También se destacan algunas reglas formales y excepciones a través de un análisis geométrico-proporcional, mostrando un recorrido completo de lectura y análisis de un ejemplo de arquitectura funeraria.

Palabras clave: Digitalización 3D, Representaciones Funerarias, Análisis Geométrico, Mapas De Conservación.

1. Introduction

Architectural survey and representation techniques have reached an extremely high level of reliability. The application of increasingly high-performance active and passive 3D acquisition tools allows for capturing many shapes in the space at different levels of detail. In continuity, tools for data restitution enable the handling of vast amounts of heterogeneous information, defining the virtual context of interpreting the real object. In this well-established scenario, the research of a balance between the characteristics of the case study and the purpose of the survey and restitution process plays a central role, leading to optimized methodological solutions that fit the specific asset. Thus, the case study and its specificity are crucial in defining the survey methodology and choosing how to represent and analyze the architecture. In this sense, portions of monumental cemeteries are still an open issue, explored in depth by the research presented in the article. Monumental cemetery areas appear as a mix of architectural systems and sculptural examples, defining a strong variation in scale. Introduced in Italy between 1804 and 1814, over time they have acquired a central role in urban areas from many points of view. However, the need to start the analysis of surface and structural degradation has become an increasingly compelling requirement to define strategies for the conservation and intervention of these essential areas. In this cognitive process, the integrated use of 3D surveying methodologies is necessary to acquire these complex spaces, opening interpretation and shape analysis scenarios by drawing and representation instruments. This research analyzes the Cloister of the Evangelicals or A Catholics, framed within the cemetery of the Certosa of Bologna, founded in 1801 and declared a UNESCO World Heritage Site in 2021. The study deepens the data acquisition and restitution process, which made it possible to define the basis for mapping and analyzing the state for its structural conservation. Besides, formal rules are highlighted through a geometric-proportional analysis, showing a complete path of reading and research. The goal is to convey attention to a "minor" architectural typology by surveying, drawing, and representing activities, creating an updated and reliable knowledge model.

2. The Funerary architecture

The subject of funerary architecture is a vast field, spanning cultures, historical periods, and territories, expressing through monumental examples one of the high points of the period's architecture. Monumental Cemeteries were introduced in Europe after the 1800s as an answer for the post-Napoleonic bourgeoisie to give relevance to their burials without being able to afford devoted chapels. The Père-Lachaise in Paris, erected in the early XIX century, marks the birthplace of cemeteries decorated with large sculptures and monuments. From that time, other similar examples sprang up all over Europe. In Italy, the nation with the highest number of them on the continent, the famous Vantiniano in Brescia, the first monumental cemetery in the history of art, the Milan cemetery, the Pavia cemetery, the Messina cemetery, and the Staglieno cemetery were built. Following the period's style, these cemeteries became a territory of architectural experimentation for many architects (Fig. 1). In the early 2000s, the first associations to protect and enhance monumental cemeteries were

born. In Italy in 2016, a memorandum of understanding was signed defining monumental cemeteries as part of Italy's historical heritage. These conditions, combined with the need to preserve and conserve these places, a symbol of material and intangible culture for many cities, have led to many conservation and restoration projects in the last two decades. The geometric and textural 2D/3D survey is crucial in this knowledge pipeline, even if it can present multiple bottlenecks due to the variation in scale, acquisition conditions, and the presence of multiple materials [3]. Despite this level of richness and complexity, monumental areas have never gained much interest from the scientific community [1], [8], unlike, for example, hypogea [5] or specific monuments that are complex and dedicated to specific people [6]. The research about the Certosa di Bologna stems from the same desire to initiate a general program of analysis, restoration, and redevelopment of the Monumental Property of the area following the seismic events 2012.



Fig. 1. Images of monumental cemeteries: a) Vantiniano cemetery (Brescia); b) Milan cemetery; c) Verano cemetery; d) Staglieno cemetery.

2.1. The Charterhouse of Bologna

The Certosa cemetery in Bologna [4] was founded in 1801 by reusing the structures of the Carthusian convent built in 1334 and suppressed in 1796 [7]. The church of San Girolamo represents the lost importance of the convent. The fulcrum of the cemetery is the *Chiostro Terzo*, an accurate result of the local neoclassical culture where the initially painted tombs were later replaced by works in stucco and scagliola and - starting in the mid-19th century [2] - in marble and bronze.

The complex over the centuries results from an intricate layering of loggias, cloisters, and buildings ranging from the 15th century to the present, gradually taking on characters of progressive breadth and monumentality. The interior preserves a vast patrimony of paintings and sculptures created by almost all the Bologna artists active in the 19th and 20th centuries, evidence of the complex artistic, historical, and intellectual events of Bologna. Since 2021, the Certosa di Bologna has been declared a UNESCO World Heritage Site as part of the "Portici di Bologna" project (Fig. 2).



Fig. 2. Satellite view of the Charterhouse area (source: Google Earth) and from RPAS.

2.2. The Evangelical Cloister

Along the driveway leading to the entrance of the Charterhouse, on the west side, there is access to a small enclosure: the Cloister of the Evangelicals or A Catholics, dedicated to people of faiths other than Roman Catholic. Its purpose of the use is justified by the fact that, after the Jacobean period and with the return of the papal government in 1815, it was decided to subdivide the Charterhouse with camps and cloisters to accommodate different types of people. Today the area is bounded by four sides, three of which are enclosed by a simple and elegant Doric-style portico, and the fourth side is formed by the enclosure wall overlooking the driveway to the Charterhouse. To the north of the Cloister is a small enclosure that now preserves no burial grounds. Initially, it was reserved for burying prisoners, condemned, and executed. The Cloister initially (Fig. 3) consisted of three areas devoted to burial, with separate entrances. From the research, several transformations over time are collected mainly into four phases (Fig. 3):

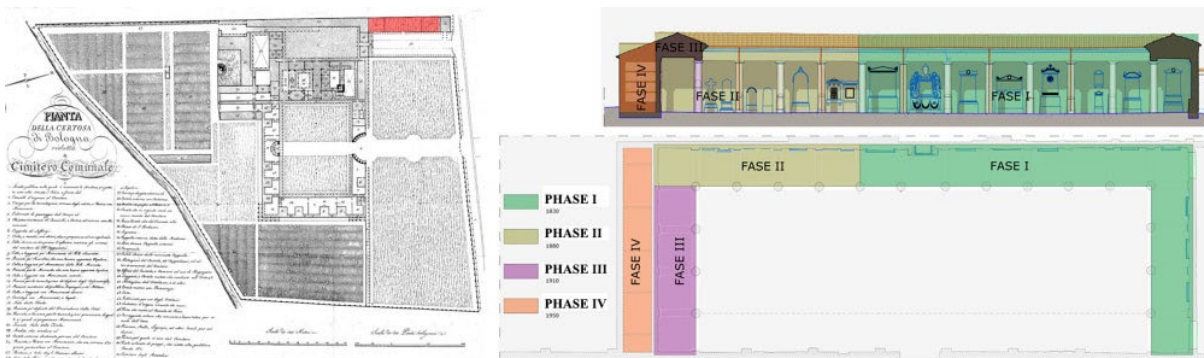


Fig. 3. On the left historical plan by Giovanni Zecchi (1828-29), on the right the 4 main historical phases.

- PHASE I: Original body: Built presumably between 1820 and 1840, it consisted of the north colonnaded body and partially the east colonnaded body. The original body already had the three central bays of portico aligned with the present gate (axis of symmetry).

- PHASE II AND PHASE III: Completion of the original body, with the construction of the remaining east colonnade, presumably made in 1880-1890, and later the new south colonnade body. While respecting the existing compositional typology, the south part used modern techniques, such as the external concrete entablature, and valuable finishes, such as the capitals of the pilasters in sandstone instead of plaster. These features place it in the early decades of the 1900s (1930-1940). This constructive asymmetry, highlighted by the materials, is amplified by the tympanum.

- PHASE IV: Extension involving the construction on the outer side of the south body of a later volume for wall burial niches. The intervention refers to the 1950s.

These phases are complemented by various interventions over time (Fig. 4), some of which compromised the system's stability along with the 2012 earthquake.



Fig. 4. Ground and drone images of the cloister.

3. Data Acquisition

Besides the iconographic and historical research completed to understand the evolution of the building, several survey and analysis campaigns were planned to gather as much information as possible for the consolidation and restoration project. For the sake of brevity, some of the analyses performed are listed below:

- Geometric and radiometric 3D survey of the entire area;
- Stratigraphic research of the films and finishes;
- Visual analysis of building elements by field surveys.
- Analysis of masonry and steel materials to assess seismic and structural vulnerability.

The geometric survey enabled annotation by mapping all information acquired in the field. This phase is discussed in more detail below.

3.1. Geometrical survey

During the design and execution of the survey, the high variation in scale and the presence of many shaded areas, created by both the colonnade and the tombs and lush vegetation, have been carefully considered. The survey planning involved the integration of active (phase variation 3D laser scanner) and passive (ground and drone photogrammetry) sensors. The 3D laser scanner (RTC360, Leica) enabled the rapid acquisition of the entire area, taking

advantage of real-time point cloud pre-alignment using VIS technology, which recognizes the instrument's movements in space by cameras.

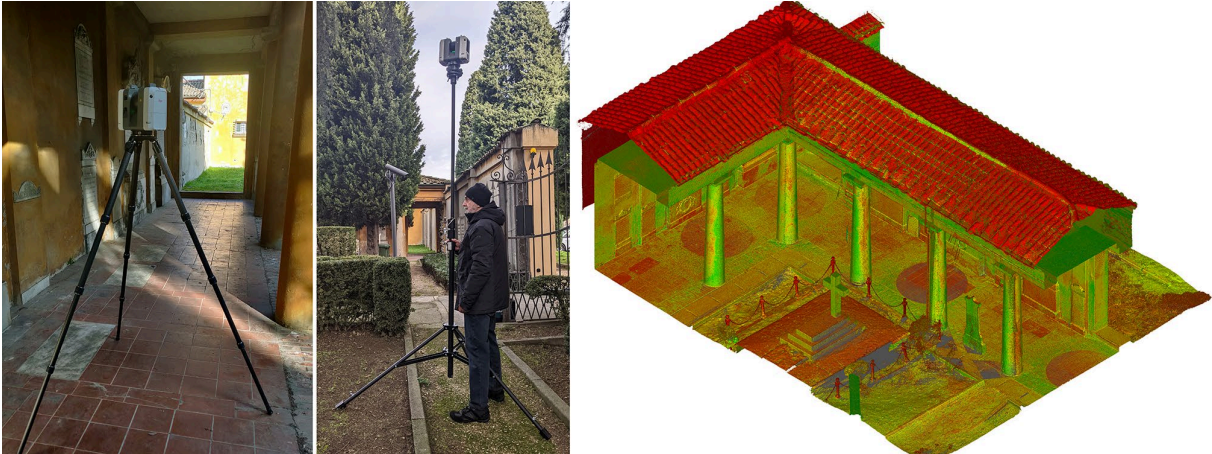


Fig. 5. Range-based acquisition phases and axonometric view of the point cloud of one cloister area.



Fig. 6. Ground and drone orthophotos of the cloister and deep map extracted from the point cloud.

Forty-two scans were acquired, most from the ground and some at 3 meters, thanks to a special tripod (Fig. 5). The clouds were aligned with an error of 5 mm, resulting in a final cloud of about 1.1×10^9 points that were subsampled at 5 mm resolution to optimize its handling. The data acquired with the laser scanner were used as a reference for the orientation of the photogrammetric images.

The RPAS photogrammetric acquisition project involved using the inoffensive Mavic Mini 2 (DJI) drone, which mounts an FC 7303 camera with a 3000 x 4000 pixel sensor and a 4.5 mm focal length. Two flights were planned at 50 and 20 meters altitudes, the first to frame the general area with a 14 mm GSD. The second, however, was devoted to the Cloister, with a GSD of 2.8 mm. Following an overlap of 60% and 80% in the two different directions, 285 images were acquired. Ground-based images were acquired with a rod using a DSC-HX60 camera (Sony) with a sensor of 5184 x 3456 pixels and a focal length of 4.5 mm to acquire the inner porch. The shooting distance of 7 meters from the bottom and 3 meters from the façade resulted in a GSD of 2 mm and 0.8 mm, respectively, acquiring 224 images. All images were oriented in the same 3D laser scanner reference system using 11 physical points acquired with the range-based system (Fig. 6).

4. Data Representation and Analysis

The integrated point cloud and orthophotos produced by the photogrammetric model defined the database for the architectural representation of the Cloister. The richness of the details and the need to map the entire crack framework required a 1:50 and 1:20 scale representation (Fig. 7). Some peculiarities, such as the truncated cone columns, were found during this latter (Fig. 7).

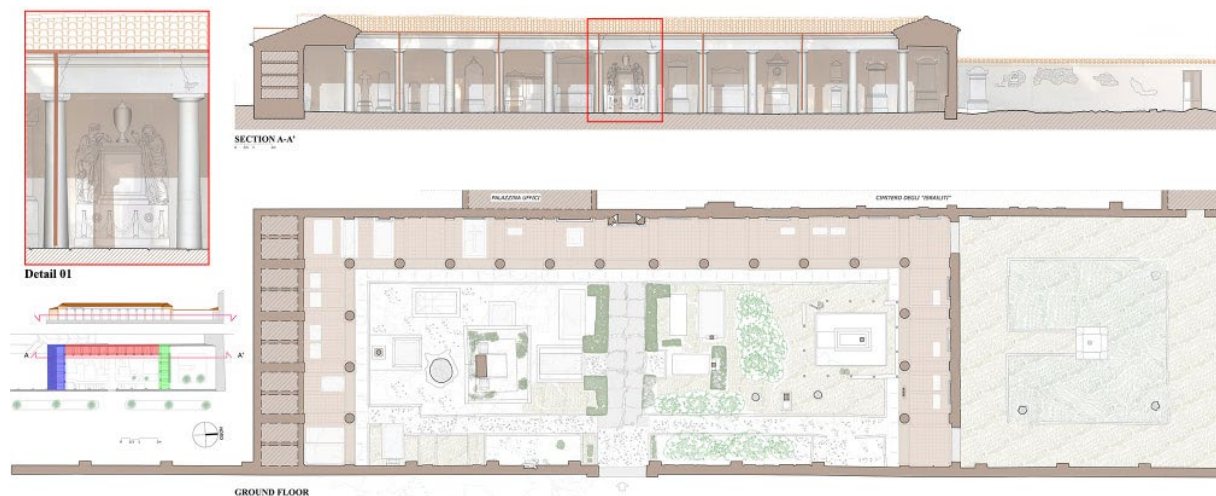


Fig. 7. Plan, elevation of one side and detail of the cloister, scale 1:50 and scale 1:20.

Following the representations, all lesions on the plan and elevations were mapped. During the crack mapping phase, some analyses were carried out, such as the twisting of the cloister dividing wall from the main avenue (Fig. 8). The cracks mapping is one of the crucial representation products that, together with careful photographic reportage, is fundamental for structural engineers to define the consolidation project, integrating this information with in situ tests.

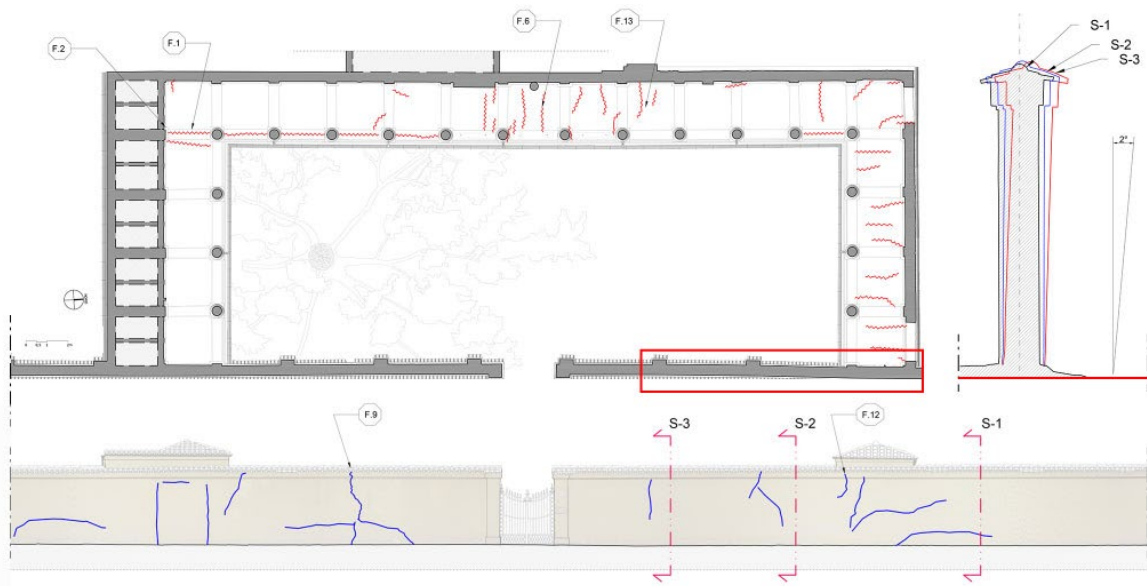


Fig. 8. Hypography of the floor plan and foreign elevation with mapped lesions. In detail, masonry torsion with out-of-plumb calculations.

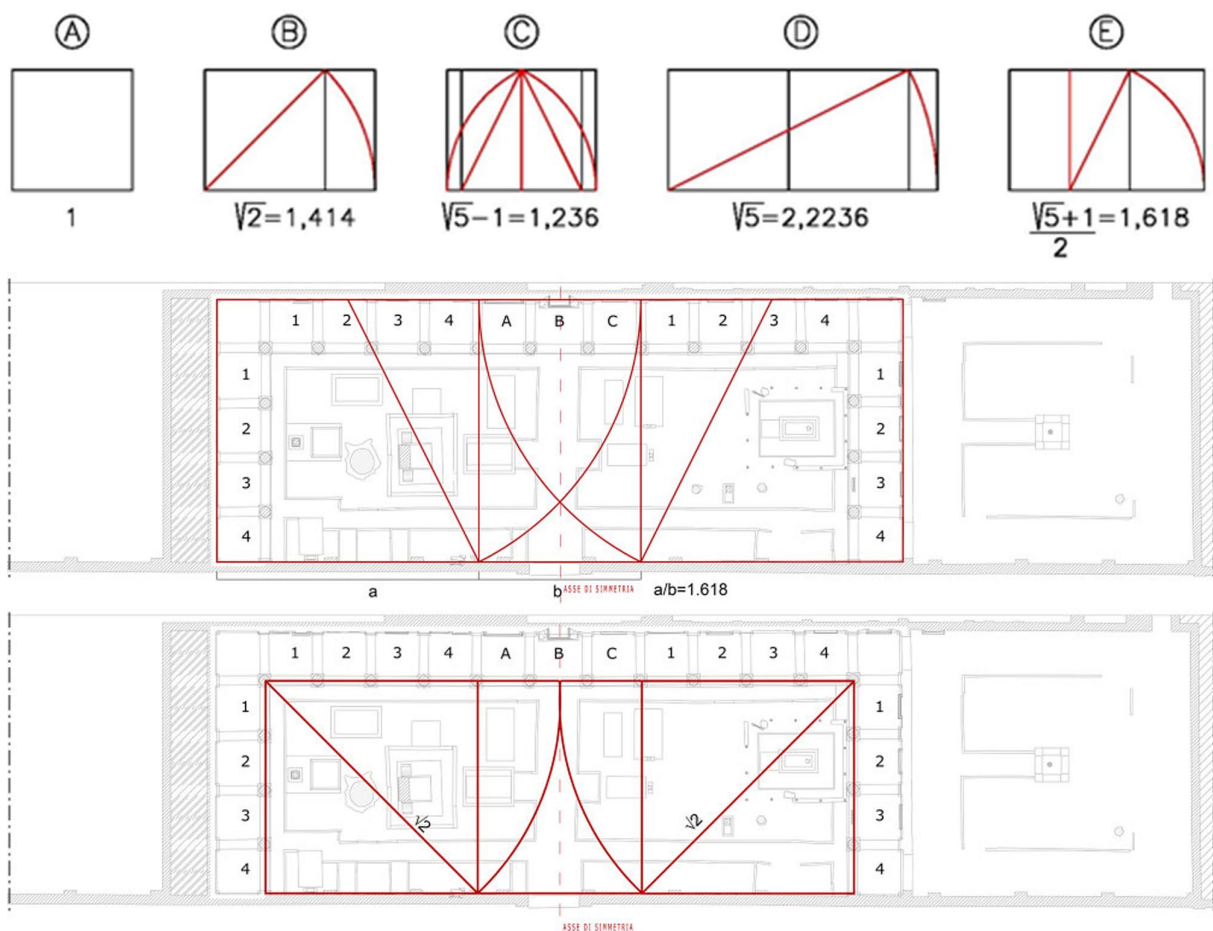


Fig. 9. Modular elements used for the proportion analysis and modular analysis in plan of the cloister.

A graphic analysis of the building forms presents in the structure followed this step. The architecture presents a unified geometric setting resulting from the use of the geometry of the square in its derived forms (Fig. 9). The extracted proportions (Fig. 9-10) are the results of rules and tracings to place open spaces, columns, and pilasters horizontally or vertically. The

human eye perceives these proportions as they constitute harmonic relationships between them. It has been the case since PHASE I, which saw the creation of the three central bays (a-b-a) fulcrum of the geometry of the Cloister, together with the north body.

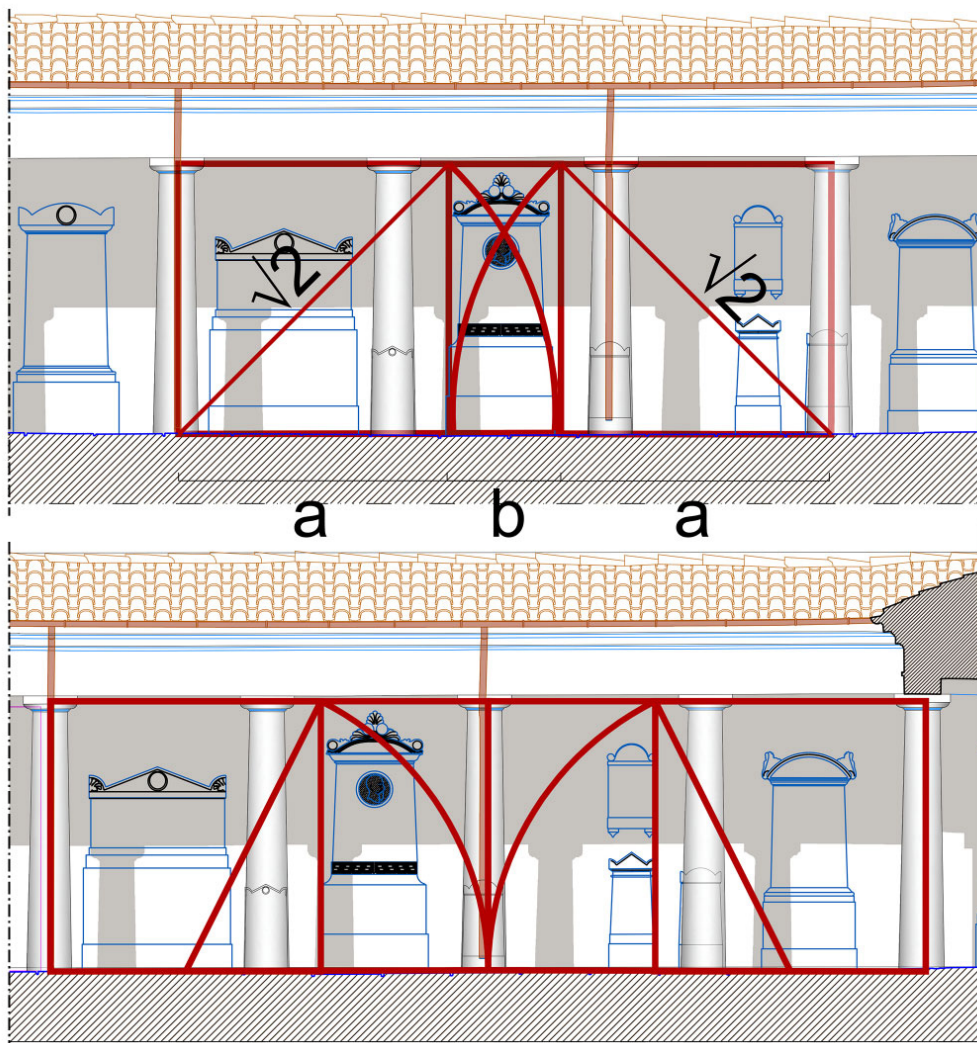


Fig. 10. Modular analysis in the central and lateral façade of the cloister.

5. Conclusions

The research deals with the topic of survey and representation of funerary architecture. In particular, the Cloister of the Evangelists within the Certosa of Bologna is explored. The study shows how this type of artifact contains a great wealth in historical, artistic, and sculptural terms, with a complex evolution. Using an integrated surveying process and the tools proper for representation allowed the construction of a fundamental knowledge model to understand this complexity better, building the basis for future interventions while defining good practices scalable to other similar environments within the Certosa area.

6. References

- [1] Barlozzini, P., Carnevali, L., Lanfranchi, F. (2022). Studi sull'ingresso monumentale al cimitero Verano di Roma. In *XIX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica tenutosi a Cartagena* (pp. 531-534). Cartagena, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena.
- [2] Ceccarelli, F. (2016). Il cimitero della Certosa a Bologna in età napoleonica. In M. Incerti, *La Certosa di Ferrara. Una città nella città* (pp. 143-157), Bologna: Bononia University Press.
- [3] Ciuffreda, A. L., Juarez Alonso, E., Patti, P., & Soldaini, S. (2017). The Ruspoli Chapel at the Porte Sante Cemetery in Florence. Material and diagnostic survey for conservation. *Studies in Digital Heritage*, 1(2), 671–681. <https://doi.org/10.14434/sdh.v1i2.23211>
- [4] Raule, A. (1961). *La certosa di Bologna*. Bologna: Nanni.
- [5] Saulli, T., Wahbeh, W., & Nardinocchi, C. (2018). 3D survey and digital models as the first documentation of hypogeum of S. Saba in Rome. *Appl Geomat*, 10, 377–384. <https://doi.org/10.1007/s12518-018-0244-0>
- [6] Szabó, B., Laszlovszky, J., Fehér, A., Bödő, G., Dabronaki, G., Hadzijanisz, K., Lovas, R., Pipis, L., Surina, D., & Vári, B. (2017). High precision laser scanning assisting in the service of historical and art historical research. The burial monument of Queen Gertrude (13th century). *Studies in Digital Heritage*, 1(2), 501–517. <https://doi.org/10.14434/sdh.v1i2.23420>
- [7] Zecchi, G. (1825). *Collezione dei monumenti sepolcrali del cimitero di Bologna*, Vol. 1, Bologna: Contrada Porta Nuova Giovanni Zecchi.
- [8] Zerbinatti, M. (2020), La manutenzione programmata di architetture e opere di arte funeraria tra obiettivi e complessità. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Monumental & Multicultural Cemeteries (MMC3): Knowledge, Conservation & Reuse, Restyling & Innovation*. Italy: CICOP.

Acknowledgments and authorship attribution

The authors would like to thank Dr. Mirko Lelli and Dr. Anna Vitale of the Municipality of Bologna and Dr. Cinzia Barbieri of the Bologna Cemetery Services for allowing access to the spaces and initiating the investigations that led to the published results. The authors also state that they participated to an equal extent in the experimental part, while in the drafting of the text M.R. was responsible for paragraphs 1, 2 and 5, P.F. for paragraph 3 and S.C. for paragraph 4.

INTERACTIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS: FROM MODELLING TO ARCHITECTURAL EXPLORATION

ENTORNOS VIRTUALES INTERACTIVOS: DEL MODELADO A LA EXPLORACIÓN ARQUITECTÓNICA

Anna Sanseverino^{ad}, Carla Ferreyra^{be}, Victoria Ferraris^{cf},

^a Università degli Studi di Pavia, Pavia, Itali

^b Università degli Studi di Salerno, Salerno, Itali

^c Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

^danna.sanseverino@unipv.it, ^ecferreyra@unisa.it, ^fvictoria.ferraris@unc.edu.ar

How to cite: Sanseverino, A.; Ferreyra, C.; Ferraris, V. (2024). *Interactive virtual environments: from modelling to architectural exploration*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 362-373.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

To attract students' attention and communicate cultural content, computer applications are increasingly being used. The pedagogical potential of new technologies and their trend towards graphical representation and advanced visualisation techniques are clearly evident.

Within the scope of an interdisciplinary master's degree project in building engineering and architecture, new didactic techniques based on the integration of virtual reconstructions in spatial infographic systems have been explored, using graphic representation as a transversal approach to inspect, analyse and explore different architectural objects.

With the aim of generating inspectable models, emblematic examples of the Modern movement architecture by Le Corbusier have been selected: the Curutchet House and Villa Savoye.

The applied methodology was developed following well-defined stages, starting with the analysis of the architectural style, going through a process of simplification and object-oriented modelling, then the visualisation process, assigning textures and materials to the elements and, finally, the diffusion and exploration of the architecture.

Digitisation and the design of new tools for exploring architecture not only increase the user's sense of presence in the virtual environment but also make it possible to perceive it from different perspectives. Students will feel as if they are physically present in the virtual world, an extraordinarily enriching experience, and an almost unique recreation of extended visualisation technologies.

The digital model allows practical cases to be examined in a way that would not be possible with the actual physical object. This will allow a wide academic audience, from anywhere and at any time, to experience and investigate architecture.

Keywords: 3D Reconstruction, Visualisation, Modern Architecture, Teaching.

Para atraer la atención de los alumnos y comunicar contenidos culturales, se recurre cada vez más a aplicaciones informáticas. El potencial pedagógico de las nuevas tecnologías y su tendencia hacia la representación gráfica, explorando las técnicas avanzadas de visualización es, claramente, evidente.

En el ámbito de un proyecto interdisciplinar, han sido exploradas técnicas didácticas basadas en la integración de reconstrucciones virtuales en sistemas infográficos espaciales, utilizando la representación gráfica como enfoque transversal para inspeccionar, analizar y explorar diferentes objetos arquitectónicos.

Con el objetivo de generar modelos inspeccionables, han sido seleccionados ejemplos emblemáticos de la arquitectura del movimiento Moderno de Le Corbusier: Casa Curutchet y Villa Savoye.

La metodología aplicada ha sido desarrollada siguiendo etapas bien definidas, comenzando por el análisis del estilo arquitectónico, pasando por un proceso de simplificación y modelización object-oriented, asignación de texturas y materiales a los elementos y, por último, la difusión y exploración de la arquitectura.

La digitalización y el diseño de nuevas herramientas para explorar la arquitectura no sólo aumentan la sensación de presencia del usuario en el entorno virtual, sino que permiten percibirlo desde distintas perspectivas. Los estudiantes se sentirán como si estuvieran físicamente presentes en el mundo virtual, una experiencia extraordinariamente enriquecedora y una recreación casi única de las tecnologías de visualización ampliadas.

El modelo digital permite examinar casos prácticos de una forma que no sería posible con el objeto físico real. Esto permitirá a un amplio público académico, desde cualquier lugar y en cualquier momento, experimentar e investigar la arquitectura.

Palabras clave: Reconstrucción 3D, Visualización, Arquitectura Moderna, Educación.

1. Introduction

With the development of digital technologies, graphic expression in the field of AEC, has for several years been giving rise to edutainment models that promote the dissemination and study of architecture. In fact, experimentation in the field of digitalisation has promoted the development of virtual spaces and interactive applications. In this context, immersive virtual reality technologies, including the "serious games" sector, are growing rapidly [1].

Within the scope of an interdisciplinary project of the subjects Architectural Drawing II and Computer Graphics of the Master's Degree programme in Building Engineering-Architecture of the University of Salerno, new didactic techniques based on virtual reconstruction in spatial infographic systems have been explored, using graphical representation as a transversal approach to inspect, analyse and explore different architectural objects. The aim of this work is to propose good practices and guidelines on "experience design" prompting an innovative, participative, and integrative approach to architecture, its representation and communication, thus fostering the digital transition in the academic field.

The idea of the experience is to provide students with the tools to understand and analyse the world of architecture in depth. Two case studies were chosen for the experience, both "machines for living in" by Le Corbusier: Villa Savoye, considered the paradigm of international architecture, and the house of Doctor Pedro Curutchet in La Plata, Argentina. It was necessary to create a new architecture, and Le Corbusier founded it around his five basic points, concepts that were used by the students for modelling. Seeking to simplify their work, the students realised that, although initially time-consuming, the most effective way to approach the task was to break down the architecture into elementary units, the so-called architectural generators. This resulted in an ideal strategic learning experience in which students have the opportunity to walk through iconic architectures, without the need to physically be into them.

1.1 State of the Art

Previous generations of architects travelled around Europe documenting the antiquities with a sketchbook in their hands. The “Grand Tour” was a required formation period on the path to achieving the “Architect” status. Particularly, Le Corbusier was among those designers capable of understanding the worth of history and the cultural value of tradition tying cultural heritage and modern architecture. Still today, the act of drawing represents the preferential mean to read a built asset or an urban space, getting to discretise it to its elemental generative components, i.e., its very lemmas, via schematisation and geometrical representation [2,3].

On the other hand, the “digital natives”, i.e., the generation currently attending universities, are both somehow experts when it comes to advanced digital representations and unaware of how the mechanisms of architecture construction work in a world where the lines between images of “invented truths” and reality are increasingly blurred. Therefore, educators play a crucial role in providing naïve audiences with the tools for understanding and analysing the physical world and becoming able to semantise it. How best to understand architecture is to be able to read the flow and balance of the space it creates [2], which is why recreating digital spaces that can be intuitively investigated becomes an effective way to understand even what seems far away. If drawing – and later modelling – and design started as synonyms became antonyms over time, opposing the concept of analysis architecture to the act of creating it. It is then mandatory to reconcile this dichotomy by leading the students through a process of awareness in rediscovering the past so as to build a solid foundation for their future work life. Unfortunately, not all students have the opportunity to walk the buildings they study in books; therefore, it is necessary to rethink the pedagogical strategies to improve current learning experiences.



Fig. 1. Picture of Casa Curutchet (left) [4] and Ville Savoye (right).

In the last three years, physical access to cultural heritage has become even more challenging, so it was necessary to experiment with innovative solutions regarding digital surveying [5,6] and remote reconstruction techniques [7,8], involving the academic community in such a multidisciplinary topic. In other words, the process of democratising the dissemination of cultural heritage is moving in the direction of reconciling the detachment between the scientific community and average stakeholders through integrated digital storytelling strategies [9].

1.1. Objective

Involving the students in shared modelling procedures is nowadays a consolidated approach in the field of architectural representation [10,11] to educate them on the benefits and drawbacks of teamwork while learning the structural functioning of buildings breaking them down into their components to be modelled separately to reassemble them later [12–14].

From a systemic perspective, art and heritage should be analysed as complexity and not as isolated entities where the information architecture is defined precisely in relation to the heritage itself. The tangible and intangible heritage merge into the virtual, which allows the end-user to get closer through the so-called learning by interacting, where amusement and edutainment merge [15]. This prompted the idea of guiding students new to architectural representation in an object-oriented approach to 3D modelling validated through real-time rendering applications, which are additionally optimised for posterior virtualisation of the asset under investigation.

2. Method and Research Process

Whereas every architect or just architecture enthusiast is familiar with such an iconic work of modern architecture as the Ville Savoye by Swiss architects Le Corbusier and Pierre Jeanneret – a private residence located in Poissy – not so well known to most is the Curutchet House, Le Corbusier's only work in South America, commissioned by surgeon Pedro Domingo Curutchet in 1948, listed in 2016 as UNESCO World Heritage, and whose construction was directed by local architect Amancio Williams (Fig. 1).

Ville Savoye, built as an isolated villa, is the manifesto of rationalist building poetics featuring three levels organised as a continuous flow of spaces around a large central ramp and further connected vertically by spiral staircases (Fig. 2). In it, the renowned five principles of architecture are represented in an almost didactic manner: (1) the ground level supported by "Pilotis", to elevate the building from the ground and allow the garden to blend with the inner space; (2) the garden/terrace roof, as an insulating element partially restoring the natural space occupied by the building; (3) the floor plan with no load-bearing walls, owing to the introduction of the reinforced concrete frame structure, which allows the interior space to be freely composed; (4) the neat-cut in the perimetral walls by means of long horizontal windows for illumination and ventilation purposes; (5) the freely designed facades that merely provide the skin of the building.

On the other hand, whilst the Curutchet house incorporates all the elements of rationalist architecture, Amancio Williams had the challenging task of adapting Le Corbusier's design to a modestly sized lot, less than 200 square meters [16], located in the middle of the city with an axis inclined at about 45 degrees to the municipal line. The house extends outwards, blending with a beautiful sunny square and the forest of La Plata [17].

The outside space seems to be channelled from the inside forming a harmonious façade encapsulated among neoclassic buildings. The skin of the building stems from the rooms beneath, but at the same time feels as if it were constructed from modular elements arranged in an irregular grid to balance openness and closure. Through the columns-framed entrance and the almost hidden blue door, the visitor can access the ramp connecting the inner spaces located at different intermediate heights. Like a ribbon, the ramp floats over the courtyard garden, revolving around a central tree. On the first floor, there are the consulting spaces of the private medical office of the owner of the house; even though one could think that the cubicles would cut the fluidity of the space, in reality, their masterful interplay of light and shadows further exalts the internal-external relationship [18].

Planes and volumes are perfectly equilibrated in a sensitive continuity and, by climbing up around the tree in the middle, the ramp finally leads to the terrace garden, whose lawn looked like a leap from the house's park before being replaced with arid tiles. The horizontal screen hanging over the terrace like a canopy strongly remarks the continuity with the park [18].

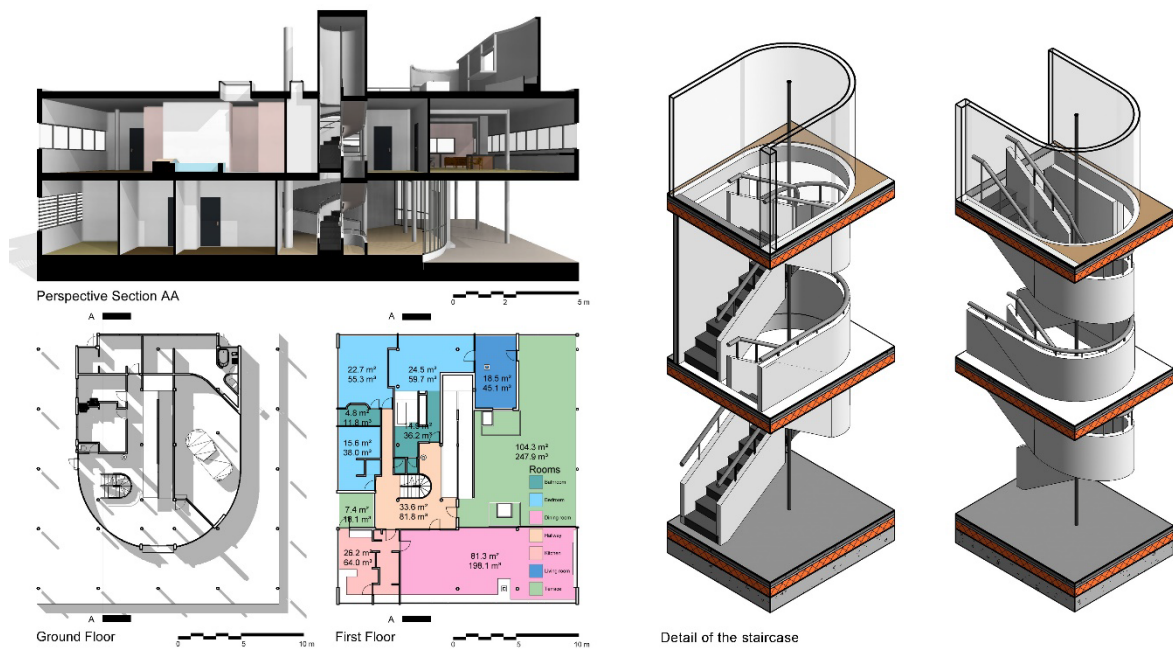


Fig. 2. Technical Drawings of Ville Savoye. Authors' Elaboration based on the work of "Computer Graphics" Students: Andrea de Luca, Andrea Matrone, Ilenia Mauro, Carlotta Mellone, Giuseppe Pecoraro Scanio, and Angela Pierri.

Namely, the strength of Le Corbusier's design is the flowing spatiality resulting from a sincere dialogue between opposites that manage to coexist peacefully: mathematics and perception, objective and subjective experience, geometric rules and plasticity, unity and breakage, fullness and emptiness, structural order, and visual variety [16]. Therefore, these artworks are best suited to the interactive teaching of modelling techniques, starting with the static discretisation of their elementary components and culminating in the dynamic experience of the virtually reconstructed architectural assets through real-time rendering tools.

2.1. An Object-Oriented approach

The collaborative approach involving second-year students of the "Architectural Drawing II" course and the third years of the "Computer Graphics" course – degree programme in "Building Engineering-Architecture" held at the University of Salerno, academic years 2020/21 and 2021/22 – concerned the introduction to three-dimensional modelling techniques with an eye to the HBIM (Historic Building Information Modelling) methodology [19,20]. Particularly, the second years focused on the object-oriented aspect of BIM modelling working in the Trimble SketchUp environment, decomposing the Curutchet house into its constructive generative components to set the environment for optimised visualisation; on the other hand, the third years developed a few models of Ville Savoye within the Autodesk Revit software environment, enriched with both constructive information and PBR (Physically Based Rendering)[21] materials to fulfil the BIM paradigm.

Indeed, upon setting up an informative system of a built asset, a few propaedeutic choices have to be undertaken regarding the rate of replicability, standardisation, and interoperability we want to achieve [22]. The particular 3D objects that characterise the built heritage can be designed as fully parametric, totally "in-place", or as somewhat in-between, e.g., they can be generated with a non-BIM authoring tool and only afterwards imported into such software to be enriched with non-geometric information [9]. Additionally, non-native software environments, such as SketchUp, blender, freeCAD, and so on [23], support BIM

plug-ins that allow assigning IFC categories and additional textual properties to the constructive components provided they have been accurately broken down.

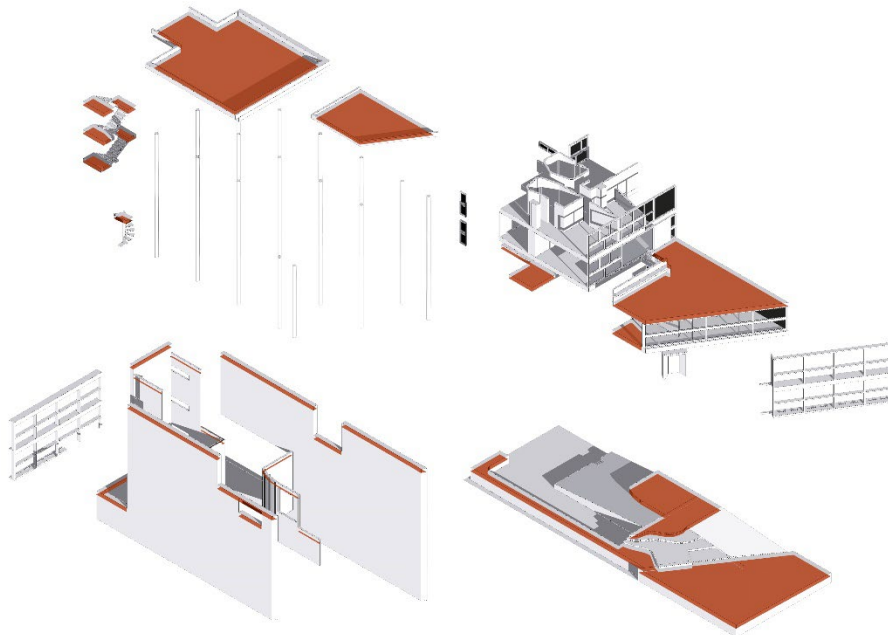


Fig. 3. Exploded axonometric of Casa Curutchet. Authors' Elaboration based on the work of "Architectural Drawing II" Student: Sara Mattia.

For this purpose, in both cases, we first encouraged the student to analyse the architecture under study in-depth to look for the elemental generators. Thus, the Casa Curutchet was ensembled via "Solid Components" in SketchUp. Albeit hollow, once created, these elements can be placed multiple times by just recalling their "name" from the dedicated panel; moreover, upon modifying one of them, all the other instances will be adjusted accordingly. Furthermore, working with elements identified as "Solids" also allows for boolean operations between them in order to simulate the real joint among physical parts (Fig. 3).

As far as Ville Savoye is concerned, the third-year students of the "Computer Graphics" proceeded to model the elements representative of the five principles of modern architecture mostly as "loadable" parametrised families, fitting them to the original design. Peculiar structures, such as the central ramp and the peculiar staircases, were modelled as a combination of "system families", "in-place" models and also "loadable" elements. Furthermore, additional constructive information was provided.

Realistic 3D environments offer the possibility of immersive and realistic reconstructions of events and context, thus facilitating learning and heritage awareness [1]. To this mean, in both modelling experiences, the students employed downloadable PBR materials to more accurately reproduce the specific ambience of the houses – photorealistic renderings were generated for Ville Savoye (Fig. 6) – and went even further by experimenting with, to some extent, surreal settings in the case of the Casa Curutchet (Figs. 4 and 5).

"[...] But all of a sudden, you touch my heart, you make me feel good, I am happy, I say: this is beautiful. This is the architecture. The art is here...", Le Corbusier ^[24].

Thus, alongside directly assessing the adequacy of their work, they also had the chance to experiment with virtual exploring distant architectures via the real-time rendering plug-in Chaos Enscape, both in SketchUp and Revit. Namely, Enscape also provided the possibility of georeferencing the models and downloading the urban context from Open Street map, i.e., it was instrumental in framing the Curutchet house within its environment, making it possible to

better understand some design choices undertaken by Amancio Williams in adapting the Le Corbusier original project to the La Plata city context (Fig. 7).



Fig. 4. Rendered views of Casa Curutchet exteriors. Authors' Elaboration based on the work of "Architectural Drawing II" Students: Gaia Agovino, Barbara Ferraro, Annapia Potolicchio, and Francesca Stanzione.



Fig. 5. Rendered views of Casa Curutchet interiors. Authors' Elaboration based on the work of "Architectural Drawing II" Students: Gaia Agovino, Alessia Curcio, Palmira Montella, and Nella Pagano.



Fig. 6. Rendered views of Ville Savoye. Authors' Elaboration based on the work of "Computer Graphics"
 Students: Andrea de Luca, Andrea Matrone, Ilenia Mauro, Carlotta Mellone, Giuseppe Pecoraro
 Scanio, and Angela Pierri.

3. Results

"Then we have computer science. It is true that software cannot exercise its powers of lightness except through the weight of hardware. But it is the software that gives the orders, acting on the outside world and on machines that exist only as functions of software and evolve so that they can work out ever more complex programs.", Italo Calvino [25].

The experimented teaching techniques mixed with interactive virtual environments fostered the so-called "learning while playing" [26,27] approach, which led to optimal results for each student group involved. All of them managed to successfully pass the exams going, in most cases, far beyond the minimum requirements.

The main advantages of using this type of virtualisation technique lie in the possibility of querying, modifying, and updating intelligent objects within a single software environment. In addition, the use of advanced textures/materials makes it possible to simulate in an increasingly realistic fashion – in line with the advancing development of integrated rendering technologies – scenarios that make it easier for both specialists and less experienced users to understand and dialogue with architectures that would otherwise be inaccessible, especially for distance-related issues.

The resulting products are also already optimised for virtual reality applications, real-time virtual walks, and exporting standalone models, as well as for the generation of 360° panoramas ready to be implemented in virtual tour applications (Fig. 8).

The versatility of the developed work methodology appears evident, i.e., it enables the elaboration of a plethora of outputs, most accessible online without having to download any proprietary software, by operating just a few small modifications, with informative and interactive features that can be adjusted according to the specific requirements and the intended stakeholders.

4. Conclusions

Digitisation and the development of new tools for exploring architecture not only increase the user's sense of presence in the virtual environment, but also make it possible to perceive it from different perspectives. With the exposed activity, students will feel as if they are physically present in the virtual world: an extraordinarily enriching experience and an almost unique recreation of extended visualisation technologies.



Fig. 7. Rendering of Casa Curutchet framed in its urban context visualised within the Chaos Escape software environment. Authors' Elaboration.

The digital model allows practical cases to be examined in a way that would not be possible with the real physical object. They allow remote analysis of objects from all possible angles, improve surface visibility, enable the generation of technical drawings, and even automate measurements. This will allow a wide academic audience, from anywhere and at any time, to experience and research architecture.

Applied research avenues include the development of data and AI-based services, advanced design thinking methodologies, interaction design, user experience and user engagement for the use and dissemination of architecture, and educational design models that ensure engagement and inclusion in museums and cultural services, for research, innovation, training and technology transfer in the strategic area of building.

The usefulness of 3D models is not only academic, as these new technologies allow for different forms of interaction with the public. Students will be able to take a virtual tour of a given architecture in their classroom. This change in the way information relates to the public can bring the past to life for people and make the field of architecture more accessible to a wider audience.

This experience was part of a series of workshops and exchanges between the universities and once again opened up new possibilities for research and teamwork. The interaction between professors and students and the cultural exchange became the basis for the construction of shared knowledge and further strengthened the collaboration and understanding between the different countries involved in this experience.

The graphical user interfaces allow easy direct input of data and simplify the use also for non-experts in AEC and enable collaboration between the many figures involved in the construction process, such as architects, engineers, and others. Therefore, the possibilities offered by digital practice, from virtual reconstruction to three-dimensional environments and interaction with digitised architecture, constitute new frontiers for digital design. Through simulated experience, the human experience of a situation through computer technology will potentially be like a walk through the real situation.



Fig. 8. Panoramic images of Ville Savoye ground floor – with highlighted the equirectangular diagram used to build 360° images – produced via Chaos Enscape. Authors' Elaboration.

5. Acknowledgements

The authors would like to thank Professor Salvatore Barba for promoting the teaching and research activities of the Laboratorio Modelli of the Department of Civil Engineering of the University of Salerno; Dr Davide Barbato and the PhD Students Caterina Gabriella Guida and Lorena Centarti for their contribution to the didactic activities – developed under the supervision of Professor Barbara Messina – of the Computer Graphics and Architectural Drawing II courses of the Building Engineering-Architecture Degree Programme at the University of Salerno in making this a successful experience.

6. Bibliographical References

- [1] Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.004>
- [2] Docci, M., Chiavoni, E., & Carbonari, F. (2019). *Saber leer la arquitectura* (1st ed.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Edulp).
- [3] Ferraris, R., Barba, S., & Olivero, L. (2014). La bitácora de viaje: aprehensión y transferencia en los procesos de aprendizaje. *EGA, 15° Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1037–1043.
- [4] Wikiarquitectura. (2007). Curutchet House. Retrieved April 11, 2022, from <https://en.wikiarquitectura.com/building/curutchet-house/>
- [5] Barba, S., Sanseverino, A., & Ferreyra, C. (2022). Documentation and Appreciation of the Architecture and District of Coromandel in South Africa. In A. Zamboni & E. Peres (Eds.), *Creating Coromandel, Marco Zanuso in South Africa* (pp. 196–200). Artefice Press.
- [6] Palestini, C., & Basso, A. (2021). Remote sensing: a Metonym for Experimentation between Teaching and Research. In A. Arena, M. Arena, D. Mediatì, & P. Raffa (Eds.), *Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies*.

- Proceedings of the 42nd International Conference of Representation Disciplines Teachers* (pp. 2513–2534). FrancoAngeli srl. <https://doi.org/10.3280/oa-693.141>
- [7] Apollonio, F., Fallavollita, F., Giovannini, E. C., Corso, S., & Foschi, R. (2017). The reconstruction of drawn architecture. *Studies in Digital Heritage*, 1(2), 380–395. <https://doi.org/10.14434/sdh.v1i2.23243>
- [8] Picchio, F., & Galasso, F. (2022). Telling the Invisible. Graphic Strategies for the Narration of the Roman necropolis of Porta Palio in Verona. In M. A. Ródenas-López, J. Calvo-López, & M. Salcedo-Galera (Eds.), *Architectural Graphics. Volume 1 - Graphics for Analysis* (pp. 324–331). Springer International Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-04632-2>
- [9] Lo Turco, M., Giovannini, E. C., & Tomalini, A. (2022). Parametric and Visual Programming BIM Applied to Museums, Linking Container and Content. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 411.1-411.14. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070411>
- [10] Calvano, M., Lo Turco, M., Giovannini, C. E., & Tomalini, A. (2020). The Narrated Drawing. Explicating Algorithms for Teaching Digital Modelling. In A. Arena, M. Arena, R. G. Brandolino, D. Colistra, G. Ginex, D. Mediati, S. Nucifora, & P. Raffa (Eds.), *Connecting. Drawing for weaving relationships. Proceedings of the 42nd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. (pp. 196–215). FrancoAngeli srl. <https://www.researchgate.net/publication/344330125>
- [11] Geris, A., & Özdener, N. (2020). Design Models for Developing Educational Virtual Reality Environments: A Systematic Review. In G. Guazzaroni & A. S. Pillai (Eds.), *Virtual and Augmented Reality in Education, Art, and Museums* (pp. 1–22). IGI Global.
- [12] Chiabrando, F., Lo Turco, M., & Santagati, C. (2017). Digital invasions: From point clouds to historical building object modeling (H-BOM) of a UNESCO WHL site. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, XLII(2W3), 171–178. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-171-2017>
- [13] Doria, E., & Morandotti, M. (2023). Documentation, conservation, and reuse planning activities for disused cultural heritage. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 8(special issue), 30–47. <https://doi.org/10.4995/vitruvioijats.2023.18814>
- [14] Garagnani, S., & Cattoli, G. (2015). Virtual Modeling for Architecture: teaching today digital representation techniques to tomorrow's professional designers. *SCIRES-IT: SCientific REsearch and Information Technology*, 5(1). <https://doi.org/10.2423/i22394303v5n1p59>
- [15] Luigini, A., & Panciroli, C. (2018). Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio. In A. Luigini & C. Panciroli (Eds.), *Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio* (pp. 17–32). FrancoAngeli.
- [16] Conenna, C. (2014). La casa Curutchet: un poema arquitectónico de Le Corbusier en Argentina. *47 al Fondo*, 8(11), 18–21. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88815>
- [17] Massini, M. G., & Rodriguez, N. L. (2012). Una aproximación a la problemática relación entre arte y lo cotidiano: el caso de la Casa Curutchet. *Revista TRAZSOS DISEÑO*, 6, 34–47.
- [18] Almeida Curth, D. (2003). Casa Curutchet: semblanza. *47 al Fondo*, 7(10), 82–83. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88647>
- [19] Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image-based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>

- [20] Parrinello, S., & Dell'Amico, A. (2019). Experience of documentation for the accessibility of widespread cultural heritage. *Heritage*, 2(1), 1032–1044. <https://doi.org/10.3390/heritage2010067>
- [21] Mc Dermott, W. (2018). *The PBR Guide 2018 version* (C. Damez, N. Wirrmann, A. Bagard, P. Gresty, & C. Vance, Eds.; Third edition). Allegorithmic SAS.
- [22] Parrinello, S., Pontes, A. G. B., Picchio, F., Moreno, C. R., & López, E. R. (2019). An integrated system for documentation, analysis and management of the architectural heritage: The general and the parts of the generalife palace. *EGA Revista de Expresion Grafica Arquitectonica*, 24(35), 140–151. <https://doi.org/10.4995/ega.2019.9527>
- [23] Diara, F. (2022). HBIM Open Source: A Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi11090472>
- [24] Le Corbusier. (1925). *Vers une architecture* (11th ed.). Éditions Crès, Collection de "L'Esprit Nouveau."
- [25] Calvino, I. (1993). *Lezioni americane. Sei proposte per il prossimo millennio* (L. Baranelli, Ed.). Mondadori.
- [26] Bonacini, E., & Giaccone, S. C. (2022). Gamification and cultural institutions in cultural heritage promotion: a successful example from Italy. *Cultural Trends*, 31(1), 3–22. <https://doi.org/10.1080/09548963.2021.1910490>
- [27] Parrinello, S., Bercigli, M., & Bursich, D. (2017). From survey to 3d model and from 3d model to "videogame". The virtual reconstruction of a Roman Camp in Masada, Israel. *DISEGNARECON*, 10(19), 11.1-11.19.

LA RENOVACIÓN URBANA Y ARQUITECTÓNICA DE GUADALAJARA PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX

THE URBAN AND ARCHITECTURAL RENEWAL OF GUADALAJARA FIRST THIRD OF THE 20TH CENTURY

Antonio Miguel Trallero Sanz^a, Antonio Miguel Trallero Arroyo^b

Universidad de Alcalá, Madrid, Spain

^a antonio.trallero@uah.es, ^b miguel.trallero@edu.uah.es

How to cite: Trallero Sanz, A. M.; Trallero Arroyo, A. M. (2024). *The urban and architectural renewal of Guadalajara first third of the 20th century*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 374-386.
<https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Estudiar la transformación urbana y arquitectónica de la ciudad de Guadalajara tras su nombramiento como capital provincial y su vinculación con la pérdida de su carácter de ciudad conventual.

Para el desarrollo de este trabajo ha sido necesario conocer la trama urbana de la ciudad, tanto de la anterior a las reformas realizadas como de la resultante tras ella para poder compararlas con la actual, acudiendo a fuentes documentales, principalmente gráficas.

La metodología seguida ha sido la siguiente:

- A) Catalogación de los ámbitos urbanos y de las edificaciones a estudiar
- C) Estudio de las obras y de los conjuntos desaparecidos.
- D) Estudio de las transformaciones de los espacios urbanos
- E) Estudio y Definición de la "Nueva" Arquitectura.

Guadalajara llegó al siglo XIX sumida en una profunda crisis. La nueva división administrativa de España hizo que aumentase de forma considerable nuevas funciones, lo que coincidió con la disminución de otras, principalmente la religiosa, que hasta este siglo había determinado en gran medida la trama urbana de la ciudad

La modernización de la ciudad se planteó en el siglo XIX mediante importantes Reformas Interiores que no llegaron a ejecutarse hasta el primer tercio del siglo XX, haciéndose de manera parcial y casi siempre vinculadas a la desaparición o transformación de edificios religiosos.

Estas transformaciones supusieron para Guadalajara la pérdida de gran parte de su patrimonio arquitectónico y del carácter medieval de su trazado, modificando la fisonomía de la ciudad y permitiendo su renovación arquitectónica.

Este trabajo sirve para conocer y valorar las reformas realizadas que sirvieron para conferir un nuevo y personal carácter a Guadalajara que, aunque en gran medida todavía conserva su centro histórico, lo fue perdiendo a partir de los años sesenta del siglo pasado.

Palabras clave: Ciudad Conventual, Desamortización, Reformas interiores, Eclecticismo.

Abstract

Study the urban and architectural transformation of the city of Guadalajara after its appointment as provincial capital and its connection with the loss of its character as a convent city.

For the development of this work, it has been necessary to know the urban fabric of the city, both before the reforms carried out and the resultant one after it in order to be able to compare them with the current one, going to documentary sources, mainly graphic ones.

The methodology followed has been the following:

- A) Cataloging of urban areas and buildings to be studied
- C) Study of works and groups that have disappeared.
- D) Study of the transformations of urban spaces
- E) Study and Definition of the "New" Architecture.

Guadalajara arrived in the 19th century plunged into a deep crisis. The new administrative division of Spain led to a considerable increase in new functions, which coincided with the decrease in others, mainly religious, which until this century had largely determined the urban fabric of the city.

The modernization of the city was proposed in the 19th century through important Interior Reforms that were not carried out until the first third of the 20th century, being carried out partially and usually linked to the disappearance or transformation of religious buildings.

These transformations meant for Guadalajara the loss of a large part of its architectural heritage and the medieval character of its layout, modifying the appearance of the city and allowing its architectural renewal.

This work serves to know and appreciate the reforms carried out that served to confer a new and personal character to Guadalajara, which, although to a large extent still retains its historic center, was losing it from the sixties of the last century.

Keywords: Convent City, Confiscation, Interior reforms, Eclecticism.

1. Introducción

Se desconoce con exactitud el origen Guadalajara, habiendo sido identificado con distintas poblaciones romanas, principalmente con Arriaca, cuyos restos se han localizado, dentro de su término municipal, en la vega del río Henares. A pesar de ello, la ciudad de Guadalajara es la heredera de la población islámica conocida como "Wad-l-hiyara", y como "Medinat-al-Faray", una ciudad que nació con una clara función defensiva y una importancia militar determinada por su posición relevante en la Marca Media [2].

La ciudad fue creada con una clara función defensiva. Fue fortificada en tiempos de Abd al-Rahman III, momento en el que se construyó el puente que todavía se conserva sobre el río Henares. El lugar elegido fue una estrecha franja de terreno comprendida entre dos barrancos que desembocaban en el río Henares, lugar desde el que fue extendiéndose hacia el sur, por donde no existía ninguna barrera natural que lo impidiese.

Guadalajara, como otras muchas ciudades, contaba con un núcleo principal, rodeado de murallas que se adaptaba a la topografía del terreno y una serie de arrabales, de los que únicamente el de la Alcaallería, que probablemente fue el núcleo original de la población, estaba cercado. Aunque no se han descubierto los restos de la ciudad islámica, su trazado debió caracterizarse por contar con una malla de calles, que frecuentemente no eran más que los espacios dejaban entre sí las edificaciones, con un trazado sinuoso que en sus cruces dejaban unos pequeños espacios que configuraban pequeñas plazuelas. Las calles

principales eran las que servían para enlazar los accesos a la ciudad y conectarla con sus arrabales.

Tras la reconquista de la ciudad por Alfonso VI en el año 1085, el alcázar musulmán fue convertido en un palacio real cristiano, lo que supuso la atracción de numerosa nobleza. Para su organización, se construyó un entramado formado por diez parroquias, San Andrés, San Julián, Santo Tomé, San Esteban, San Miguel, Santa María, San Ginés, San Gil, San Nicolás y Santiago, que se mantuvieron hasta el siglo XIX.

En el siglo XV, la ciudad contaba con cuatro conventos, Santa Clara la Real, Nuestra Señora de la Merced, San Francisco y San Bernardo.

El asentamiento de Gonzalo Yáñez de Mendoza en Guadalajara en el siglo XIV y el engrandecimiento de esta familia en la ciudad determinó, en gran medida, el importante desarrollo que, principalmente en el siglo XVI, experimentó Guadalajara [7], lo que hizo que otras casas nobles se sintiesen atraídas hacia ella. En este siglo se fundaron seis nuevos conventos, Nuestra Señora de la Piedad, Nuestra Señora de La Concepción, Santo Domingo de la Cruz, Nuestra Señora de los Remedios, San Antonio de Padua y el Colegio de Nuestra Sra. de las Vírgenes o de las Carmelitas de Arriba.

En el siglo XVII, a pesar del traslado de la nobleza a Madrid, se fundaron otros cuatro, el de Carmelitas Descalzas de San José o Carmelitas de Abajo, el Colegio de la Santísima Trinidad, perteneciente a la Compañía de Jesús, el de Carmelitas Descalzos de la Epifanía y el de la Orden de San Juan de Dios. Guadalajara llegó a contar con un extenso patrimonio religioso para cuyo conocimiento es fundamental la *Historia eclesiástica y seglar de la muy noble y muy leal ciudad de Guadalajara* de Núñez de Castro [9], que llegó a ocupar una parte muy importante de ella, confiriéndole un marcado carácter de ciudad conventual [5].

El siglo XVII supuso el comienzo de la decadencia Guadalajara. A pesar de varios intentos de revitalización de la ciudad como fueron la fundación de la Real Fábrica de Paños tras la Guerra de Sucesión, o la Academia de Ingenieros tras la Guerra de la Independencia, su declive continuó hasta finales del siglo XIX en el que la ciudad empezó a mostrar un cambio en la tendencia de su evolución.

2. Disminución de la función religiosa en Guadalajara

Como se ha indicado, la decadencia de la ciudad de Guadalajara comenzó en el siglo XVII, se acrecentó en el XVIII e hizo que se llegase al siglo XIX con una población de habitantes reducida a 1700 vecinos. Esto hizo que en el año 1831 se suprimieran, primero cinco de sus diez parroquias [3]. La iglesia de San Andrés fue demolida, Santo Tomé pasó a ser Santuario de Nuestra Señora de la Antigua, San Julián también fue demolida como también ocurrió con la de San Miguel, de la que únicamente se salvó la capilla de Nuestra Señora de los Ángeles o de Luis de Lucena. La iglesia de San Esteban fue mutilada y fue utilizada como capilla conventual de la orden jerónima para más tarde construirse sobre su solar, un bloque de viviendas. Pocos años después se suprimió otra más, San Gil que, tras un largo proceso, fue demolida conservándose su ábside [12]. De las que se mantuvieron, únicamente la de Santa María conservó su ubicación original. El templo de San Ginés fue demolido y se trasladó la parroquia al antiguo templo conventual de Santo Domingo, el de San Nicolás también se demolió para construir un teatro y se trasladó al del antiguo colegio de Jesuitas. La iglesia de Santiago primero fue mutilada y posteriormente totalmente demolida, trasladándose el culto a la capilla del antiguo convento de Santa Clara [13].

En ese siglo también se produjeron las desamortizaciones religiosas que obligaron a abandonar la mayor parte de los conventos de la ciudad [8]. El convento de la Merced fue desamortizado en 1835 y demolido en 1842, el de San Francisco fue desamortizado, tras lo que pasó al Ministerio de Guerra para ser utilizado como talleres de Ingenieros, el de La Piedad también fue desamortizado, utilizándose para usos tan dispares como diputación,

museo, cárcel, biblioteca e instituto. El convento de Nuestra Señora de la Concepción fue desamortizado y más tarde se fundó en él un nuevo convento de frailes Paules que fue ocupado hasta el año 1936 y posteriormente se demolió, el de Santo Domingo fue desamortizado y demolido para construir sobre su solar un Hospital Militar, salvo su iglesia a la que se trasladó San Ginés. El convento de San Antonio también fue desamortizado y demolido, el de los hermanos de San Juan de Dios fue desamortizado y su edificio sirvió de Instituto y Escuela Normal y posteriormente fue demolido, el convento de la Epifanía fue desamortizado y más tarde se establecieron en él nuevas comunidades religiosas. El colegio de la Santísima Trinidad, tras la expulsión de los Jesuitas, se dedicó a otros usos y a su templo se trasladó la parroquia de San Nicolás.

Al Convento de **Santa Clara** no le afectó la desamortización, pero, tras el traslado de la comunidad, fue demolido, con excepción de su templo al que pasó la parroquia de Santiago. La comunidad de Nuestra Sra. De los **Remedios** se trasladó a otros edificios y el convento fue vendido para ser destinado a hospital, actualmente solo se conserva su Iglesia que forma parte del campus de la Universidad de Alcalá en Guadalajara. El convento de **San Bernardo**, que había sido abandonado durante la guerra de la Independencia y nuevamente ocupado hasta la guerra Civil, fue demolido. **Las carmelitas de Arriba** no fue desamortizado, durante la Guerra Civil sufrió importantes daños y en el año 1878 se trasladó su comunidad a otro edificio y el primitivo fue demolido. A las **Carmelitas de Abajo** tampoco les afectó la desamortización, actualmente es el único convento histórico de la ciudad que se ha mantenido. Tras todos estos cambios, Guadalajara perdió el carácter de Ciudad Conventual que durante siglos tuvo.

3. La renovación de la ciudad de Guadalajara

En el siglo XIX, en el momento más álgido de crisis de la ciudad, se produjo una nueva división territorial de España en provincias, con la que Guadalajara quedó como capital de una de ellas. Esto hizo que aumentase considerablemente la función político-administrativa que venía desarrollando desde su fundación y se produjese una tímida industrialización que, aunque no supuso un crecimiento significativo, determinó el nacimiento de nuevas necesidades y la reforma de la ciudad histórica

En los últimos años del siglo XIX, buscando una modernización de la ciudad más acorde con su nueva condición de capital provincial, se proyectaron y se llegaron incluso a aprobar una serie de reformas interiores con las que se pretendía mejorar el trazado de las calles y embellecer y sanear la ciudad con la idea de que tales reformas repercutiesen favorablemente en su economía. A pesar de los intentos, no fue hasta el primer tercio del siglo XX cuando se llevaron a cabo, aunque no de manera completa.

Las transformaciones urbanas realizadas supusieron una importante pérdida del patrimonio arquitectónico y urbanístico de la ciudad, pero, junto con lo conservado de su primitivo trazado medieval, le confirieron un "carácter propio" que hizo que se llegase a plantear su declaración como Conjunto Histórico Artístico, declaración que se vio truncada con la aprobación del primer Plan General de Ordenación Urbana, tras el que Guadalajara empezó a desarrollar un gran crecimiento en el que fueron demolidos muchos de sus edificios históricos que todavía se conservaban y otros muchos construidos durante las reformas.

3.1. Cartografía de la ciudad

Para conocer la configuración de urbana de Guadalajara, su evolución y las transformaciones que en ella se han llevado a cabo, es fundamental el estudio de la cartografía conservada [10] [17]. Entre toda ella, hay que hacer referencia al "*Plano de la Ciudad de Guadalajara y sus Arrabales*" realizado en 1849 por la Brigada Topográfica del Cuerpo de Ingenieros a escala 1:2000 en él aparecen las principales edificaciones de la

ciudad como edificios militares, edificios públicos, Parroquias, Iglesias, Conventos, Puertas y Portillos. En este plano ya se aprecia la desaparición o el cambio de uso de alguno de los antiguos conventos como consecuencia de la Desamortización de 1835. El plano de Francisco Coello de 1860 refleja con mayor precisión la morfología de la ciudad, y el medio físico sobre el que se asienta. Sin embargo, la fuente documental gráfica más importante de la ciudad es el levantamiento que el Instituto Geográfico y Estadístico realizó bajo la dirección de Ibáñez Ibero (1878-1880). Se trata de una colección de planos fechada en 1880, en la que se representa a escala 1:1000 la ciudad de Guadalajara incluyendo las plantas de sus principales edificios (Fig. 1). Esta colección se completa con otras dos, quizás más importantes desde el punto de vista de la presente investigación que, fechadas en 1878, corresponden a la toma de datos a escala 1:1000 de las distintas manzanas de la ciudad (Fig. 2) y a escala 1:500, la de sus edificios públicos [15]

La importancia de esa colección radica, aparte del detalle con el que están dibujados, en el grado de fiabilidad que ofrecen, lo que les convierte en una herramienta fundamental para conocer Guadalajara y las transformaciones que en ella y en sus edificios, se llevaron a cabo.

Otro documento importante es el vuelo fotogramétrico de la ciudad del año 1934 que se conserva en el Archivo Histórico Provincial

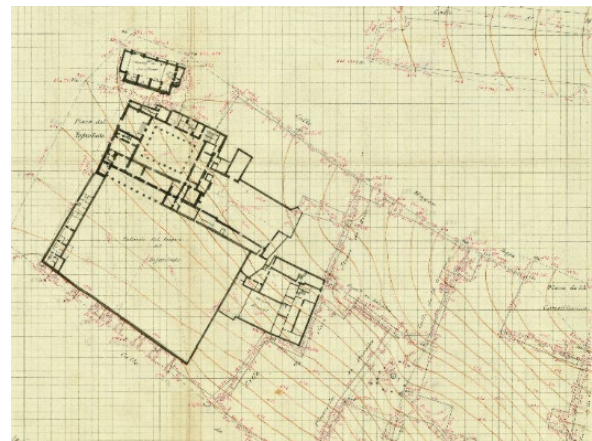
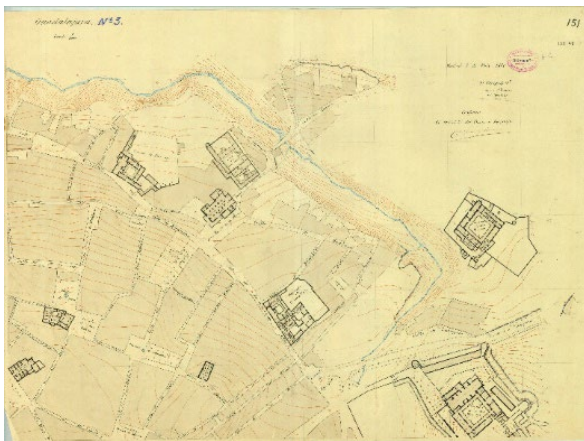


Fig. 1. Guadalajara. Plano n° 3. E: 1/1000. 1880. Instituto Geográfico y Estadístico.
Fig. 2. Guadalajara. Detalle de toma de datos. E:1/1000. 1878. Instituto Geográfico y Estadístico

3.2. La configuración urbana de la ciudad

Prácticamente hasta el siglo XIX, e incluso hasta más tarde, Guadalajara, salvo por alguna reforma llevada a cabo en el Renacimiento, como fue la ampliación de la plaza Mayor y las plazas frente al palacio del Cardenal Mendoza y frente al del Infantado, seguía conservando su configuración medieval, con su laberinto de callejuelas y edificaciones de pequeño tamaño entre las que, salvo por sus torres, ni siquiera los templos sobresalían, destacando únicamente un pequeño grupo entre los que estaba el palacio de los Duques del Infantado, el Alcázar Real, el convento de San Francisco o la Academia de Ingenieros (Fig. 3).

3.3. Las reformas interiores llevadas a cabo en Guadalajara

Como ya se ha indicado, fue en el siglo XIX cuando se aprobaron una serie de reformas interiores en Guadalajara con el fin de "modernizarla" para hacer de ella "una digna capital de provincia del siglo XX".

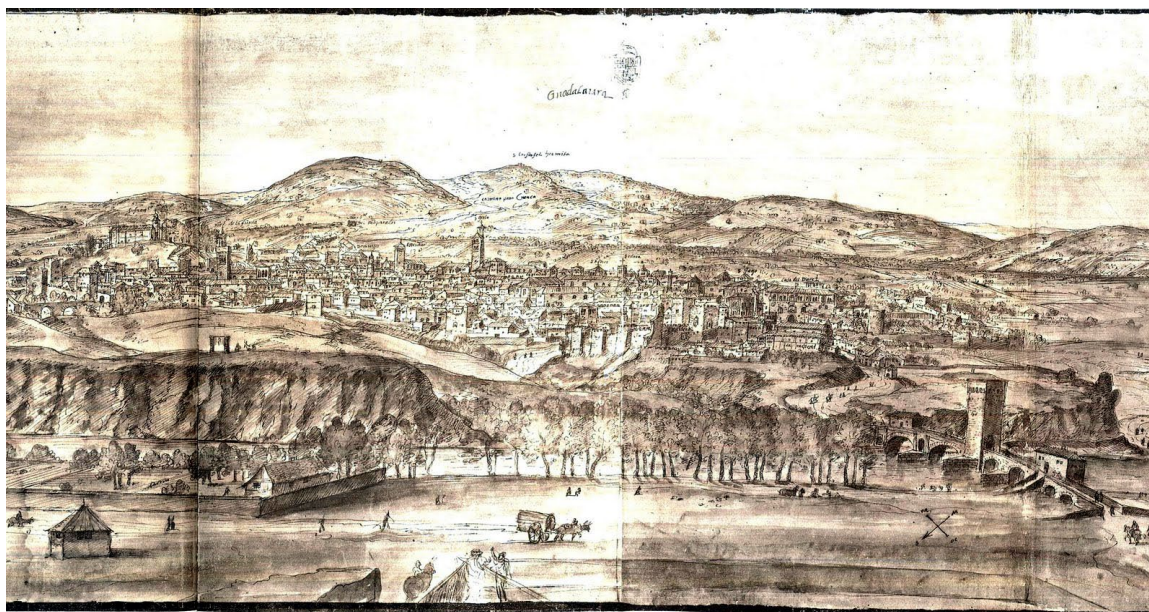


Fig. 3. Vista de Guadalajara. 1565. Anton Van der Wyngaerde.

Entre estas reformas estaban, además de otras de menor importancia, el proyecto de "Reforma y alineación de la plaza de la Constitución" redactado en el año 1867 por Tomás Sánchez Gómez, el "Proyecto de alineación de la plaza y la calle de la Cruz Verde, plaza de Dábalos y travesía de Alvar Fáñez", redactado en 1889 Benito Ramón Cura, el proyecto "Reforma de alineación de la Calle Mayor Baja y enlace con las confluentes", redactado en 1898 el arquitecto municipal Baldomero Botella y el "Proyecto de alineación de la calle Mayor alta", redactado por Antonio Vázquez Figueroa en 1903. También es importante la reforma prevista para la zona de la Plaza de Moreno y su conexión con la calle Mayor, prevista tras el Concurso para la construcción de la nueva sede de la Diputación Provincial en 1880.

De todas ellas, sin duda, la reforma más importante de las que se llevaron a cabo fue la de la calle Mayor Baja, que pudo hacerse, ya en el siglo XX, gracias al empeño personal del alcalde de la ciudad, Miguel Fluters. Partiendo del proyecto de 1898 de Baldomero Botella (Fig. 4), que había sido reformado en 1890 por Antonio Adeva y posteriormente, en 1909, demoliendo la manzana comprendida entre la plaza Mayor, la Calle mayor Baja, y las calle y Travesía de Museo, se realizó dicha reforma con la intención, aparte de por los motivos ya expuestos, de que sirviera de germen para las que deberían realizarse posteriormente.

Con esta reforma se pretendía ensanchar y regularizar el trazado de un estrecho callejón, con soportales en varias zonas y unos ensanchamientos, la plaza de San Andrés en su zona central, y la de Santiago en su zona más baja.

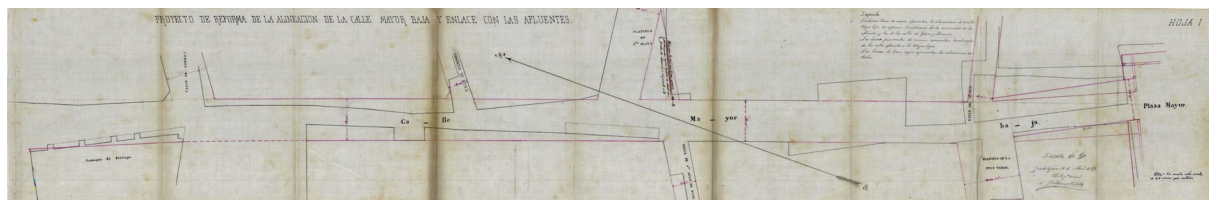


Fig. 4. Proyecto de Reforma de la alineación de la calle Mayor Baja y enlace con las afluentes. 1898. Arquitecto: Baldomero Botella. AM Guadalajara

Esta actuación fue posible tras la supresión como parroquia y posterior demolición del templo de San Andrés, con lo que lo que su plaza, antiguo cementerio parroquial, quedó incorporada a la calle y la demolición del convento de Santa Clara [4], de la que, el propio

alcalde vinculó su "necesidad" con la actuación. Este convento, como ya se ha indicado, no se había visto afectado por la Desamortización de 1935 pero, tras el traslado de la comunidad de religiosas clarisas, fue demolido con la excepción de su templo, al que se trasladó la parroquia de Santiago.

La parroquia de Santiago no había sido suprimida en 1837, su templo se encontraba al final de la calle, frente al Palacio del Infantado, pero, tras el traslado del culto al templo de las clarisas, fue demolido y su plaza y solar sirvieron para crear un nuevo espacio al final de la calle Mayor Baja, anejo a la plaza de la Fábrica, que permitió la regularización y la construcción de una nueva fachada lateral en el palacio del Infantado.

La reforma de la calle Mayor baja no solo supuso un cambio de trazado, también hizo que se modificase la configuración de su parcelario, hasta entonces, de carácter medieval, irregular, con poco frente de fachada y mucho fondo, y que se transformase su arquitectura que, hasta ese momento, según palabras del alcalde, estaba constituida por "casas de gusto pésimo y construcción dudosa, impropia del dentro de una capital de provincia en el siglo XX". En las nuevas actuaciones se emplearon nuevas formas y estilos, a semejanza de los que se estaba haciendo en Madrid, unos nuevos edificios que se alejan de la arquitectura tradicional de las construcciones existentes en la calle, de las que todavía se conserva algún ejemplo.

Las tipologías de los nuevos edificios se adaptaron a las nuevas tendencias arquitectónicas con las que se expresaba una reacción al academicismo neoclásico imperante hasta entonces. En algún caso, como ocurrió de manera excepcional en el palacio del Infantado, se levantó una nueva fachada lateral, proyectada por el capitán de Ingenieros Senén Maldonado (Fig. 5) dentro de un estilo neoclásico que contaba con una imposta de bolas de carácter neogótico que le imprimía un cierto eclecticismo. Dentro de los ejemplos historicistas nos encontramos con el Hotel España que, con proyecto de Joaquín Saldaña (Fig. 6), se construyó sobre el solar del Convento de Santa Clara. Se trata de un edificio que recuerda a los palacios renacentistas, con torres en sus esquinas y una galería superior con arcos sobre columnas procedentes del convento y un patio central con arcos de medio punto sobre columnas también procedentes del convento. En la entrada del edificio se colocó la antigua portada.

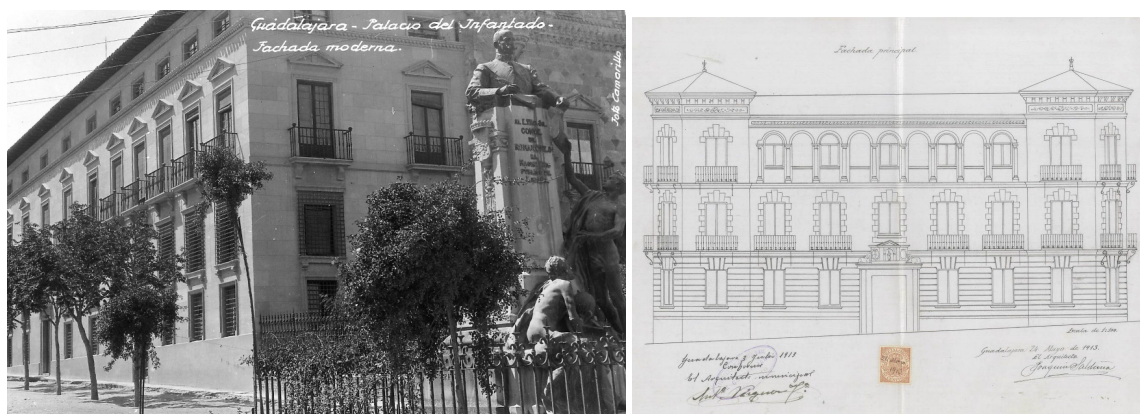


Fig. 5. Fachada lateral del Palacio del Infantado. Proyecto: Cap. Senén Maldonado. Foto: Camarillo
 Fig. 6. Hotel España. 1913. Arquitecto: Joaquín Saldaña. AM Guadalajara

De estilo neomudéjar es la fachada de la casa del nº 64 de la calle (Fig. 7)[16], un edificio proyectado por Benito Ramón Cura en el que se juega con los aparejos de ladrillo visto combinados con cerámica vidriada. Casi es una rareza la fachada modernista del nº 2 y 4 proyectada por Antonio Vázquez Figueroa (Fig. 8).

A pesar de estas muestras, la tendencia que más se repite es la ecléctica, no hay que olvidar que el eclecticismo es otra manifestación del mismo sentimiento historicista [6]. Entre ellas está edificio proyectado por Pedro Cabello Maiz en la esquina de la calle Mayor Baja

con la de Francisco Cuesta (Fig. 9) en el que repite muchos de los recursos de los empleados en otras edificaciones de esta misma calle.

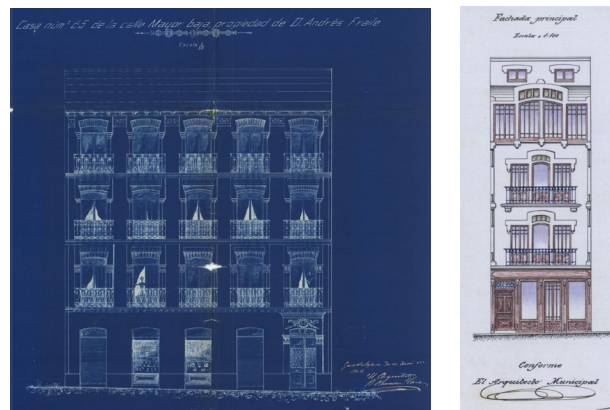


Fig. 7. Edificio en Calle mayor Baja, 65. 1902. Arquitecto: Benito Ramón Cura. AM Guadalajara
 Fig. 8. Edificio en Calle Mayor Baja, 4 y 6. 1914. Arquitecto: Antonio Vázquez Figueroa. AM Guadalajara

La reforma de este eje de la ciudad llevaba consigo el de las calles que en él confluyen, aunque en éstas, su transformación casi siempre se limitó a sus intersecciones con la calle Mayor, de hecho, la reforma prevista en el "Proyecto de alineación de la plaza y la calle de la Cruz Verde, plaza de Dávalos y travesía de Alvar Fáñez" redactado en 1889 Benito Ramón Cura, fue reformado en 1907 por Antonio Vázquez Figueroa en el "Proyecto de reforma de la plaza de la Cruz Verde", suprimiendo las actuaciones previstas para la plaza de Dávalos y la travesía de Alvar Fáñez y, redactando este mismo arquitecto, dos años después el "Proyecto de nueva alineación e la Plaza de la Cruz Verde".

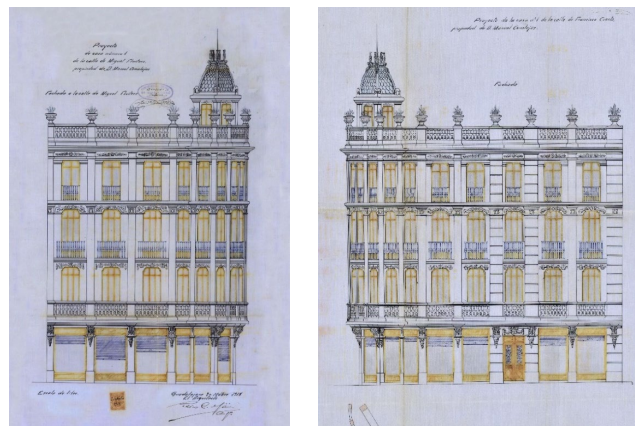


Fig. 9. Casa nº 1 de la Calle Francisco Cuesta, con vuelta Calle Mayor Baja. 1918. Arquitecto: Pedro Cabello Maíz. AM Guadalajara

En la calle de Santa Clara, actual Teniente Figueroa, delimitada en gran parte por los conventos de Santa Clara y el de la Piedad, además de la demolición del primero fue mutilado y reformado el segundo, tras haber sido desamortizado, para adaptarlo a nuevos usos. Estas pérdidas patrimoniales permitieron el ensanchamiento y regularización de esta calle y nos dejó dos de las actuaciones arquitectónicas más interesantes, la de Ricardo Velázquez Bosco en el antiguo convento de la Piedad [19] y la construcción del nuevo edificio de Correos de Saiz de los Terreros, sobre parte del solar de Santa Clara.

Ricardo Velázquez Bosco, para la adaptación del antiguo convento en un nuevo Instituto proyectó unas nuevas fachadas con grandes huecos y balaustradas donde mantuvo la portada original, ya mutilada en ese momento, del palacio de D. Antonio de Mendoza y parte de sus cornisas con un "nuevo edificio" ecléctico, con fuerte carga clasicista (Fig. 10).

El edificio de Sáez de los Terreros también es una obra ecléctica, con una gran carga neomudéjar y una composición que recuerda a la de los palacios renacentistas aragoneses al tiempo que se aproxima a la composición de las Escuelas Aguirre de Emilio Rodríguez Ayuso (Fig. 11)[16].

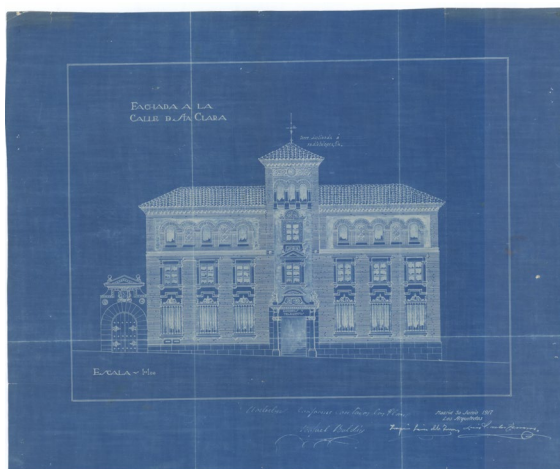
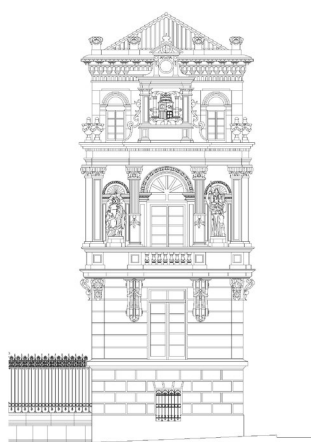


Fig. 10. Detalle de la fachada de Ricardo Velázquez Bosco para el Instituto de Guadalajara. Dibujo: Eduardo González Muñoz y Fernando García Román.

Fig. 11. Proyecto de Edificio d Correos. 1917. Proyecto: Joaquín Sáez de los Terreros.

La calle Mayor Baja unida a la calle Mayor Alta por la Plaza Mayor, forman el eje vertebrador de la ciudad histórica de Guadalajara.

El proyecto de reforma de la Plaza Mayor fue uno de los primeros en aprobarse, sin embargo, no llegó a materializarse. Con él se pretendía regularizar sus alineaciones, unificar tipologías de soportales y de fachadas y dotar de soportales al lateral que no tenía, todo ello, en concordancia con el edificio del Ayuntamiento para el que se hicieron numerosas propuestas. Aparte de la actuación en el edificio del Ayuntamiento, en la plaza solamente se sustituyó un edificio con el nuevo modelo y más tarde otros dos, uno en el encuentro con la calle Mayor Baja y otro en el de la Alta. De esta forma, se mantuvieron las alineaciones originales, no se completaron los soportales de la plaza y no se unificó la tipología de los soportales ya que se añadió otra más, la recogida en el proyecto de reforma. En actuaciones relativamente recientes algunas de las alineaciones han sido ligeramente corregidas y con nuevas edificaciones, se han introducido soportales en el ala que no tenía.

Miguel Fluiters, cuando estableció como objetivo prioritario de su mandato la reforma de la calle Mayor Baja, entre otras cosas, lo hacía con la intención de, posteriormente, seguir realizando nuevas reformas interiores en la ciudad. Bajo este planteamiento, necesariamente debería continuarse con la calle Mayor Alta.

El proyecto de reforma de la calle Mayor Alta fue redactado en 1903 por el arquitecto Antonio Vázquez Figueroa (Fig. 12), aunque su ejecución, no completada, se realizó con posterioridad.

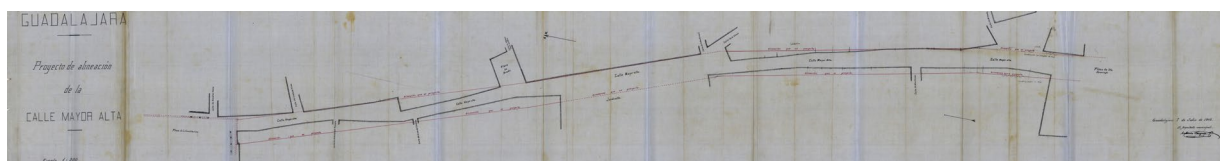


Fig. 12. Proyecto de la alineación de la calle Mayor Alta. 1903. Arquitecto: Antonio Vázquez Figueroa. AMG

La calle cuenta con dos tramos separados por la plaza del Jardinillo, de los que el segundo, el situado ente dicha plaza y la de Santo Domingo no llegó a completarse.

En la Plaza del Jardinillo se encontraba el antiguo templo parroquial de San Nicolás, que tras la expulsión de los Jesuitas se trasladó a su templo que, junto con el edificio de la orden, se encontraba en la misma plaza. La antigua Iglesia de San Nicolás fue demolida para construir sobre su solar el Teatro Principal que más tarde, en el año 1932 fue también demolido para construir sobre su solar la sucursal del Banco de España según el proyecto de José Yanoz, para lo que, en 1933, fue necesaria la modificación de la alineación de la plaza.

Dentro de la arquitectura que tras la reforma de la calle Mayor Alta, sustituyó a edificaciones tradicionales preexistentes, aparte del mencionado Banco de España, con su imponente fachada neoclásica con rotulación modernista, se levantaron edificios tan interesantes como la casa del número 10, proyectada por Eugenio Sánchez Lozano en 1921 (Fig. 13), que junto con el del nº 12, probable obra de Pedro Cabello, completa el frente de la manzana delimitada por las calles del Pintor Antonio del Rincón y la de Luis de Lucena.

En 1930 el Casino de Guadalajara sufrió un incendio que lo destruyó completamente, de manera inmediata se comenzó a trabajar para construir la nueva sede. En ese mismo año Aurelio Botella proyectó un edificio racionalista vinculado, desde un punto de vista compositivo, con el Teatro Barceló de Luis Gutiérrez Soto en el que probablemente se inspiró. Al año siguiente, este mismo arquitecto redactó un nuevo proyecto simplificando su programa que fue el que se construyó (Fig. 14). En 1936, al comienzo de la Guerra Civil, fue destruido.

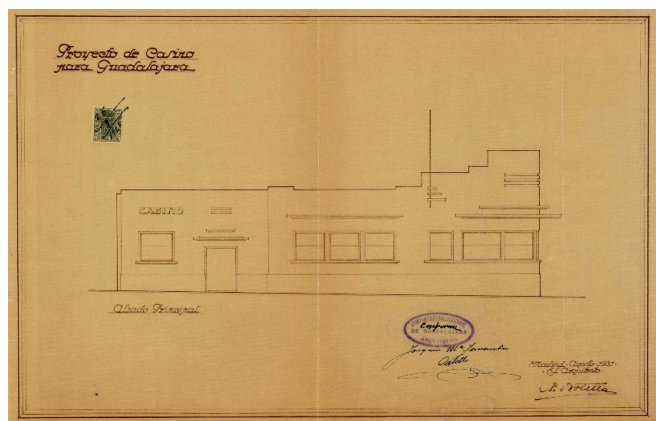
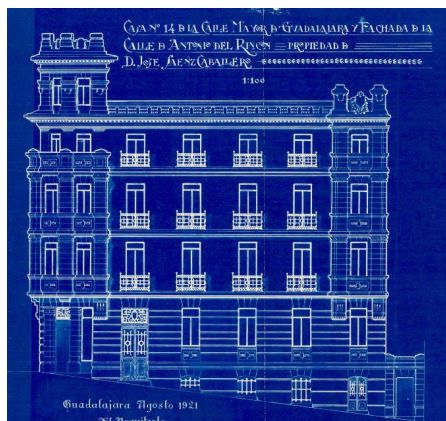


Fig. 13. Calle mayor 10. Alzado lateral. 1921. Arquitecto: Eugenio Sánchez Lozano. AMG
Fig. 14. Proyecto de Casino para Guadalajara. Alzado. 1931. Arquitecto: Aurelio Botella Enríquez

Unos años después de finalizar la Guerra Civil, por lo tanto, fuera del periodo estudiado, se aprobó un proyecto de nuevas alineaciones en esta zona, que fue redactado por Antonio Batlle y Punyet. Con él se buscaba facilitar la construcción del nuevo edificio del INP y Ambulatorio de la SS del que fue arquitecto Fernando García Mercadal.

Importante fue también la reforma llevada a cabo en la zona de la Plaza de Moreno. Tras la división provincial en mayo de 1879 se convocó un concurso para construir la nueva sede de la diputación Provincial de Guadalajara [11] eligiendo para ello el solar resultante de la demolición del antiguo templo parroquial de San Ginés que, aunque no se suprimió, trasladó su culto a templo del desamortizado convento de Santo Domingo, junto con el de la demolición de una antigua casona.

El concurso fue ganado por los arquitectos José Marañón y José de Aspíunza, con el proyecto de un edificio exento (Fig. 15) de carácter academicista en el que también se contemplaba la reforma de las calles del entorno (Fig. 16). La reforma no fue completada hasta después de la guerra Civil con la demolición de los restos del Convento de Paules que, previamente, lo había sido de Madres Concepcionistas.

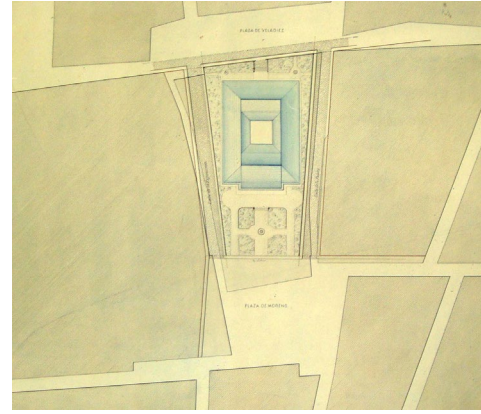


Fig. 15. Diputación Provincial. 1880. Arquitectos: José Marañón y José de Aspírunza
 Fig. 16. Plano de situación con indicación de la modificación de las alineaciones. BIDPG

Aparte del edificio Diputación Provincial, dentro de las nuevas construcciones levantadas como consecuencia de esta reforma está el que se levantó en el encuentro de la calle de Topete y la calle Mayor que sirve de conexión entre la Diputación y el Ayuntamiento, un edificio ecléctico proyectado en 1941 por Pedro Cabello Maiz (Fig. 17).

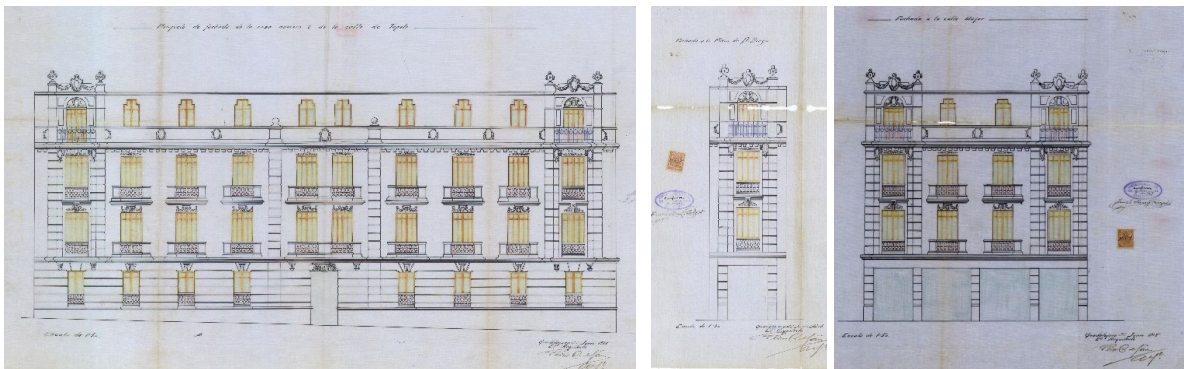


Fig. 17. Casa en C. Topete, C. Mayor y Plaza de D. Diego. 1918. Arquitecto: Pedro Cabello Maiz. AMGU

Hubo también otras reformas en la trama urbana de Guadalajara como la realizada para mejorar la conexión entre la Plaza de San Esteban y la del General Prim, así como para proceder al ensanche, no completado, de las calles próximas. Esta reforma pudo hacerse tras la mutilación y posterior demolición del antiguo templo de San Esteban [18].

Por último, dentro de las reformas interiores vinculadas a la eliminación de edificios y espacios religiosos, está la creación de un gran número de plazas en lo que habían sido antiguos Cementerios parroquiales [1], suprimidos tras la demolición o traslados de los templos y la construcción, por razones higienistas, de un nuevo Cementerio Municipal en las afueras de la ciudad.

4. Resultados y Conclusiones

Podemos decir que, junto con otras razones, las reformas que se realizaron en los primeros años del siglo XX tienen su origen en la propia decadencia de la ciudad, un declive que comenzó a finales del siglo XVII y fue en aumento durante todo el siglo el siglo XVIII. Esta decadencia, unido a la baja religiosidad de la época hizo que disminuyese la función religiosa en la ciudad. Las principales consecuencias fueron

- A pesar de que alguno de sus edificios religiosos fue utilizado para albergar nuevos usos, se produjo una pérdida importante pérdida del patrimonio artístico, especialmente arquitectónico y urbanístico, de la ciudad.
- Se liberaron grandes superficies de terreno, hasta entonces ocupadas por los conventos y sus huertas, que sirvieron durante muchos años como "bolsas de suelo" para el desarrollo de la ciudad.
- Se favoreció la realización de operaciones de reforma interior con las que se llevó a cabo la transformación urbanística y arquitectónica de la ciudad histórica, definiendo una nueva imagen, de la que es heredera la actual, y unos nuevos rasgos de identidad que, parcialmente, todavía conserva.

Con las reformas interiores realizadas, Guadalajara perdió en gran medida, aparte de gran parte de su patrimonio arquitectónico, el carácter medieval de su trazado, determinando una nueva configuración urbana al tiempo que favorecían el desarrollo de una "nueva arquitectura". Estas reformas le confirieron un nuevo y personal carácter, muy alejado del de "ciudad conventual" que tuvo hasta el siglo XIX, un nuevo carácter que, aunque en gran medida todavía conserva su centro histórico, ha ido perdiendo a partir de los años sesenta del siglo pasado [14].

5. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] Cuadrado Prieto, M.A./Crespo, M.L. (2006) El origen funerario de algunos espacios públicos de Guadalajara. *Actas del X Encuentro de Historiadores del Valle del Henares*. pp. 287-308. Alcalá de Henares
- [2] Cuadrado Prieto, M.A / Crespo Cano, M.L /Arenas, J.A. (2001). *Madinat al-Faray: El Alcázar y la formación de una ciudad islámica. Actas del VII Encuentro de Historiadores del Valle del Henares*. pp. 87-96. Guadalajara: Diputación Provincial.
- [3] Diges Antón, J. (1890). *Guía de Guadalajara*. Guadalajara: Imprenta y Encuadernación Provincial
- [4] Diges Antón, J. (1917). *Resumen Histórico del Convento de Monjas Clarisas de Guadalajara*. Guadalajara: Casa de Expósitos
- [5] García Ballesteros, A. (1978). *Geografía Urbana de Guadalajara*. Madrid: Fundación Universitaria Española.
- [6] Hernando, Javier (2004). *Arquitectura en España 1770-1900*. Manuales Arte. Cátedra. Madrid, 2004.
- [7] Layna Serrano, F. (1941). *Historia de Guadalajara y sus Mendozas en los siglos XV y XVI*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- [8] Layna Serrano, F. (1943). *Los Conventos antiguos de Guadalajara*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- [9] Núñez de Castro, A. (2003). *Historia eclesiástica y seglar de la muy noble y muy leal ciudad de Guadalajara*. (facsimil de 1653). Guadalajara: Editorial AACHE.
- [10] Trallero Sanz, A.M. (2002). La evolución urbana de la ciudad de Guadalajara analizada a través de sus representaciones gráficas. *Actas IX Congreso EGA*. La Coruña
- [11] Trallero Sanz, AM (2012). El Concurso del Palacio de la Diputación Provincial y el "no concurso" del Ayuntamiento de Guadalajara. *Concursos de Arquitectura, 14 Congreso Internacional EGA*. pp 207-212. Valladolid: Universidad de Valladolid
- [12] Trallero Sanz, AM. (2015a). La Iglesia de San Gil de Guadalajara. *Archivo Español de Arte* vol. LXXXVIII, Nº 350 pp 113-130. Madrid: CSIC.

- [13] Trallero Sanz, AM. (2015b). "Demolición de la Trinidad" Boceto de Jenaro Pérez Villaamil. Documento Fundamental para conocer la Antigua Iglesia de Santiago de Guadalajara a Iglesia de San Gil de Guadalajara. EGA, N° 25 pp 248-257. Valencia: UPV.
- [14] Trallero Sanz, AM (2015c). La destrucción del Centro Histórico de Guadalajara. Las intervenciones urbanísticas en el entorno de Santa María de la Fuente. "*Historic Towns between East and West*". Ariccia, Italia: Ermes, edizioni scientifiche.
- [15] Trallero Sanz, A.M. (2016). The cartography of Guadalajara of 1880 of the geographical and statistical institute. A fundamental document for architectural and urban research development of the city. *Dibujar, Construir, Soñar. Investigaciones en torno a la expresión gráfica aplicada a la edificación*. Castellón: Tirant Lo Blanch.
- [16] Trallero Sanz, A.M. (2017). *Mudéjar, Pervivencia del Mudéjar y Neomudéjar en la arquitectura de la ciudad de Guadalajara*. pp 237-240, 260-261. Guadalajara: Diputación Provincial de Guadalajara.
- [17] Trallero Sanz, AM. (2018).The graphical documentation like source of investigation of the architectural heritage. *Architectyrak Draughtsmanship Vol 2*. pp1161-1173. Cham (Switzerland): Springer
- [18] Trallero Sanz, A.M. (2019). San Esteban of Guadalajara. *Disegnarecom vol 12.*, N° 22. L´Aquila (Italia): University of L´Aquila
- [19] Trallero Sanz, AM. (2020). The different lives of a building the palace of don Antonio de Mendoza. EGE N° 22 pp 61-81. Valencia: UPV.

POPULAR EDUCATION IN ITALY THROUGH THE ILLUSTRATED PRESS OF THE EARLY 19th CENTURY

LA EDUCACIÓN POPULAR EN ITALIA EN LAS PUBLICACIONES PERIÓDICAS ILUSTRADAS DE PRINCIPIOS DEL SIGLO XIX

Pasquale Tunzi

University of Studies "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara, Pescara, Italy

ptunzi@unich.it

How to cite: Tunzi, P.(2024). *Popular education in Italy through the illustrated press of the early 19th century*. In Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 387-396. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

The essay offers a reflection on the educational role of illustrations in periodicals published in the early 1800s in Europe, particularly in Italy. The distribution of a few pages per week contributed to the emancipation of ordinary people from ignorance. The images had the task not only of make texts enjoyable, but also of informing the reader by leading him by the hand to new or little-known subjects, such as architecture.

The aspects addressed in this study are related to graphics, communication methods and content as a form of visual knowledge advocated by publishers in the various fields of production. On many images, geometric verifications were developed to understand possible construction variants or possible derogations.

An analysis of a few selected newspapers among many, showed that illustration was the best means to bring the poorer strata of society closer to reading. It was the beginning of an education open to the masses and supported by organisations for human betterment, with educational purposes. Italy, with enormous difficulties due to its division into states, pursued this goal from the end of the 18th century.

The boundaries of the research concern the period 1830-1850, as the moment of formation of a new communication mechanism.

Among the various studies on European journalism conducted recently, the Italian one - of which we would like to support a necessary examination - does not appear. Our research stands as the beginning of a path to be specifically developed in the various cultural fields.

Keywords: Popular education, Illustrated press, 19th century, Italy.

Resumen

El ensayo ofrece una reflexión sobre el papel educativo de las ilustraciones en las publicaciones periódicas editadas a bajo coste a principios del siglo XIX en Europa, especialmente en Italia. La divulgación de unas pocas páginas por semana contribuía a emancipar al pueblo llano de la ignorancia. Las imágenes tenían la misión no sólo de hacer amenos los textos, sino también de informar al lector llevándole de la mano a temas nuevos o poco conocidos, como la arquitectura.

Los aspectos abordados en este estudio están relacionados con el grafismo, los métodos de comunicación y los contenidos, como forma de conocimiento visual apoyada por los

editores en los distintos ámbitos de producción. En muchas imágenes se desarrollaron verificaciones geométricas para comprender posibles variantes de construcción o posibles derogaciones.

El análisis de algunos periódicos seleccionados entre muchos demostró que la ilustración era el mejor medio para acercar a las capas más pobres de la sociedad a la lectura. Fue el comienzo de una educación abierta a las masas y apoyada por organizaciones para la mejora humana, con fines educativos. Italia, con enormes dificultades debido a su división en Estados, persiguió este objetivo desde finales del siglo XVIII.

Los límites de la investigación se refieren al periodo 1830-1850, como momento de formación de un nuevo mecanismo de comunicación.

Entre los diversos estudios sobre periódicos europeos realizados recientemente, no aparece el italiano, del que queremos apoyar un necesario examen. Nuestra investigación se erige en el inicio de un camino a desarrollar específicamente en los distintos ámbitos culturales.

Palabras clave: Educación popular, Publicaciones periódicas ilustrada, Siglo XIX, Italia.

1. Introduction

The early years of the 19th century were a period of great turmoil for European publishing.

In 1832, a new form of communication was proposed to the general public in England: the illustrated periodical [1]. The publisher, Charles Knight, who financed "The Penny Magazine", believed that illustrations were "more instructive than words", as he wrote in 1864 [3], and this belief soon spread across the English Channel. The formula of four sheets of text accompanied by pictures, sold cheaply, was taken up by France and Germany in 1833, with the aim of culturally elevating the masses. Raymond Williams [9] insinuated that this interest in the less affluent social classes concealed the bourgeoisie's fear of a growing threat to culture, while for the entrepreneurs it was purely a matter of economic return.

These, then, are the two main aspects that drove cultural growth: on the one hand, concern about the degradation of knowledge, and on the other, interest in productive growth. Popular education thus began from the pages of periodicals, in which the most varied topics were addressed with a certain levity, favoured in particular by the illustrations, that, in the most different iconographic forms, gradually created the modern observer.

In Italy, the first illustrated periodical was published by the printer Ponthenier in Genoa in January 1834. The "Magazzino Pittorico Universale" was presented in the editorial as "a centre of all knowledge that benefits general education". Perfectly in line with what was published in the dossiers distributed in the main cities of Europe, ours too provided "a wealth of historical facts, literary news, progress in the sciences and the arts, ... descriptions and illustrations, monuments of a special kind", with the aim of satisfying the interest of scholars and those who "through education seek to make people more well-mannered and civilised".

2. Education through the illustrated periodical

The illustrated periodicals of the 1830s opened up a period of social awareness fuelled by the idea that the working class could and should aspire to cultural emancipation. The need for mass education was effectively stated in the editorials of those weekly issues.

This topic leads us to observe and reflect on the way the new printed communications first saw the light, with the aim of convincing as many people as possible to start reading in an effort to educate them. The large number of illustrations, varying in size and subject matter, aroused our interest and prompted us to better understand how they were chosen and presented to the public. They are therefore the pivot of this study around which revolves an

analysis of illustration, this being the preferred means of approaching that first unstructured and informal but multifaceted type of education.

It was certainly the desire to improve social conditions that favoured popular education. Giuseppe Mazzini [4] considered the periodical press "the sole power of modern times" and charged it with great responsibility and public expectations. The public itself sought "a moralising education", a guide to their behaviour. The illustrated periodical provided the most direct and simplest way to present a world that was rapidly evolving and in which every human being was called upon to take part consciously.

When consulting the fascicles, it is easy to see how the editors, in order to meet public expectations, the editors made space for two important topics: History and Memory. Both were proposed as a function of defining ethnic identity, of which the illustrations were an important aid in visually conveying the value of the monumental features. Among the latter, architecture played a crucial role, and we look at how it was presented both through the historical narrative and as a new product, a real expression of progress, to outline the mechanisms of communication. In the various illustrated periodicals published in Europe, we could in fact define it as the main topic; in both a historical and modern perspective, it made a fine show of itself by providing models of emblematic representativeness.

2.1. Reading of some Italian cases

In this respect, in Italy the "Magazzino Pittorico Universale" endeavoured to periodically portray new buildings in the same way as historical works. It was almost as if they were being compared, albeit not directly, with attention centred on their formal and especially figurative features. For example, the Arch of the Simplon Gate in Milan, which was erected in 1807 in the Piazza d'Armi designed by Luigi Cagnola (Fig. 1), shows clear features reminiscent of Roman triumphal arches. It is therefore a clear invitation to keep the beauty of classical architecture in mind as an unsurpassed reference and model for new works. The monument is presented in a corner perspective with shadows, devoid of its environmental context, as if it were a pre-existence. The richness of the details and the grandeur of the work arouse in the observer a sense of decorum and magnificence.

Still on the subject of classicism but with a prospectus image is also the case with the church of the Great Mother of God in Turin (Fig. 2), whose architect, Ferdinando Bonsignore, in 1818 wanted to echo the Roman Pantheon, upholding the value of the timeless principles of those works that make up the national identity and anticipating national unity. This illustration introduces the viewer to an unusual representation for a popular periodical, very close to technical drawing, without perspective aberrations and shadows. In this way, an alternative path to the usual viewing begins, to educate the public to a more specialised and less realistic figuration.

In the same way, the weekly magazine "L'Album", distributed in Rome on 8 March 1834, supported these principles of classicism with similar ways of visuality. The first issue opened with an article on Canova, while the second provided a brief historical account of the Parthenon (Fig. 3), "majestic and elegant architecture" with "the most beautiful and right proportions". The monument is seen in foreshortening with an almost realistic graphic treatment, and with a tight framing that deprives it of its surrounding context. The author's intention is to draw attention to the degradation of the building that began with the looting carried out by the British.



Fig. 1. Arch of Sempion Gate in Milan, "Magazzino Pittorico Universale", n.10, 8 marzo 1834.

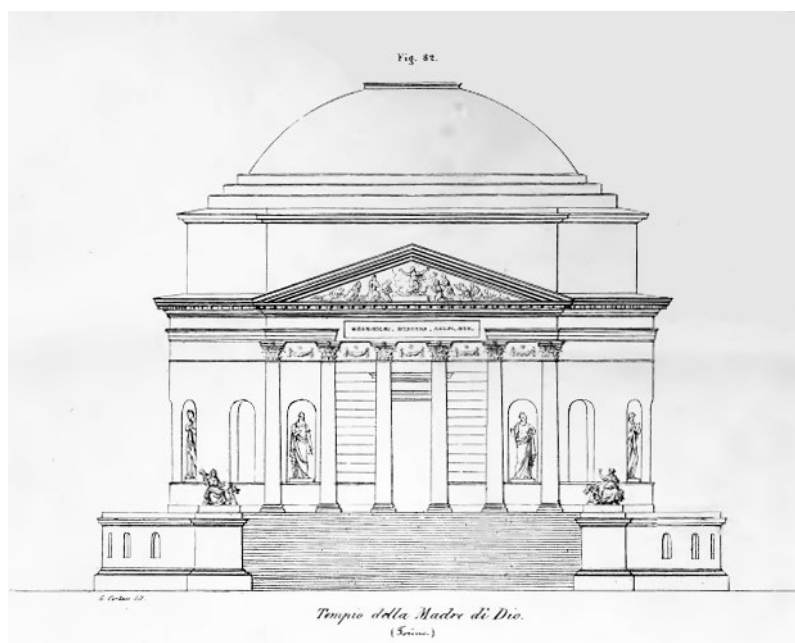


Fig. 2. Church of the Great Mother of God in Turin, "Magazzino Pitt. Universale", n.19, 10 maggio 1834.

Alongside this topic, we find many others, also on a visual level, all intent on treating "almost encyclopaedically every subject", to broaden the cultural outlook so as to encompass the most diverse fields of education. This is why "L'Album" did not omit presenting images of the Orient and Africa, in a sort of effort to stimulate knowledge and appreciation of national visual culture. Compared to the "Magazzino Pittorico Universale", this periodical dwelt heavily on the monuments of the past, considering architecture as a historical document, emphasising construction events and highlighting formal peculiarities.

The "Teatro Universale" distributed in Turin on 5 July 1834 with the subtitle, "encyclopaedic and spectacular collection", opened with the following clarification: "The ardent desire to educate and recreate oneself by reading, widespread among all social classes, is a stamp that marks, to a greater or lesser extent, the present generation". This is a statement that justifies this kind of publication whose wealth of topics once again drives broad and self-taught education.

Among the topics covered by this periodical was popular culture, as evidenced by illustrations depicting the activities of daily life, picturesque scenes of charming places which were the pride of the land and its people (Fig. 4). Bartolomeo Pinelli's depictions of early-20th century Rome were certainly an important reference for the appreciation of popular traditions and customs that had hitherto been neglected [6]. The illustrations put the spotlight on minor subjects that had never been considered before, through everyday, ordinary scenes, as if it were genre painting.



Fig. 3. Parthenon, "L'Album", n.1, 8 marzo 1834.

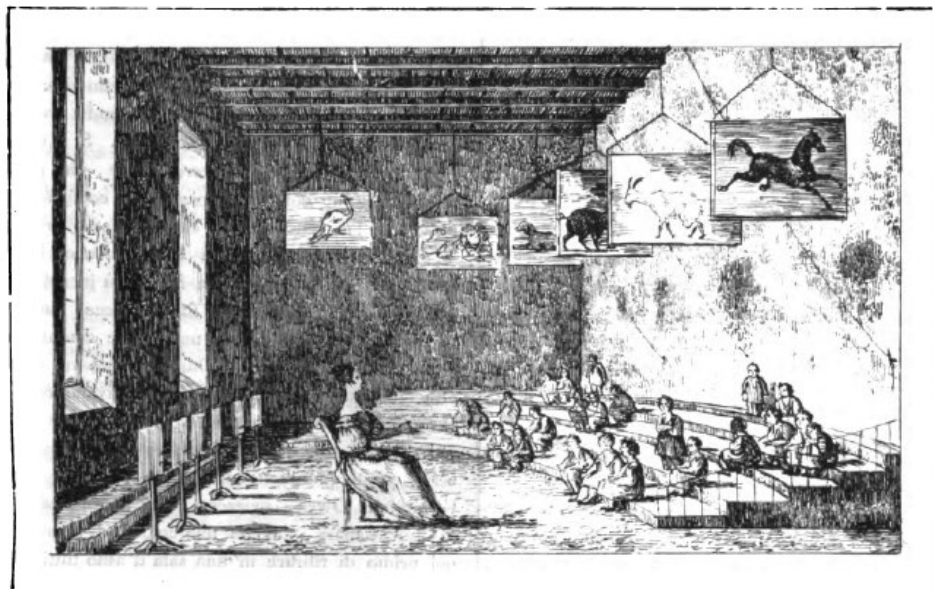
Not very different were the aims of the "Cosmorama Pittorico", which saw the light in Milan in 1835 for the purpose of taking "care in the choice of subjects that would be of value to attract, to instruct, to educate minds to morality". Because of this objective, the periodical was intended to be read by people of all ages, and in particular to appeal to young people to whom society was now devoting a certain amount of attention.

Education had to start with youngsters, it was stated [7]. An article dedicated to the kindergarten (Fig. 5) expounds the usefulness of these places where children were initiated into education using figurines in which they had to identify animals, flowers and more. The exercise was mainly based on visual impressions, but the children also practised diction and formed an initial dictionary, before moving on to counting using the abacus and recognising the letters of the alphabet. The periodical dedicates several articles to the subject and illustrations with the intention of urging the less well-off to take advantage of this public institution which was rapidly gaining ground in the cities of northern Italy.



(Venditori e mangiatori di macaroni in Napoli)

Fig. 4. Macaroni seller and eater in Naples, "Teatro Universale", n. 33, 14 febbraio 1835.



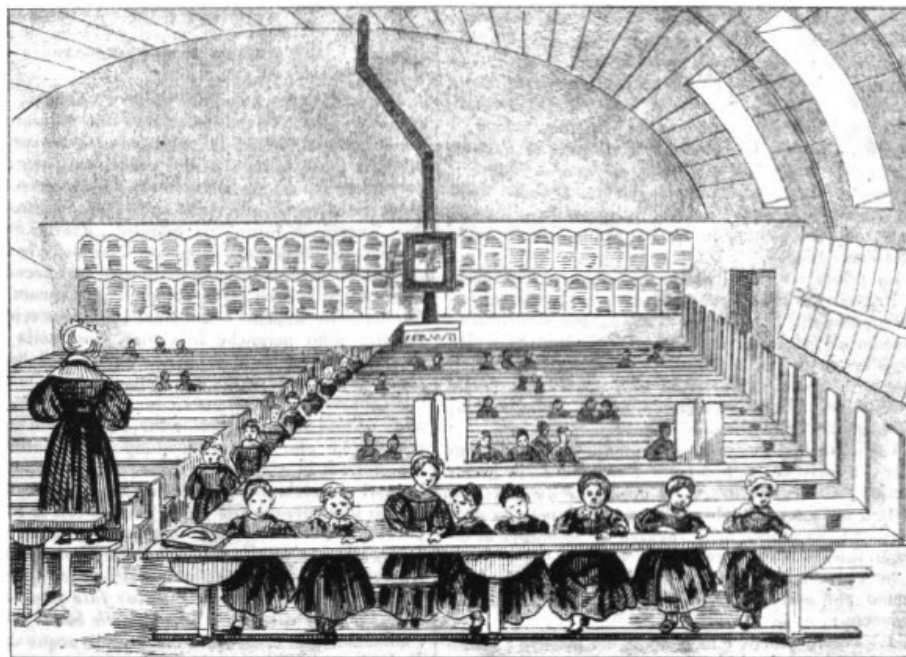
VEDUTA DI UNA SALA D'ASILO PER L'INFANZIA.

Fig. 5. Kindergarten hall, "Cosmorama pittorico", n. 9, 1836.

The "Poliorama Pittoresco" published in Naples starting on 20 August 1836, in issue no. 7, continues to discuss schooling by addressing primary education (Fig. 6), the progress of which

it praises, starting with the right spaces; shows a large room and desks arranged in such a way that the teacher can see all the pupils. The *Society for Elementary Education* was founded in Paris in 1815 and immediately spread to all major European cities with the aim of reducing ignorance [5]. "By means of mutual teaching, one learns reading, writing, arithmetic, grammar, line drawing, music, and singing", the article stated. The mutual teaching method, it went on to explain, makes use of the auxiliary contribution of the older and more knowledgeable pupils who work alongside the teacher. The illustration of the classroom in a central perspective, is explanatory to a well-organized and rigorous education system. This kind of figure tends to give security and pleasantness to the places where young people had to prepare themselves culturally.

SCUOLE PRIMARIE



(Veduta dell' interno di una scuola di mutuo insegnamento.)

Fig. 6. Primary schools, "Poliorama Pittresco", n. 7, 1836.

"To instruct and delight in the simplest, most effective, safest and cheapest way for everyone" was the main aim of this periodical edited by Salvatore Fergola and Filippo Cirelli. The addition of "graphics" allowed those who felt the "need to educate themselves" to improve their understanding of the texts, so as to broaden "knowledge of all kinds" and initiate readers into the "progress of civilisation". The illustration with which the first issue of the "Poliorama Pittresco" opened was a rather emblematic example. Porta Capuana stands out well lit between two dark towers, attracting the eye as an imposing historical landmark in the city. The influx of people makes it a lively trading place and an urban landmark a picture of popular life.

Opening a new periodical with such a beautiful and referential image implied a special interest in the architecture of Naples and the Campania region, subjects that required the worthy attention of the masses towards what was a heritage of great value. Indeed, Mazzini emphasised that "the education of the people" should not be confused with "an education to no social purpose".

1.1. 2.2. Illustration as an education medium

Already at the beginning of the 19th century, the editors realised that in order to facilitate the development of education, forms of communication had to be simplified so as to raise the

level of education of the masses. This would have enabled people to become better aware of public matters filtered through the market of both technical and artistic knowledge.

In Italian periodicals, representative architecture, illustrated and commented on, was that which expressed the origins of national culture, predominantly Neo-Classical, unlike the Neo-Gothic disseminated by the pages of periodicals on the other side of the Alps. The action of educational practices was exercised through images showing outstanding examples presented realistically, i.e. convincingly, but also with new figurative models. To do this, perspective was the optimal geometric model, in particular the glimpse that introduces the adequately treated figurative illusion. It was accompanied by orthogonal projections to initiate young people into mass production.

Many of the illustrations selected by us have been studied in terms of their figurative slant, the composition of the scene, verified in a geometric sense by reconstructions, and the use of graphic effects that not only characterise them but also identify the authors.

By way of example, we shall mention Luigi Sacchi who worked for two years on the "Cosmorama Pittorico", copiously using a repeated pattern, so much so that even the sky became textural. The image of the *Ponte Rotto di Roma* (Broken Bridge of Rome) (Fig. 7) in issue no. 17 of the periodical shows the ancient structure on the water as if it were set against the light and worn out by time, shrouded in gloom. The subject already depicted by Giuseppe Vasi and painted by Gaspar van Wittel, is enhanced in the figurative simulation by the contrast of light and shadow expressed in chiaroscuro, as was emphasised in *Essai sur l'origine de la gravure* [2]. The light effect, aimed at creating suggestive images, was centred on the search for the balance of monochrome tones. The mix of information received from the physical world was transferred onto paper by means of a sophisticated personal graphic representation, and this fascinated the reader and educated him in art.



IL PONTE ROTTO DI ROMA.

Fig. 7. Luigi Sacchi, Broken Bridge of Rome, "Cosmorama Pittorico", n. 17, 1835.

The periodical thus became the place where many young artists and readers met; the former found space to gain graphic-figurative experience and establish themselves, the latter approached a different way of looking at reality. An operation was being carried out to make the general public aware of art, history, science, nature and progress. It can be said that those illustrations, due to the way they were produced, opened so many windows on the

world, teaching the reader how to look at space and shapes, as was to occur later with the cinema.

In fact, an analysis conducted on thirty-one periodicals selected from among many others, has shown how illustrations speeded up the process of communicating information, and favoured the visualisation mechanism, paving the way for visual pavilions such as the Diorama. Consequently, the propensity to read was also facilitated by initiating institutional and mass education.

3. Results and Conclusions

The formula of the illustrated periodical, with its specific characteristics as a popular medium, reached vast audiences because it was organised in such a way as to attract and be understood by millions of people, using a language that was accessible to many,

The large quantity of low-priced, high circulation images had flooded the market and introduced new examples of vision, preparing the commercial society to use new optical devices, such as the zootropium and the stereoscope. Naturally, points of view increased in number and took on different connotations, as photography will show, considerably widening the choice of topics and the figurative sphere that was to find lots of room for artistic expression by the end of the century, and in the field of series production. The world of work was changing and with it everything that revolved around it, and images were of great help during this phase in many ways, but above all introduced practical manuals with large-scale drawings.

The public became the spectator of a multiform and fascinating reality, but also the protagonist of a period that we could define as one of absorption: on the one hand the reader intent on assuming through his eyes a world of figures, small, large, with the most disparate subjects and governed by geometry, on the other hand the multitude of those subjects presented and re-presented as models, reproduced we could say endlessly to be absorbed and re-proposed again, perhaps with some variation.

From 1832, the space of representation shifted powerfully from painting to commercial serial reproduction, certainly vulgarised.

From what has been said, the wealth becomes clear of a subject such as the illustrated periodical that unfortunately in Italy, unlike other European countries, has not yet encountered sufficient interest to produce any organic and in-depth study, except for sporadic attempts at partial analysis by a small number of scholars [8]. Although aware of the multifaceted nature and specificity of the topic, this paper therefore hopes to be able to see the launch of a systematic interdisciplinary programme that can at least open up discussion by focusing on the first mass communication era.

4. Quotations and Bibliographic

- [1] Bacot, J-P. (2005). *La presse illustrée au XIXe siècle*. Limoges: Press Universitaires.
- [2] Jansen, H. (1808). *Essai sur l'origine de la gravure*. Paris: Schoell.
- [3] Knight, C. (1864). *Passages of a working life*. London: Bradbury and Evans.
- [4] Mazzini, G. (1898). Sulla missione della stampa periodica (30 gennaio 1836). In *Scritti editi e inediti*, v. XII. Milano.
- [5] Nutini, S. (1989). La società di pubblica istruzione di Milano. In *Studi Storici*, a. 30, n. 4.
- [6] Rossetti, B. (1981). *La Roma di Bartolomeo Pinelli*. Roma: Newton Compton.

- [7] Sani, R. (2015). *Storia dell'educazione e delle istituzioni scolastiche nell'Italia moderna*. Milano: Franco Angeli.
- [8] Tunzi, P. (2022), *Il sistema visuale nei periodici illustrati della prima metà dell'800*. Pescara: Sala.
- [9] Williams, R. (1968). *Cultura e rivoluzione industriale*. Torino: Einaudi.981).

REALIDAD VIRTUAL: OPORTUNIDADES DE IMPLEMENTACIÓN EN EL ÁREA DE EXPRESIÓN GRÁFICA

VIRTUAL REALITY: OPPORTUNITIES FOR IMPLEMENTATION IN THE AREA OF GRAPHIC EXPRESSION

M. Mercedes Valiente López^a, Manuel Álvarez Dorado^b, Alicia Zaragoza Benzal^c,
Carolina Piña Ramírez^d, Alejandra Vidales Barriguete^e

Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

^amercedes.valiente@upm.es, ^bmanuel.alvarezd@upm.es, ^calicia.zaragoza@upm.es,

^dcarolina.pina@upm.es, ^ealejandra.vidales@upm.es

How to cite: Valiente López, M. M.; Álvarez Dorado, M.; Zaragoza Benzal, A.; Piña Ramírez, C.; Vidales Barriguete, A. (2024). *Virtual reality: opportunities for implementation in the area of graphic expression*. In *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 397-405. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

La presente propuesta muestra el desarrollo de la implantación de una metodología de trabajo en el ámbito de la expresión gráfica basada en las nuevas tecnologías BIM. La creciente importancia del BIM en el sector de la construcción convierte en indispensable su enseñanza en niveles superiores.

El objetivo principal de esta investigación es establecer una nueva estrategia metodológica en la enseñanza de las asignaturas de expresión gráfica en los grados impartidos en la escuela técnica superior de edificación de la UPM. Para ello, utilizando como vehículo de aprendizaje la propia escuela, se pretende hacer tangible y entendible el concepto abstracto de BIM en edificación.

El alumnado realizará un levantamiento, mediante programas BIM, así como otras herramientas de digitalización actuales, de la escuela técnica superior de edificación, con la intención de ir completándola año tras año hasta conseguir un modelo completo LOD 100-200 que sirva de manual de mantenimiento del propio edificio.

Este proceso se realizará de manera eminentemente práctica. Los alumnos realizarán los planos del edificio para analizarlo y concretarlo mediante maquetas 3D impresas en polímeros y otros materiales.

Como profesional, el estudiante debe ser capaz de dibujar edificios existentes para una mejor comprensión de este y su correcta intervención. El estudio de un edificio ayudará a entender el edificio en todas sus dimensiones. La originalidad del trabajo radica en el hecho de que es un modelo de trabajo singular. De conseguir concretar una metodología de trabajo práctica y eficaz, podría suponer la asentación de unas bases metodológicas de trabajo aplicables a la vida profesional.

Palabras clave: Maquetas en Impresión 3D, BIM, Dibujo Arquitectónico, Levantamiento de patrimonio arquitectónico.

Abstract

This proposal shows the development of the implementation of a working methodology in the field of graphic expression based on the new BIM technologies. The growing importance of BIM in the construction sector makes its teaching indispensable at higher levels.

The main objective of this research is to establish a new methodological strategy in the teaching of graphic expression subjects in the degrees taught at the Higher Technical School of Building of the UPM. To this end, using the school itself as a learning vehicle, the aim is to make the abstract concept of BIM in building tangible and understandable.

The students will carry out a survey, using BIM programmes as well as other current digitalisation tools, of the building technical school, with the intention of completing it year after year until a complete LOD 100-200 model is obtained, which will serve as a maintenance manual for the building itself.

This process will be carried out in an eminently practical way. The students will draw up plans of the building in order to analyse and specify it by means of 3D models printed in polymers and other materials.

As a professional, the student should be able to draw existing buildings for a better understanding of the building and its correct intervention. The study of a building will help to understand the building in all its dimensions. The originality of the work lies in the fact that it is a unique working model. If a practical and efficient working methodology can be developed, it could be the basis of a methodological work methodology that can be applied to professional life.

Keywords: Models in 3D Printing, BIM, Architectural Drawing, Architectural Heritage Survey.

1. Introducción

La implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica en estudios superiores en España ha surgido como resultado de la creciente necesidad de incorporar nuevas tecnologías en la educación. La realidad virtual es una herramienta que permite a los estudiantes sumergirse en entornos virtuales tridimensionales, ofreciendo una experiencia inmersiva que complementa los métodos tradicionales de enseñanza.

Varios estudios científicos respaldan la efectividad de la realidad virtual como una herramienta educativa en el campo de la expresión gráfica. Por ejemplo, el artículo de investigación de Rodríguez et al. exploró los efectos de la realidad virtual en la enseñanza de la arquitectura y el diseño [1]. Los resultados revelaron que los estudiantes que utilizaron la realidad virtual mostraron un mayor nivel de comprensión espacial y habilidades gráficas en comparación con aquellos que utilizaron métodos de enseñanza convencionales. Además, un estudio realizado por López-Gullón et al. examinó el impacto de la realidad virtual en la adquisición de habilidades técnicas en el campo del dibujo artístico [2]. Los investigadores encontraron que los estudiantes que emplearon la realidad virtual experimentaron mejoras significativas en la precisión y la percepción de profundidad en sus dibujos. También se observó un aumento en la motivación y el compromiso de los estudiantes con el proceso de aprendizaje.

La implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica también ha demostrado ser beneficiosa para mejorar la accesibilidad y la inclusión en la educación superior. Según el estudio de Martínez-Ortiz et al., los estudiantes con discapacidades visuales encontraron que la realidad virtual les proporcionaba una experiencia de aprendizaje más inclusiva, ya que podían explorar y comprender los conceptos gráficos mediante el uso de otras modalidades sensoriales [3]. Aunque la implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica en estudios superiores en España presenta numerosos beneficios, también se han identificado desafíos y limitaciones. Un

artículo de investigación de García-Ruiz et al. destacó la necesidad de una infraestructura tecnológica adecuada y de formación docente para garantizar un uso efectivo de la realidad virtual en el aula [4]. Además, se subrayó la importancia de un enfoque pedagógico sólido y la integración de la realidad virtual en el currículo de manera coherente.

La realidad virtual ofrece una oportunidad única para superar las barreras geográficas y económicas en la educación artística. En España, hay estudiantes que desean cursar estudios superiores en expresión gráfica pero no tienen acceso a instituciones educativas de renombre o no pueden costear los gastos asociados con la educación artística. La implementación de la realidad virtual en estas asignaturas puede brindarles una experiencia similar a la de estar presentes en un entorno educativo de alta calidad.

Un estudio de López-Meneses et al. investigó la implementación de la realidad virtual en la enseñanza de la escultura en estudios superiores [5]. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de crear esculturas virtuales utilizando herramientas digitales y luego visualizar sus creaciones en un entorno virtual tridimensional. Los resultados revelaron que la realidad virtual permitió a los estudiantes acceder a un proceso de aprendizaje interactivo y estimulante, a pesar de las limitaciones físicas y financieras.

La implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica también puede fomentar la colaboración y la interacción entre los estudiantes. La posibilidad de trabajar en entornos virtuales compartidos facilita la colaboración en proyectos artísticos, donde los estudiantes pueden comunicarse y dar retroalimentación en tiempo real. Un estudio de Piñeiro et al. analizó la experiencia de los estudiantes de diseño gráfico al utilizar la realidad virtual en el proceso creativo [6]. Los participantes destacaron la importancia de la interacción con sus compañeros y cómo la realidad virtual les permitió colaborar de manera efectiva, incluso a distancia.

Además, la realidad virtual puede abrir nuevas vías de exploración artística y estimular la experimentación creativa. Los estudiantes pueden explorar diferentes estilos artísticos y técnicas sin restricciones físicas. Por ejemplo, mediante la realidad virtual, los estudiantes pueden sumergirse en el mundo del arte abstracto y experimentar con formas, colores y texturas de una manera que sería difícil de lograr en un entorno tradicional de estudio. Un artículo de investigación de Rodríguez-Cano et al. examinó el impacto de la realidad virtual en la creatividad de los estudiantes de diseño gráfico [7]. Los resultados indicaron que la realidad virtual facilitó la exploración y la experimentación, fomentando la originalidad y la innovación en el proceso creativo.

Es importante tener en cuenta que la implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica también presenta desafíos y consideraciones éticas. La tecnología aún está en evolución y puede requerir inversiones significativas en términos de infraestructura y equipos. Además, es esencial abordar la brecha digital y garantizar que todos los estudiantes tengan acceso equitativo a la tecnología. Es fundamental que los educadores estén capacitados en el uso de la realidad virtual y puedan integrarla de manera efectiva en el plan de estudios.

El objetivo principal de esta comunicación es expresar y generar las bases de una nueva estrategia metodológica a implantar en las asignaturas de expresión gráfica para el correcto aprendizaje e implementación de la tecnología de realidad virtual al alumnado de la escuela técnica superior de edificación.

2. Metodología

La implementación de la realidad virtual en la asignatura de Dibujo Arquitectónico, Dibujo de Detalles y Proyecto Fin de Carrera de la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM) se llevará a cabo con el objetivo de enriquecer la experiencia de

aprendizaje de los estudiantes. Esta iniciativa se centrará en una actividad práctica en la cual los alumnos, pertenecientes a diferentes cursos (Grado, Doble Grado, Másteres y Tesis Doctorales), trabajarán en la modelización de planos de un edificio utilizando tecnologías BIM.

La actividad se dividirá en varias fases. En primer lugar, los estudiantes realizarán la modelización de los planos del edificio de la ETSEM utilizando tecnologías BIM. Esta etapa permitirá a los alumnos familiarizarse con las herramientas y metodologías utilizadas en la industria de la construcción, así como desarrollar habilidades prácticas relacionadas con la representación gráfica de edificios. Una vez completada la fase de modelización, los estudiantes podrán visualizar el edificio en realidad virtual. Mediante el uso de dispositivos de realidad virtual, podrán sumergirse en un entorno virtual tridimensional que les permitirá explorar el edificio desde diferentes perspectivas y visualizar sus diseños de una manera más inmersiva y realista. Esta experiencia en realidad virtual les brindará una comprensión más profunda de los aspectos espaciales y arquitectónicos de su trabajo.

Además de la realidad virtual, los estudiantes también tendrán la oportunidad de introducirse en el metaverso de la edificación. El metaverso es un espacio virtual colaborativo en el que los participantes pueden interactuar y compartir experiencias en tiempo real. En este contexto, los estudiantes podrán compartir sus diseños, recibir retroalimentación de sus compañeros y colaborar en la creación de entornos virtuales relacionados con la edificación. Esta experiencia en el metaverso fomentará la colaboración y el intercambio de ideas entre los estudiantes, enriqueciendo aún más su aprendizaje. En cuanto a las herramientas docentes y de difusión, se utilizarán recursos y plataformas digitales para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Los estudiantes podrán acceder a materiales de referencia, tutoriales y recursos adicionales relacionados con la modelización, la realidad virtual y el metaverso. Además, se utilizarán plataformas de comunicación y colaboración en línea para facilitar la interacción entre los estudiantes y los profesores, así como para compartir los resultados de la actividad con una audiencia más amplia.

3. Resultados esperados

3.1. Propuesta de continuidad

La realidad virtual y la realidad mixta tienen una alta incidencia en la etapa de diseño y ejecución de proyectos en la industria de la construcción. Estas tecnologías inmersivas ofrecen beneficios significativos, como la disminución de costos de activos a largo plazo y la optimización de procesos durante todo el ciclo de vida de un proyecto. Aunque se han establecido las fases prioritarias en cuanto a emisiones de gases con efecto invernadero y demanda de energía acumulada, es importante abordar estudios futuros para evaluar su impacto completo en la industria de la construcción. La visualización y la interacción que permiten la realidad virtual y la realidad mixta son herramientas poderosas en el ámbito de la construcción. Estas tecnologías permiten a los profesionales visualizar y validar proyectos ubicados en cualquier parte del mundo, lo que facilita la comunicación y la toma de decisiones en el proceso de diseño. Además, optimizan los procesos antes, durante y después de la ejecución de un proyecto, lo que puede conducir a una mayor eficiencia y calidad en la construcción.

En un estudio realizado por Wu et al., se exploró el uso de la realidad virtual en la planificación y el diseño de proyectos de construcción [8]. Los resultados mostraron que la realidad virtual mejoró la comunicación y la colaboración entre los equipos de proyecto, reduciendo la probabilidad de errores y mejorando la toma de decisiones. Además, se observó una mayor comprensión y participación por parte de los clientes y las partes interesadas en el proceso de diseño. Otro artículo relevante es el de Kiziltas et al., que investigó la aplicación de la realidad mixta en la fase de ejecución de proyectos de

construcción [9]. Los investigadores utilizaron dispositivos de realidad mixta para superponer información digital en entornos físicos durante la construcción. Los resultados mostraron que la realidad mixta mejoró la precisión y la eficiencia de las tareas de construcción, al tiempo que redujo los errores y los tiempos de finalización.

Es importante destacar que la implementación de estas tecnologías en la industria de la construcción no se limita solo a las etapas de diseño y ejecución. Se pueden encontrar aplicaciones transversales en otras áreas, como la gestión de instalaciones y el mantenimiento de edificios. La realidad virtual y la realidad mixta permiten a los profesionales visualizar y simular el rendimiento de los sistemas de construcción, evaluar el mantenimiento y realizar inspecciones virtuales. Estas aplicaciones pueden contribuir a la reducción de costos operativos y a la mejora de la eficiencia energética de los edificios. En un estudio de Al-Bazi et al. se investigó el uso de la realidad virtual en la gestión de instalaciones y el mantenimiento de edificios [10]. Los investigadores desarrollaron un entorno virtual que permitía a los profesionales realizar inspecciones virtuales y simular tareas de mantenimiento. Los resultados demostraron que la realidad virtual mejoró la eficiencia y la precisión en la gestión de instalaciones y el mantenimiento de edificios.

Además de los beneficios prácticos, es fundamental reconocer la importancia de que los estudiantes de edificación adquieran conocimientos y habilidades en el uso de estas tecnologías. La inclusión de la realidad virtual y la realidad mixta en la docencia puede preparar a los futuros profesionales para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que surgen en la industria de la construcción.

3.2. Alcance y destinatarios a los que se dirige

En este proyecto, los alumnos aprenderán a utilizar las nuevas tecnologías de realidad virtual en el ámbito de la Edificación. La actividad principal consistirá en la realización de dibujos utilizando tecnologías de modelización BIM para representar todos los planos del edificio de la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid en su situación actual. Además, se realizarán estudios de diferentes fases con la visión en realidad virtual, introduciendo a los estudiantes en el metaverso de la edificación.

La representación de edificios y la creación de maquetas son habilidades muy demandadas en los estudios de Arquitectura y Edificación en la actualidad. Es por eso que es importante que los alumnos se familiaricen con estas técnicas y adquieran experiencia en su uso. La comprensión del lenguaje arquitectónico y su aplicación como instrumento de representación de la Arquitectura son aspectos clave para el desarrollo de su perfil profesional. En el ámbito de la representación arquitectónica, el uso de tecnologías como el BIM (Building Information Modeling) ha revolucionado la forma en que se dibujan y representan los proyectos. Las aplicaciones BIM, como Revit, permiten crear modelos tridimensionales detallados y gestionar la información de los componentes del edificio, su construcción y mantenimiento. Esto proporciona una visión integral y precisa de todo el ciclo de vida del edificio [11].

La realidad virtual es una de las grandes tendencias tecnológicas de los últimos años y ha encontrado una amplia aplicación en diversos campos. En el ámbito de la arquitectura y la construcción, la realidad virtual ofrece una experiencia inmersiva que permite a los profesionales y a los estudiantes visualizar y explorar proyectos arquitectónicos de manera virtual. Esto facilita la comprensión espacial, la evaluación de diseños y la toma de decisiones [12]. El uso de medios digitales, como la realidad virtual, no debe verse como una sustitución de las técnicas tradicionales de representación, sino como un complemento que amplía las posibilidades creativas y de comunicación. Es fundamental tener una comprensión constructiva de la obra arquitectónica o de ingeniería antes de realizar cualquier representación, ya que esto nos permitirá seleccionar la técnica más adecuada para transmitir el mensaje deseado [13].

Además de las habilidades técnicas, el desarrollo de un lenguaje gráfico personal es esencial en el ámbito de la arquitectura. Estimula la imaginación y la experimentación con diferentes técnicas y herramientas, incluyendo la realidad virtual, la fotografía y las herramientas digitales. El dibujo es una forma de expresión y comunicación que no tiene restricciones en términos de códigos o soportes [14]. La incorporación de estas potentes herramientas informáticas en la docencia de la Edificación tiene como objetivo mejorar la preparación de los graduados y su incorporación al mercado laboral. Las competencias que se desarrollarán en este proyecto incluyen el dominio de las tecnologías BIM, el conocimiento de la realidad virtual y la introducción al metaverso en la Edificación.

3.3. Fases del proyecto y acciones que se van a desarrollar en orden cronológico

Las fases del proyecto que se van a realizar en la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid, en los estudios de Grado y Doble Grado.

- Modelización con tecnologías BIM de los planos del edificio de la ETSEM Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid:
 - Realización de dibujos a mano alzada de la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid para la toma de datos.
 - Creación de dibujos a escala del edificio utilizando tecnología BIM.
 - Elaboración de dibujos a escala del edificio utilizando distintos programas como Sketchup, Revit y Archicad.
- Visualización del edificio con realidad virtual:
 - Utilización de distintos elementos para la visualización del edificio.
 - Visualización del edificio desde la perspectiva de la tecnología BIM.
 - Realización de un estudio comparativo de diferentes actuaciones relacionadas con el edificio.
- Introducción en el metaverso de la edificación:
 - Utilización del metaverso como herramienta docente para una mejor comprensión del edificio.
 - Análisis de la herramienta del metaverso y su aplicabilidad en el contexto de la edificación.
 - Realización de un estudio comparado de las diferentes actuaciones dentro del metaverso relacionadas con el edificio.
- Herramientas docentes y de difusión:
 - Utilización de plataformas de difusión, como Moodle u otras similares, para proporcionar información, ejercicios y temas teóricos necesarios a los estudiantes.
 - Creación de modelos informatizados como apoyo a la docencia, actualizando los temas teóricos y prácticos en formato digital.
 - Establecimiento de una base de datos que facilite la búsqueda e intercambio de información a través de internet.
 - Actualización del estudio de las posibles aplicaciones de los diferentes programas de CAD al dibujo arquitectónico.
 - Búsqueda de ayudas y adaptación de las enseñanzas a las necesidades individuales de los estudiantes, especialmente para aquellos con dificultades y diversidad de nivelación.
 - Investigación de metodologías docentes en enseñanzas singulares para alumnos con necesidades especiales.

- Buscar herramientas que motiven a los alumnos mediante el empleo de herramientas atractivas y aprovechar su conocimiento de las nuevas tecnologías. Como profesional el alumno deberá ser capaz de dibujar edificios existentes para su posterior rehabilitación. Se realizarán ejercicios semejantes al tipo de trabajo que realizaría un profesional. El estudio de un edificio ayudará a entender, analizar, estudiar el edificio en todas sus dimensiones

3.4. Seguimiento y evolución del proyecto

El seguimiento del proyecto se llevará a cabo mediante encuestas de satisfacción del alumnado, con el objetivo de evaluar las nuevas iniciativas de presentación de proyectos implementadas. Estas encuestas permitirán recopilar la opinión de los estudiantes sobre la metodología utilizada, la incorporación de la tecnología BIM en la edificación y el uso de la realidad virtual. Con esta retroalimentación, se podrán realizar ajustes y mejoras en el enfoque del proyecto para optimizar la experiencia de aprendizaje de los alumnos.

Además, como la implementación de la metodología BIM en la edificación, junto con la realidad virtual, fomenta la colaboración y la coordinación entre diferentes asignaturas, se realizará un seguimiento de la mejora en la coordinación académica. Se busca promover la transversalidad de los conocimientos adquiridos por los estudiantes a lo largo de su carrera y corregir posibles deficiencias que puedan surgir al abordar proyectos de forma individual en distintas asignaturas. Este enfoque es fundamental para aumentar la calidad y la productividad en los proyectos de edificación.

Para recopilar información relevante, se diseñará un cuestionario en formato Google Docs que se administrará tanto a los alumnos que participen en la experiencia como a aquellos que no hayan optado por ella (grupo de referencia). Estos cuestionarios se realizarán antes de la implementación del proyecto, para conocer el nivel inicial, y durante su desarrollo. Los bloques de preguntas se dividirán en dos partes: la primera parte contendrá preguntas específicas de cada asignatura, mientras que la segunda parte incluirá preguntas transversales a todas las asignaturas implicadas. La evaluación de los resultados de aprendizaje de los estudiantes será otro aspecto clave del seguimiento del proyecto. Se prestará especial atención a los mecanismos para facilitar la atención y los recursos educativos a los estudiantes con dificultades y diversidad de nivelación. Se utilizarán estadísticas y comparativas entre los resultados obtenidos antes y durante la implementación del proyecto para evaluar el impacto de las nuevas metodologías en el rendimiento académico de los alumnos. También se analizará cómo las variaciones en los resultados de una asignatura pueden influir en las demás, buscando identificar posibles sinergias y áreas de mejora.

Además, se buscará difundir los resultados del proyecto a nivel internacional. Se presentarán ponencias en congresos internacionales con evaluación por pares, con el objetivo de compartir las experiencias y los hallazgos obtenidos. Esta participación en eventos académicos permitirá compartir conocimientos y establecer conexiones con otros investigadores y profesionales del ámbito de la edificación y la realidad virtual. Como síntesis de los trabajos realizados, se redactarán artículos de difusión en revistas indexadas. Estos artículos proporcionarán un resumen de los resultados obtenidos, las metodologías empleadas y las conclusiones alcanzadas en el proyecto. La publicación en revistas especializadas contribuirá a compartir los conocimientos adquiridos y a generar un impacto en la comunidad académica y profesional.

4. Conclusiones

Tras el planteamiento del estudio, se establecen unas conclusiones esperadas de la implementación de la estrategia metodológica presentada, así como algunas conclusiones obtenidas tras el planteamiento, que son las siguientes:

- La implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica en estudios superiores en España ofrece nuevas posibilidades para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en términos de representación espacial y comprensión de perspectiva.
- Los estudios científicos demuestran que la realidad virtual mejora significativamente el rendimiento de los estudiantes y su comprensión de los principios fundamentales de la representación gráfica.
- El uso de la realidad virtual en la enseñanza de la expresión gráfica fomenta la creatividad, la experimentación y la satisfacción de los estudiantes con el proceso de aprendizaje.
- La implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica contribuye a la democratización del acceso a la educación artística, superando limitaciones geográficas y económicas.
- La metodología práctica y el enfoque transversal del proyecto en la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid permiten a los estudiantes trabajar en un mismo proyecto y en tiempo real, mejorando la coordinación y la calidad de los proyectos de edificación.
- El uso de tecnologías BIM y realidad virtual en la representación arquitectónica ofrece beneficios en términos de visualización, interacción, validación y optimización de procesos antes, durante y después de la ejecución de proyectos de construcción.
- El aprendizaje y dominio de las técnicas de realidad virtual y BIM en la Edificación mejoran la preparación de los graduados y su incorporación al mercado laboral, ya que estas habilidades son altamente demandadas en la industria.
- El seguimiento y la evaluación del proyecto mediante encuestas de satisfacción del alumnado, análisis de resultados de aprendizaje y comparativas entre asignaturas permiten identificar áreas de mejora y ajustar las metodologías para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La difusión de los resultados del proyecto a través de ponencias en congresos internacionales y artículos en revistas indexadas promueve el intercambio de conocimientos y contribuye a generar un impacto en la comunidad académica y profesional.
- La combinación de tecnologías inmersivas como la realidad virtual con las técnicas tradicionales de representación en la arquitectura y la edificación permite una ampliación de las posibilidades creativas y de comunicación, enriqueciendo la expresión y la representación de los proyectos arquitectónicos.

En conclusión, la implementación de la realidad virtual en las asignaturas de expresión gráfica y la incorporación de tecnologías BIM en la Edificación brindan oportunidades para mejorar el aprendizaje, la coordinación y la calidad de los proyectos. Estas metodologías, junto con el seguimiento, la evaluación y la difusión de resultados, contribuyen a formar profesionales mejor preparados y facilitan la adopción de tecnologías innovadoras en el campo de la construcción.

5. Referencias bibliográficas

- [1] García-Rodríguez, J., Rodríguez, J., & Sevilla, F. (2018). Realidad virtual como herramienta para el aprendizaje de la representación gráfica. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 16(3), 25-42.
- [2] Martínez, P., Meneses, M. D., Llorens, R., Vidal, M. M., & Mollá, E. (2019). The use of virtual reality to improve drawing and painting skills: A case study in higher education. *Education Sciences*, 9(2), 134.
- [3] López-Gullón, J. M., Real, C., & Fernández-Sanz, L. (2020). The influence of virtual reality on technical drawing learning: A case study in higher education. *Education Sciences*, 10(2), 36.
- [4] Cobo, C., Ibáñez, M. B., & Ibáñez, J. G. (2017). Virtual reality as a tool for digital painting: An experimental study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3197-3210.
- [5] López-Meneses, E., Díaz-Puente, J. M., & Marfil, R. (2021). Virtual Reality to overcome space limitations in artistic education. *Design and Innovation Management Journal*, 1(2), 78-94.
- [6] Piñeiro, E., Alarcon, A., Diaz, L., & Sosa, R. (2022). Exploring the Impact of Virtual Reality on Graphic Design Education. In *International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality* (pp. 279-288). Springer.
- [7] Rodríguez-Cano, S., Mendoza, M., Martínez, R., & Álvarez, J. A. (2020). Virtual reality and creativity in graphic design education: A case study. In *Learning and Collaboration Technologies. Designing, Developing and Discovering* (pp. 20-32). Springer.
- [8] Wu, P., Zhao, X., Ding, L., & Lu, Y. (2021). An immersive virtual reality system for planning and design of construction projects. *Automation in Construction*, 126, 103776.
- [9] Kiziltas, S., Mollaoglu, S., Asan, U., & Gurses, M. S. (2019). Mixed reality application in construction process for information communication. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(7), 633-646.
- [10] Al-Bazi, A., Alshawi, M., Goulding, J., & Mustafa, W. (2018). Virtual reality applications for facilities management: A systematic review. *Automation in Construction*, 93, 1-15.
- [11] Keskinen, T., Karjalainen, M., Kähkönen, K., Puttonen, J., Pääkkönen, P., & Hyypä, H. (2021). Investigating the usability of virtual reality for architectural design review. *Automation in Construction*, 125, 103703.
- [12] Koutamanis, A. (2021). Architectural representation in the digital age. *Design Studies*, 81, 102001.
- [13] Ogundipe, A. M., Aigbavboa, C. O., & Thwala, W. D. (2021). Building Information Modeling (BIM) applications in the architectural design process: A review. *Journal of Building Engineering*, 44, 102660.
- [14] van Hooren, J., Knight, T., & Bannwart, F. (2020). Freehand drawing and sketching in architecture education: Necessity, creativity and innovation. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(3), 425-443.

BUILDING INFORMATION MODELING FOR PRECAST CONCRETE COMPONENTS IN DEVELOPED NATIONS

MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN PARA ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN EN PAÍSES DESARROLLADOS

M. Mercedes Valiente López^a, Amirhossein Javaherikhah^b

Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

^amercedes.valiente@upm.es, ^bamirhossein.javaheri@alumnos.upm.es

How to cite: Valiente López, M. M.; Javaherikhah, A. (2024). *Building information modeling for precast concrete components in developed nations*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp.406-415. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Abstract

Since the construction sector consumes a significant part of each country's capital and inevitably affects the development of other countries, especially emerging countries, it is necessary to use methods, techniques and technology in this business. He led the development of several construction projects that produced from quality, durable buildings in less time and at less cost. BIM building information modeling technology, which after a few years since its inception, has occupied a significant part of the global construction market, is one of the most useful and important technologies in the world and a revolution in the construction industry. The high sensitivity of the construction and implementation of prefabricated concrete structures on the one hand and the growing need to build fast and cost-effective structures on the other hand, prompted many construction companies around the world to use this technology in the construction of structures. The use of precast concrete is presented in this research in order to investigate the role of building information modeling technology in the creation of precast concrete buildings and also the benefits of using this technology for such structures, using library studies and past research to obtain results.

Keywords: BIM, Concrete, Technology, Construction.

Resumen

Dado que el sector de la construcción consume una parte importante del capital de cada país y afecta inevitablemente al desarrollo de otros países, especialmente los emergentes, es necesario utilizar métodos, técnicas y tecnología en este negocio. Dirigió el desarrollo de varios proyectos de construcción que producían a partir de edificios de calidad y duraderos en menos tiempo y a menor coste. BIM tecnología de modelado de información de construcción, que después de unos años desde su creación, ha ocupado una parte significativa del mercado mundial de la construcción, es una de las tecnologías más útiles e importantes en el mundo y una revolución en la industria de la construcción. La gran sensibilidad de la construcción y ejecución de estructuras prefabricadas de hormigón, por un lado, y la creciente necesidad de construir estructuras rápidas y rentables, por otro, impulsaron a muchas empresas de construcción de todo el mundo a utilizar esta tecnología en la construcción de estructuras. En esta investigación se presenta el uso del hormigón prefabricado para investigar el papel de la tecnología de modelado de información de construcción en la creación de edificios de hormigón prefabricado y también los beneficios de utilizar esta tecnología para dichas estructuras, utilizando estudios de bibliotecas e investigaciones anteriores para obtener resultados.

Palabras clave: Estructuras, BIM, Hormigón, Tecnología, Construcción.

1. Introduction

Due to the unique implementation challenges and hurdles that the majority of construction projects face, it is vital to employ contemporary technology to address these issues in order to have an influence on the two crucial elements of time and cost. Avoid being impacted by things that have a negative impact on a project's success or failure. Currently, there has been significant advancement in the introduction of numerous ways and procedures. The use of Building Information Modeling (BIM) technology and its integration with the re-engineering process and its incredibly impressive advantages in the process of building and implementing projects, for instance, by numerous engineering organizations, particularly civil, architectural, and facility engineers worldwide, is increasing. Civil engineers have gotten used to it and employ this technology to streamline their projects, particularly prefabricated concrete constructions [1]. Prefabricated concrete components are seen in Fig.1 [21].



Fig. 1. Prefabricated concrete parts (21)

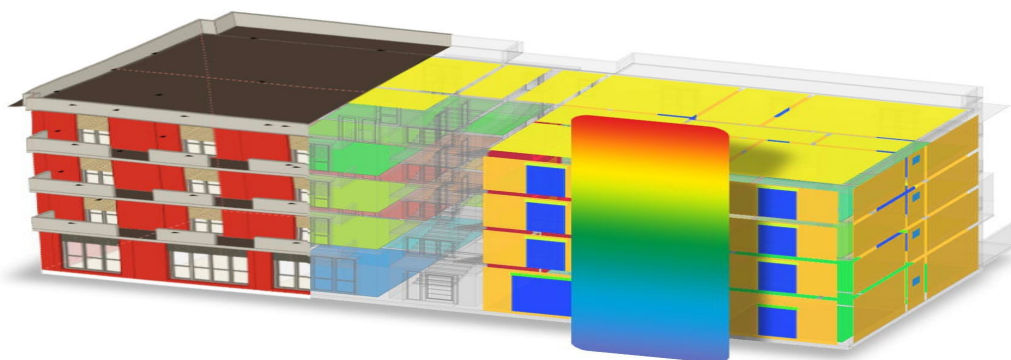


Fig. 2. Digital replica (20)

In these situations, in addition to the project's direct bad impacts, there may also be indirect negative effects, among which it is possible to note the builder's diminished reputation. In addition to the aforementioned negative consequences on the project, there may also be beneficial benefits, such as when we are compelled to adopt current technology to cope with the changes imposed on the project, as a consequence, we unintentionally influence the building engineering community's introduction of a new technology. This alone might be seen as advantageous. Building information modeling technology is one of the practical and effective innovations that have recently joined the nation's construction industry. As a result of the significant transformation and revolution that the introduction of this technology into

engineering has brought about in the fields of civil engineering and architecture, it is essential to take concrete steps to improve the nation's building conditions by conducting enough research in this area [1]. Fig. 2 shows how a building has been transformed into a digital duplicate by modeling the building data [20].

1.1. Literature Review

Building information modeling has been the subject of several studies, all of which dealt with various facets and applications of the subject. Each study, using a different methodology, has shown the need to investigate the current state, efficacy, and knowledge of the advantages of this technology and has contributed to its advancement, development, and broader use. The evaluated studies are generally grouped into three groups. The first group includes studies that have been done to examine the level of acceptability of building information modeling as well as the barriers to and issues with its implementation. The second area consists of studies that have looked at the uses, advantages, and efficiency of developing information modeling technology; the third category is devoted to studies that have been done to create a model for bettering and understanding technology [4].

They found obstacles to the implementation of building information modeling in different research. This study, which gathered the opinions of construction industry experts through a questionnaire, revealed that they are uninterested in and inexperienced in building information modeling. It also revealed that the biggest barriers to its adoption among policymakers are a lack of support and a lack of motivation to promote it. Other barriers to the implementation of this technology in Iran include a lack of awareness and understanding as well as the absence of training materials. Additional barriers to the use of this technology were found to include opposition to altering conventional practices, expenses, the speed of the Internet, a lack of critical infrastructure, and ignorance of possible advantages [5].

However, compared to other nations in the globe, the United States of America is far ahead in the creation of scientific publications in the area of building information modeling, according to research done up to the end of 2015. The Scandinavian nations also have 59 of the papers produced in this branch of science globally. This subject is based on the analysis of the chart created in 2012 by Carneiro et al. Additional research was conducted till 2015, and the order and rating of the nations are still in place. It should be noted that the stark contrast depicted in the diagram below may be the result of varying operating systems, a greater value placed on new technologies, the presence of educational institutions with a focus on building information modeling and construction management, as well as other factors [6]. The number of publications published in developed nations is shown in Fig.3.

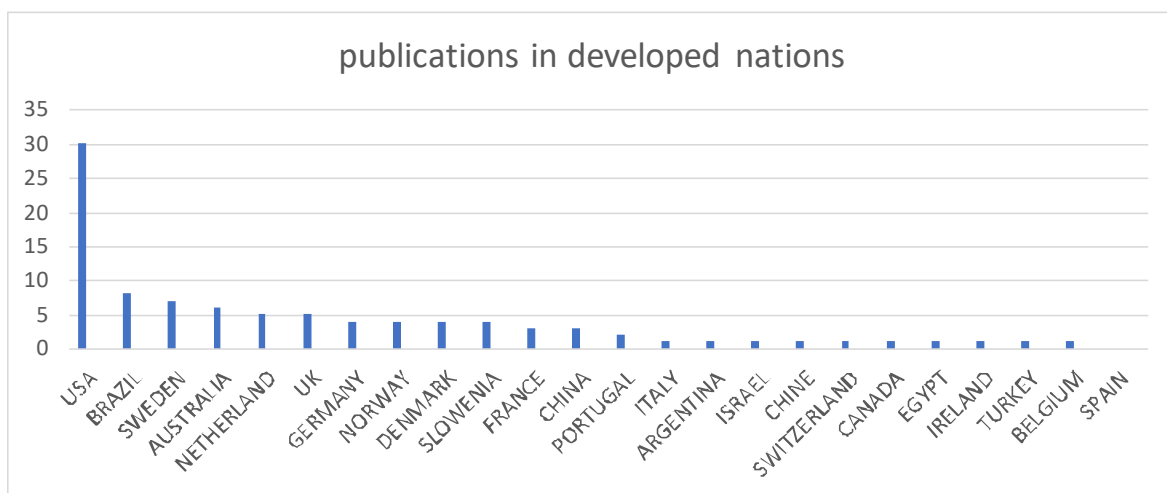


Fig. 3. Articles published in the field of building information modeling by countries until 2015

2. Methodology

I have written this article using library methods and previous research. On the other hand, using articles up to 2015, I reviewed the previous research that shows the impact of BIM on the construction industry. In this article, I describe the effect of precast concrete using beams.

Building information modeling

The creation, use, and management of vital building design and project data via the use of technology, or BIM, allows for the creation of intelligent 3D digital models that can be seen and used throughout the life cycle of a building [2] y [3]. BIM software is based on 3D parametric modeling, a technique that links pertinent data to digital replicas of real-world building components (such as walls, columns, electrical, and plumbing) to describe their characteristics. Sluggish movement [3]. Geometry, relationship geometric properties (such as parallelism, offset from), material quality, design performance, supplier, timetable, cost, and other details are examples of this information [3]. A sophisticated 3D building model is created using BIM platforms, and BIM audit and analysis tools are utilized to investigate or enhance the depth of information in the model [3]. You can see in Fig.4 that by using building information modeling, you can view and check all project information before starting.

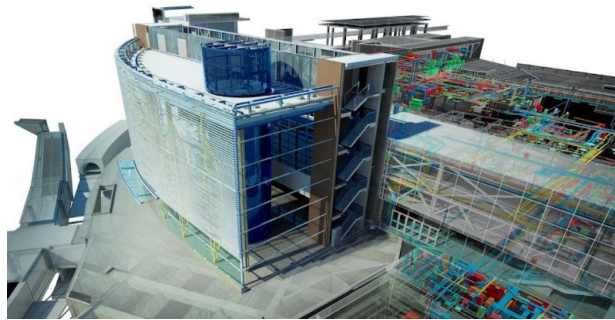


Fig. 4. Building information modeling (22)

Building information modeling advantages

- Time-related issues: Using BIM often cuts down on the amount of time needed to generate construction drawings.
- 4D models: By using 4D tools, the construction planning chain may be evaluated and shared with other members of the project team. The components of the building model should be organized into groups based on the phases of construction and connected to project planning activities.
- Cost-related issues: One of the benefits of BIM is that each component provides data on its length, breadth, and height, as well as any other information required for a quantitative estimate of the project.
- Eliminating waste: The capacity to swiftly build alternative models, keep information and coherence of the specified model (preventing interference), and generate automated reports all contribute to stable and trustworthy data that is mostly discarded and recreated. Lessens the amount of effort and waiting for information.
- Quality: With BIM's many possibilities, it is simple to provide the chance for the quality to be verified and the ultimate objective of higher-quality buildings to be realized [7].

Building information modeling Disadvantages

- Low adoption of new technologies and traditional working methods in construction projects, particularly in developing nations.
- The requirement for job training for employees and operators in contracting firms, consulting firms, and employers' organizations.

- One of the barriers to building information modeling's widespread adoption is that, according to some businesses, it simply refers to 3D design [7].

Building information modeling in Spain and other developed nations

The European Union's Directive 2014/24/UE has been put into effect in the Spanish construction sector. The Building Information Modeling (BIM) Directive, which will go into force in 2016, allows Member States to promote, utilize, and even require the use of BIM in building projects receiving EU funding. Spanish AEC experts use building information modeling to show that BIM technologies are now only deployed during the design phase of residential developments. This approach is seldom used in other kinds of projects or throughout the phases of building, operation, and maintenance. However, experts predict that it would take between three and five years BIM to be fully used in building projects [10]. Building information modeling shown in Spain in Fig.4.

Building Information Modeling (BIM) is becoming more and more common in Spain, particularly in the construction and architectural sectors. Building information modeling (BIM) has recently been backed by the Spanish government in public projects, which has aided in raising awareness and promoting its use in the private sector. The use of BIM in Spain is encouraged by a number of professional associations, including the Spanish Association of Surveying and Mapping, the Spanish Association of Engineering and Architecture Firms, and the Spanish Association of Construction Companies. These groups educate clients and other stakeholders about the benefits of BIM and provide training and support to professionals who want to adopt it. Additionally, there are an increasing number of international companies like Autodesk and Trimble as well as Spanish companies like CYPE and Tekla who provide the BIM software. These companies provide a range of BIM tools and solutions, including as project management and collaboration platforms, design and modeling software, and more. A number of regulatory initiatives have been started by the Spanish government to promote the use of BIM in public projects. BIM, for instance, is now required for all public building projects in Spain as of 2018. In order to monitor the adoption of BIM across several sectors and to promote software tool standardization and interoperability, the government has also formed a BIM Commission [23]. In table number 1, you can see the definitions of advanced countries regarding the modeling of building information.

Country	Initiative
Australia	The Built Environment Industry Initiative Council published recommendations to establish requirements for fully collaborative BIM on Government building procurements by 1 July 2016, however no action was taken. New South Wales' Health Infrastructure has mandated BIM deliverables on all projects over \$30 million [9]
China	A BIM initiative is included in China's 2013 5-year plan, and a development of national guidelines has begun [10]
Denmark	Denmark's government agencies implemented the Digital Construction program in 2007 which requires projects over 5.5m Euros to use the IFC format and produce certain deliverables for facilities management [11]
Finland	The government required models to meet the IFC standard on all projects in 2007 and has outlined its objective to have "all-embracing, integrated model based operations in designing, building and property servicing and maintenance in a few years" [11]
Norway	The government agency responsible for construction projects, Statsbygg, in 2010 required that all properties use the IFC based BIM for the lifecycle whole lifecycle of the facility [12]
Singapore	Singapore's government is applying for a mandate for BIM by 2015, as well as providing incentives for "early pathfinders" (12). In addition to this, CORENET, a government development, is a fully funded resource provided by the government for automated code checking of models[11]
South Korea	South Korea's Public Procurement Service has made it compulsory for all projects over SK50m and for all public sector projects by 2016 [12]
United Kingdom	The UK Government Construction Strategy, published in 2011, set the requirement for the implementation of fully-collaborative BIM on all of its projects by 2016" [13]
USA	The General Services Administration has required mandatory BIM submission for governmental projects since 2008 [10]

Tabla 1. BIM Initiatives around the world

Building information modeling in prefabricated concrete parts

Precast concrete is often defined as concrete that is manufactured and treated in a factory setting before being delivered to the project site. Due to industrial manufacturing, this kind of concrete is made in a way that ensures good quality. Despite the fact that BIM is used in building projects, it is also seen necessary in the prefab business. BIM is a relatively new concept that initially has a narrow definition that only refers to the CAD model and information associated with it before expanding throughout the course of an organization's life cycle. Therefore, if BIM is properly implemented, it may modify the project participants' responsibilities and communication, as well as lower the project's cost and duration [3]. Constructing information modeling has many uses today, from designing and constructing structures to operating them and even destroying them. By digitally exhibiting the building's attributes, this technology assists the project management and stakeholders in making the best choice at every step. Modeling of building information all construction management tasks, which are based on contract papers, are reliant on the two types of maps and specifications, in that maps are used to define the scope of the work and technical specifications are used to determine its quality. In actuality, these two categories are used to set the performance assessment standards for contractors. We already know that the **execution** plans of various design groups are generated independently but in collaboration with one another in the typical manner of construction management. On the one hand, plans and specifications are provided separately. Everyone can see the apparent drawbacks of this approach, and maybe the worst ones are the lack of cooperation, errors, and redoing work. In Fig.5, the design of precast concrete is done using the required design software.

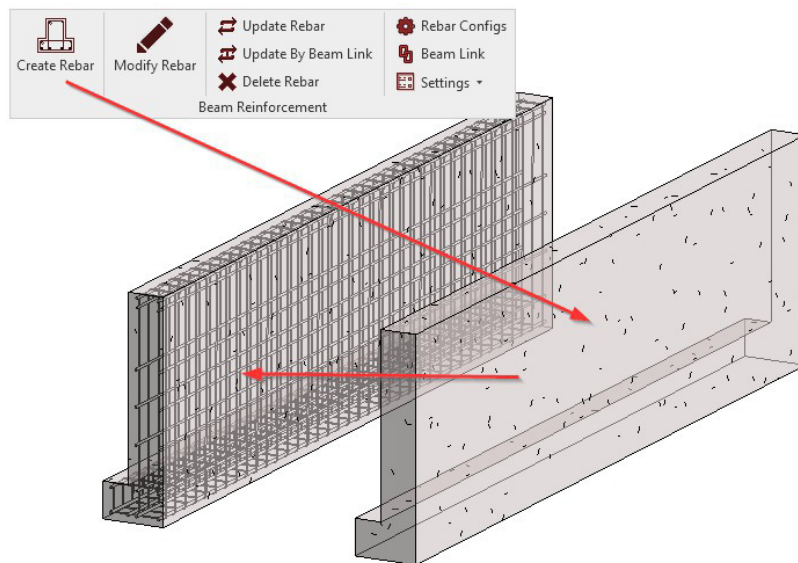


Fig. 5. Precast concrete design using software [23].

Advantages of Precast concrete

- High speed construction
- Lower costs
- High quality parts
- Storage of parts
- Ability to operate in adverse weather
- Construction of temporary structures and reuse of parts;

- Easier control of creep and shrinkage of prefabricated parts
- Less manpower
- Better planning and project management
- Better use of pre-tensioning and post-tensioning techniques [14] y [15]

Disadvantages of precast concrete

- High initial investment is required
- Unique arrangements for transporting and implementing components need to be designed and considered
- Parts need to be adjusted and weigh a certain amount
- There are design and implementation constraints [14] y [15]

Construction information modeling technology in precast concrete

- Ability to analyze the structure
- Capability to review construction phases
- Possibility of precise planning of workshop equipment
- Scheduling and sequence of manufacturing operations of prefabricated parts
- Estimation of the construction cost of the prefabricated structure
- Integration of information from subcontractors and material
- Coordination between systems [16], [17] y [18]

Steps to use BIM in precast concrete

In general, there will be three main stages in the phased review of the building by BIM, which are:

- Step 1) Before construction
- Step 2) under construction
- Step 3) After construction

It should be observed that the aforementioned stages are not clearly separated from one another; rather, they are all interconnected. Following these steps will help you arrive at design strategies that reduce the environmental effect of your building while considering its life cycle. Pre-construction activities include site selection, building design, and activities related to building design that take place prior to the establishment and use of materials. The sustainable design strategy considers the effects on the environment of structural design, building orientation, its impact on the surrounding landscape, and the materials utilized. A building's physical construction and usage are referred to as the "construction stage" of a building's life cycle. The sustainable design approach looks at how buildings are constructed and run in order to identify solutions to decrease the negative environmental consequences of resource usage. They also consider the long-term consequences of the surrounding environment on the health of the building's tenants [19].

The post-construction phase begins as soon as the structure has served its purpose. At this point, the building materials will either be repurposed into new constructions or will be dumped back into nature as trash. A crucial aspect of the sustainable design approach is reducing construction waste by recycling and reusing buildings and construction materials [19].

A building's physical construction and usage are referred to as the "construction stage" of a building's life cycle. In order to identify strategies to lessen the negative environmental consequences of resource use, the design, construction, and operation of buildings are evaluated. The long-term health consequences of the building's surroundings on its

occupants are also taken into consideration. The post-construction phase begins as soon as the structure has served its purpose. At this point, the building materials will either be repurposed into new constructions or will be dumped back into nature as trash. A crucial aspect of the sustainable design approach is reducing construction waste by recycling and reusing buildings and construction materials.

The five primary subgroups that make up the work process are: Utilizing BIM to divide up additional implementation phases:

- First phase: before construction
- Second phase: construction
- The third phase: accurate and detailed design
- The fourth phase: preliminary design
- The fifth phase: planning

The effect of using BIM in precast concrete

In general, the following aspects may be taken into account when evaluating the impact of BIM on the technical parameters of concrete structures:

Weight: By incorporating the weight of the concrete component in the information data, the executive engineers may gain significantly. For instance, it will be able to select the kind and tonnage of the required crane by entering the part's weight and telling the installation engineer of it, guaranteeing safety during installation. The delivery of components also uses more conventional techniques and adequate equipment, which is crucial economically.

Dimensions: By knowing the part's dimensions and including them in the **BIM** data, it is possible to more precisely examine the part's location and the space that is available for its installation. Additionally, it is possible to choose the best equipment for transporting and installing the part while also avoiding implementation issues.

Fire resistance: As one of the primary considerations in the design and construction of concrete structures' fire resistance choice, ASTM E, prefabricated concrete panels composed of light grains, silica, carbonate, and light sand vary in their fire resistance and depend on the piece's thickness. In this standard, the amount of fire resistance lasting between one and four hours is considered. Understanding the prefabricated component's degree of fire resistance, which relies on the materials used and the thickness of the piece (for example, in parking lots or commercial areas with significant traffic), will help you pick the best place and circumstance for deploying it.

Implementation method: Implementation is one of the most critical and crucial phases in the building precast concrete components. It is feasible to describe the working environment, including the temperature, in BIM.

Part coding: The installation order of the pieces and the position of each part may be researched by entering the code and the number of the prefabricated part in BIM.

Connections: The right and principled installation of components may be achieved by using the right form of connection between prefabricated elements, such as beams, columns, slabs, foundations, etc.

Consumable components: One of the most significant and determining aspects in the creation of prefabricated parts is the consumption of components and their physical and chemical properties. The aforementioned details and attributes are equally applicable to **BIM** [1].

Design: BIM allows for the entry of data pertaining to the design of prefabricated members, applicable rules, the amount of steel utilized in the component, etc [1].

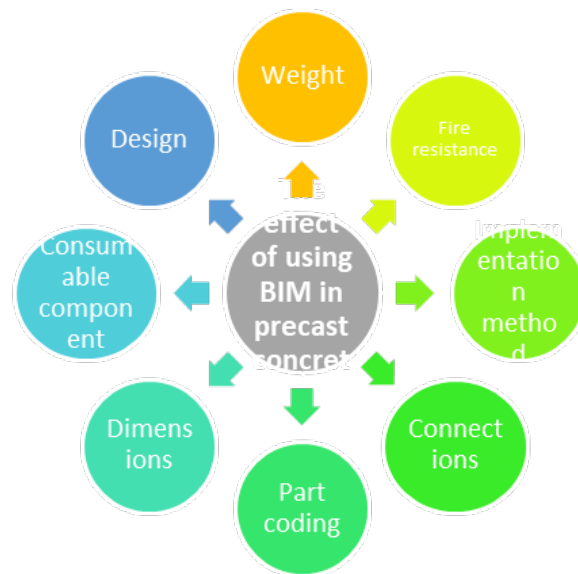


Fig. 6. A summary of the impact of BIM on precast concrete parts (author)

3. Conclusion

Precast concrete structures can benefit from using the BIM method in many ways, such as speeding up project completion, improving workshop management, installing parts without any unintentional errors, properly coding parts and streamlining the installation process, producing precast concrete with high quality (due to the monitoring of consumables and the factory process of its manufacture), and better managing parts transportation without any potential problems. In light of the aforementioned benefits, it is advised that BIM technology be used in all prefabricated buildings, whether they are high-rise or multi-story, in order to speed up the construction process and improve accuracy and efficiency of implementation. To maximize accuracy in the process and avoid some from being overlooked, take into account the specifics and executive details of the prefabricated concrete structures, including connections, plates, reinforcements, apertures, etc. It will be impossible to escape the finer points of employing the BIM approach. In addition to their complexity, prefabricated parts also have various production methods. As a result, the concrete mixes produced in various locations differ significantly from one another due to the various materials used there and the unique climatic conditions of each location. They are, in general, prefabricated concrete structures built with building information modeling technology can be built more accurately from the design stage to operation, avoid some unpleasant possibilities and events that could delay the project's construction, and reduce unnecessary costs.

4. References

- [1] Arash Dadashi, 2019, in structures (BIM), the effect of using precast concrete building information modeling
- [2] Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*,18(3), 357-375.
- [3] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers*. John Wiley & Sons.
- [4] Mamter, S., Abdolaziz, A., Zulkepli, J. (2017). Root causes occurrence of low BIM adoption in Malaysia: System dynamics modelling approach. *The 3rd International Conference on Construction and Building Engineering*. Palembang, Indonesia.

- [5] Hosseini M., Azari, E., Tivendale, L., Banihashemi, S., Chileshe, N. (2016). Building Information Modeling (BIM) in Iran: an exploratory study. *Journal of engineering, project, and production management*, 6(2), 78-89(in Persian).
- [6] Rezaei Akbar et al., 2019, review of the integration of building information modeling with the prefab industry in advanced countries and Iran, *Research Quarterly in Science, Engineering and Technology*, Volume 6, Number 1
- [7] Dunn, J. E. (2007). Building Information Modeling Specialist. Retrieved from: www.kcrevit.com/Job_Postings_Main.htm
- [8] SILVIA ANDRÉS, ARÁNZA DE LA PEÑA, PATRICIA DEL SOLAR, MARÍA DOLORES VIVAS, 2017, Implementation of BIM in Spanish construction industry, building and management
- [9] McGowan, S (2013), Bishop to King, *EcoLibrium-AIRAH Journal*, 13(9), 22-29.
- [10] Hong Kong Construction Industry Council (2013). Final Draft Report of the Roadmap for BIM Strategic Implementation in Hong Kong's Construction Industry, HKCIC
- [11] buildingSMART Australasia (2012). National Building Information Modelling Initiative. Volume 1: Strategy. buildingSMART Australasia
- [12] Chew, A. and Riley, M. (2013). What is going on with BIM? On the way to 6D. *International Construction Law Review*, 30(3), 253-265.
- [13] UK Government Cabinet Office (2011). Industrial Strategy: Government and Industry in Partnership, Retrieved from: [<https://www.gov.uk/government/publications/building-information-modelling>]
- [14] Hughes, S. R., and B. C. Crisp. "Structural Precast Concrete in Melbourne, Australia." Australasian Structural Engineering Conference 2008: Engaging with Structural Engineering. Meeting Planners, 2008.
- [15] Park, Robert. (2003). Seismic Design of Precast Concrete Building Structures. FIB-Féd. Int. du Béton Vol. 27.
- [16] Dawood, N., and Mallasi, Z. (2006). Construction Workplace Planning: Assignment and Analysis Utilizing 4D Visualization Technologies. *Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering*, Pgs. 498-513.
- [17] Lu, W., Huang, G. Q., & Li, H. (2011). Scenarios for applying RFID technology in construction project management. *Automation in Construction*, 20(2), 101-106.
- [18] Polat, G. (2008). Factors affecting the use of precast concrete systems in the United States. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(3), 169-178.
- [19] Darby, S. (2006). The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption. A Review for Defra of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays. University of Oxford, Oxford, UK: Environmental Change Institute.
- [20] <https://parametric-architecture.com/building-information-modelling-bim-dimensions-4d-5d-6d/>
- [21] https://www.engineeringnews.co.za/article/precast-concrete-manufacturing-complements-construction-sector-2020-05-29/rep_id:4136
- [22] <https://www.ecs.co.za/building-information-modelling-bim-is-the-future/>
- [23] https://www.bft-international.com/en/artikel/bft_Rebar-modelling_automation_for_Revit_introduced-3536787.html