

Documentar, estudiar y difundir el patrimonio: Posibilidades, criterios y retos

Documenting, studying and disseminating heritage: Opportunities, criteria, and challenges

Pilar Chías Navarro 
Universidad de Alcalá. pilar.chias@uah.es

Received 2023-05-03
Accepted 2023-07-28



To cite this article: Chías Navarro, Pilar. "Documenting, studying and disseminating heritage: Opportunities, criteria, and challenges." *VLC arquitectura* 10, no. 2 (October 2023): 153-175. ISSN: 2341-3050. <https://doi.org/10.4995/vlc.2023.19657>



Resumen: La evolución reciente de los métodos y las técnicas disponibles para documentar el patrimonio y el paisaje está siendo exponencial. Los métodos manuales utilizados en los levantamientos directos, que aún son útiles en determinados casos y circunstancias, conviven y complementan las más modernas técnicas fotogramétricas, los escaneos y los modelos 3D. Por ello, es el momento de realizar una revisión crítica tanto de los criterios de aplicación de los diferentes métodos, como de las posibilidades de difusión de los datos y de la información obtenida, que abarcan desde la implementación de HBIM hasta la realidad virtual, que cada vez más involucra a distintos sentidos y estimula la imaginación. Precisamente por la facilidad que hay para acceder a tantos medios y técnicas, y por la obligatoriedad que emana de la Unión Europea de que la información sea pública (*Open Data*) y de que los ciudadanos sean partícipes de ella (la "ciencia abierta," *Open Science*), es el momento de reflexionar y de abordar un análisis crítico de la oportunidad y de las posibilidades que ofrece cada metodología, destacando a la vez sus puntos débiles y el modo de subsanarlos.

Palabras clave: Patrimonio construido; Levantamiento; Ciencia abierta; HBIM.

Abstract: The recent evolution of the methods and techniques available for documenting heritage and landscape is evolving exponentially. The manual methods used in direct surveys, which are still useful in certain cases and circumstances, coexist with and complement the most modern photogrammetric techniques, scans, and 3D models. Therefore, it is time for a critical review of both the criteria for applying the different methods and the possibilities for disseminating the data and information obtained, ranging from the implementation of HBIM to virtual reality, which increasingly involves different senses and stimulates the imagination. It is precisely due to the easy access to so many means and techniques, and because of the European Union's obligation to make information public (*Open Data*) and for citizens to participate in it (*Open Science*), that it is time to reflect on and critically analyze the opportunities and possibilities offered by each methodology, highlighting both its weaknesses and how to solve them.

Keywords: Built Heritage; Surveying; Open Science; HBIM.

INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS

El interés y preocupación que ha suscitado la arquitectura de tiempos pretéritos -en este caso de la Antigüedad-, quedó de manifiesto en la primera parte de la célebre *Carta* enviada al papa León X,¹ cuya autoría se ha atribuido a Rafael de Sanzio y a Baldassare Castiglione. Pero la reivindicación del escrito trasciende a la preocupación arqueológica, pues en la segunda parte aborda detalladamente el método a seguir en el levantamiento de las edificaciones antiguas.²

A lo largo de los seis siglos siguientes se han perfeccionado métodos y técnicas, lo que actualmente ha permitido modelar digitalmente el patrimonio, recurrir a la realidad virtual (VR, según las siglas en inglés) y vincular metadatos a los elementos dibujados a través de las infinitas posibilidades que abre la realidad aumentada (AR) para proporcionar una experiencia holística simulada de la arquitectura;³ pero a la vez, la incorporación de la inteligencia artificial (AI) en trabajos altamente transdisciplinarios está abriendo campos de investigación en arquitectura que eran impensables hace pocos años.⁴

Es obvio que tal aumento de posibilidades requiere un cambio de mentalidad, tener criterios claros y abordar cualquier trabajo desde la prioridad que establecen los objetivos, desde una posición crítica que es plenamente consciente de las posibilidades, pero también de las limitaciones: pues hoy, más que nunca, una imagen puede ser tan espectacular como falsa.

A las circunstancias asociadas al propósito concreto de cada trabajo hay que añadir que la Ciencia actual se inserta en el contexto europeo, y en consecuencia ha de tener en cuenta sus objetivos y estrategias, especialmente en lo que afecta a la información pública de procesos y resultados (*Open Data, Open Science*), a la participación ciudadana y a la transferencia a la sociedad.

El presente trabajo aborda una reflexión crítica de la documentación, el estudio y la difusión del patrimonio construido en el contexto actual, desde la experiencia

INTRODUCTION. OBJECTIVES

The interest and concern for the architecture of bygone times - in this case, antiquity - was evident in the first part of the famous *Letter* sent to Pope Leo X,¹ the authorship of which has been attributed to Raphael de Sanzio and Baldassare Castiglione. However, the claim of the writing goes beyond the archaeological concern because the second part deals in detail with the method to be followed in the survey of ancient buildings.²

During the following six centuries, methods and techniques have been refined, which have now made it possible to digitally model heritage, use virtual reality (VR), and link metadata to drawn elements through the infinite possibilities of augmented reality (AR) to provide a holistic simulated experience of architecture;³ but at the same time, the incorporation of artificial intelligence (AI) is highly transdisciplinary work is opening up fields of research in architecture that were inconceivable just a few years ago.⁴

It is obvious that such an increase in possibilities requires a change of mindset, having clear criteria, and approaching any work from the priority established by the objectives, from a critical position that is fully aware of the possibilities, but also of the limitations: Nowadays, more than ever, an image can be spectacular and fake at the same time.

In addition to the circumstances associated with the specific purpose of each work, it must be pointed out that science today is embedded in the European context and consequently must take into account its objectives and strategies, especially with regard to the public information of processes and results (*Open Data, Open Science*), citizen participation and transfer to society.

This paper is a critical reflection on the documentation, study, and dissemination of built heritage in today's context, from the experience

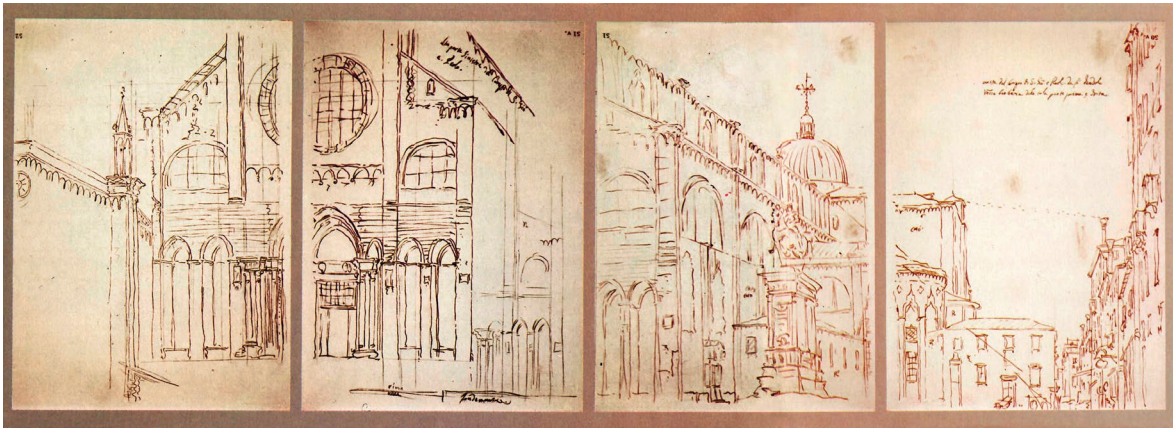


Figura 1. Canaletto c1720, bocetos realizados con cámara oscura del Campo Ss. Giovanni e Paolo en Venecia.

Figure 1. Canaletto c1720, camera obscura sketches of the Field Ss. Giovanni e Paolo in Venice.

y la perspectiva que nos brindan los seis siglos que han transcurrido entre la redacción de la *Carta* y el complejo y poliédrico contexto actual.

Antecedentes y evolución

Desde el Renacimiento, los métodos y las técnicas utilizados para documentar a través de dibujos fidedignos la arquitectura y la ciudad han ido mejorando en calidad y en precisión de manera exponencial.

Los levantamientos directos y los topográficos, utilizando instrumentos de agrimensura perfeccionados cuyo origen se remonta a la Antigüedad y a la Edad Media, fueron practicados de manera generalizada desde el siglo *xvi* por los ingenieros militares y los cartógrafos.⁵

Los artificios ópticos como la cámara oscura, y la sucesiva incorporación de espejos y lentes a los instrumentos hicieron posible avanzar en los métodos basados en la restitución perspectiva que fueron muy utilizados por pintores y arquitectos para conocer los ejemplos clásicos (Figura 1),⁶ especialmente desde que las Academias europeas establecieron una “renovada relación con la historia y la memoria del pasado” estimulada a través de actividades como las pensiones⁷ y el *Grand Tour*,⁸ que permitieron conocer

and perspective of the six centuries that have elapsed between the drafting of the *Charter* and the complex and multifaceted context of today.

History and Development

Since the Renaissance, the methods and techniques used to document architecture and the city through reliable drawings have improved in quality and accuracy exponentially.

Direct surveys and topographic surveys, using sophisticated surveying instruments dating back to Antiquity and the Middle Ages, were widely practiced from the 16th century onwards by military engineers and cartographers.⁵

Optical devices such as the camera obscura, and the successive incorporation of mirrors and lenses to the instruments made it possible to advance methods based on perspective restitution that was widely used by painters and architects to get to know classical examples (Figure 1),⁶ especially since the European Academies established a “renewed relationship with the history and memory of the past” stimulated through activities such as the guesthouses⁷ and the *Grand Tour*,⁸ which made



Figura 2. José de Hermosilla 1787, *Plano general de la fortaleza del (sic) Alhambra, sus contornos y parte de la jurisdicción.*

Figure 2. José de Hermosilla 1787, *General plan of the Alhambra fortress, its contours, and part of the jurisdiction.*

y experimentar las ruinas directamente,⁹ a la vez que se apoyaba la formación de una colección de monumentos arquitectónicos de España similar a la de otros países europeos (Figura 2).¹⁰

it possible to see and experience the ruins directly,⁹ while supporting the formation of a collection of architectural monuments in Spain similar to that of other European countries (Figure 2).¹⁰

Gracias a instrumentos como la cámara clara, la recuperación sistemática de las imágenes perspectivas y de sus valores métricos por Aragó en 1839 permitió que Laussedat pusiera a punto el método de restitución a partir de 1850. Casi simultáneamente, el potencial de incorporar la cámara fotográfica al levantamiento topográfico fue advertido por Ignazio Porro y aplicado exitosamente por Meydenbauer a la arquitectura desde 1867.¹¹ Casi un siglo después, la fotogrametría analítica y los ordenadores abrieron el amplio abanico de posibilidades que hoy nos ofrece la fotogrametría digital en el ámbito del levantamiento arquitectónico, urbano y arqueológico a través de la exportación a programas de CAD.¹²

Thanks to tools such as the clear camera, the systematic recovery of perspective images and their metric values by Aragó in 1839 enabled Laussedat to develop the restitution method from 1850 onwards. Simultaneously, the potential of incorporating the camera into surveying was noticed by Ignazio Porro and successfully applied by Meydenbauer to architecture as early as 1867.¹¹ A century later, analytical photogrammetry and computers opened up the wide range of possibilities that digital photogrammetry offers us today in the field of architectural, urban, and archaeological surveys through export to CAD programs.¹²

Aunque los sistemas de medición por láser se utilizan en la industria desde hace décadas, en los años 90 del pasado siglo se comercializaron los primeros sistemas integrados de escaneos 3D que, trabajando conjuntamente con los instrumentos topográficos que permiten una georreferenciación precisa, han posibilitado la construcción de modelos digitales de arquitectura y han abierto la puerta a los desarrollos BIM y HBIM, que en definitiva son aplicaciones a escala arquitectónica de los sistemas de información geográfica (SIG/GIS) 2D y 3D que asocian atributos multiformato a los elementos gráficos vectoriales o a los píxeles de las imágenes ráster procedentes de distintos sensores.¹³

No es el objetivo de este artículo profundizar en cada método o técnica, pues de ello se han ocupado tanto los manuales clásicos,¹⁴ como el más reciente y actualizado compendio de Antonio Almagro,¹⁵ que aporta una interesante perspectiva crítica desde su larga experiencia práctica y teórica con los levantamientos. También abundan los ejemplos en recopilaciones como la de Chías y Cardone¹⁶ y en prestigiosas revistas especializadas¹⁷ en las que, aportando un enfoque cada vez más analítico, ya constituyen la mayoría de las contribuciones. Por ello resulta paradójico que la palabra “levantamiento” aún no figure en el Diccionario de la Real Academia Española con esta acepción, a pesar de que su uso está generalizado y a diferencia de lo que sucede en otras lenguas.¹⁸

Para qué: la finalidad del levantamiento

El papel del arquitecto y del arqueólogo en las tareas que implica el levantamiento es el de recopilar, seleccionar, ordenar y procesar los datos obtenidos en el trabajo de campo, ejerciendo un control métrico y geométrico riguroso,¹⁹ y con unos objetivos claros. Como resume Bertocci,²⁰ *“possiamo per tanto avere rilievi tematici per la conoscenza storica, rilievi per il restauro, rilievi per la documentazione archeologica, rilievi per la catalogazione, rilievi per la conoscenza formale e dimensionale o ancora altro; possiamo infine avere anche un rilievo sperimentale,*

Although laser measurement systems have been used in industry for decades, in the 1990s the first integrated 3D scanning systems were marketed which, working in conjunction with topographic instruments that allow precise georeferencing, have made it possible to build digital architectural models and have opened the door to BIM and HBIM developments, which are ultimately architectural-scale applications of 2D and 3D geographic information systems (GIS/GIS) that associate multi-format attributes to vector graphic elements or pixels of raster images from different sensors.¹³

It is not the aim of this article to detail each method or technique deeply, as this has been dealt with in the classic manuals,¹⁴ as well as in the more recent and updated compendium by Antonio Almagro,¹⁵ who provides an interesting critical perspective from his long practical and theoretical experience with surveys. Examples also abound in compilations such as Chías and Cardone¹⁶ and in prestigious specialized journals¹⁷ in which, with an increasingly analytical approach, they already constitute the majority of contributions. It is therefore ironic that the word “survey” does not yet appear in the *Diccionario de la Real Academia Española* with this meaning, even though its use is widespread and unlike what happens in other languages.¹⁸

Why: the purpose of the survey

The role of the architect and the archaeologist in the tasks involved in the survey is to collect, select, order, and process the data obtained in the fieldwork, exercising rigorous metric and geometric control,¹⁹ and with clear objectives. As Bertocci resumes,²⁰ *“possiamo per tanto avere rilievi tematici per la conoscenza storica, rilievi per il restauro, rilievi per la documentazione archeologica, rilievi per la catalogazione, rilievi per la conoscenza formale e dimensionale o ancora altro; possiamo infine avere anche un rilievo*

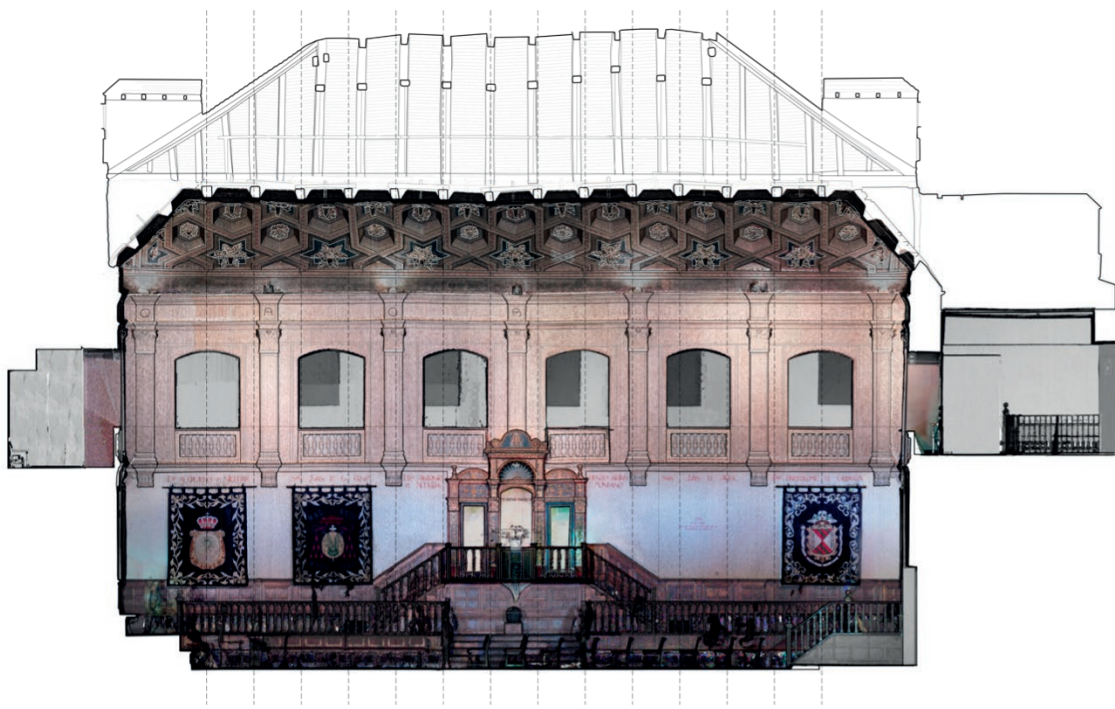


Figura 3. De Miguel, González, Chías y Abad 2022, Sección longitudinal del Paraninfo de la Universidad de Alcalá: ortoimagen obtenida a partir de la nube de puntos.

Figure 3. De Miguel, González, Chías and Abad 2022, Longitudinal section of the *Paraninfo* of the University of Alcalá: orthoimage obtained from the point cloud.

che si sviluppa anche con modalità didattiche, finalizzato alla comprensione degli strumenti e dei metodi di lavoro."²¹

En esta relación de posibilidades debería estar implícito el hecho de que el conocimiento integral de la arquitectura y de la ciudad históricas, no debe limitarse a lo que es visible, pues se debe indagar en otros aspectos como el orden interno y sus mecanismos de construcción,²² las estructuras, los métodos y las técnicas constructivas, las deformaciones y las patologías, aunque para ello se requiera aplicar otro tipo de estrategias e instrumentos –como las cámaras térmicas de infrarrojos o los rayos X, por citar sólo técnicas no invasivas–, que revelen el interior de los paramentos. En esta línea, también hay que investigar lo que esconden los espacios ocultos o difícilmente

sperimentale, che si sviluppa anche con modalità didattiche, finalizzato alla comprensione degli strumenti e dei metodi di lavoro."²¹

Implicit in this list of possibilities should be the fact that a comprehensive knowledge of historic architecture and the historic city should not be limited to what is visible, but should investigate other aspects such as the internal order and its construction mechanisms,²² structures, construction methods and techniques, deformations and pathologies, even if this requires the application of other strategies and instruments –such as infrared thermal cameras or X-rays, to mention only non-invasive techniques– that reveal the interior of the walls. In this regard, it is also essential to investigate what is hidden in hidden or

accesibles como las cámaras, los camaranchones, los trasdoses visitables de las bóvedas y de las cúpulas, etc. (Figura 3).²³

Los edificios históricos rara vez se han construido en una sola fase,²⁴ e incluso en estos raros casos las intervenciones posteriores han afectado a las fábricas originales de modo variable; por ello, esta aproximación al interior de los paramentos y a espacios aparentemente residuales permite comprender las fases constructivas, conocer los procesos históricos por los que ha pasado, y abordar su análisis. En consecuencia, el estudio de la arquitectura no se puede reducir a sus espacios públicos o más representativos y a los elementos que los caracterizan y dan forma, olvidando aquéllos que han permitido que cumpla su esencial función de habitar a lo largo de los siglos como las galerías y los espacios de servicio, los aljibes y los sótanos, etc., pues este conocimiento es esencial y ha de ser previo a cualquier intervención. Son estos espacios los que suelen requerir la adaptación de técnicas consolidadas a los retos que plantean –ausencia de geometría, falta de conexión visual y física entre espacios, falta de luz, pérdidas de conectividad, etc.– y a suplir las carencias con soluciones imaginativas (Figura 4).

Por otra parte, a partir de los levantamientos obtenidos a través de técnicas digitales se pueden obtener resultados gráficos que han abierto un amplio abanico de posibilidades en la documentación de la arquitectura histórica. Entre ellas, la posibilidad de realizar secciones muy delgadas de las nubes de puntos procedentes de los escaneos láser y de exportarlas a programas de CAD para realizar plantas y secciones en diédrico a la escala deseada (Figura 7, abajo), es tan conocida como utilizada por profesionales e investigadores.

Desde fechas recientes, el uso de cámaras montadas en drones (UAV, Unidades de Vuelo no Tripuladas) y de programas de ordenador específicos, están facilitando la formación de estos modelos tridimensionales, mejorados en su apariencia y visualización con la superposición de mapeados a las nubes de puntos,²⁵ a la vez que se evita el costoso montaje de andamios.

difficult-to-access spaces such as vaults, attics, and crypt and dome infills that can be visited, etc. (Figure 3).²³

Historic buildings have barely been built in a single phase,²⁴ and even in these rare cases later interventions have affected the original masonry variably; therefore, this approach to the interior of the walls and residual spaces allows us to understand the construction phases, to know the historical processes through which they have passed, and to approach their analysis. As a result, the study of architecture cannot be restricted to its public or most representative spaces and the elements that define and shape them, forgetting those that have allowed it to fulfill its fundamental function of habitation over the centuries, such as the galleries and service spaces, the cisterns and basements, etc., as this knowledge is essential and must be before any intervention. It is these spaces that often require the adaptation of established techniques to the challenges they pose –lack of geometry, lack of visual and physical connection between spaces, lack of light, loss of connectivity, etc.– and to make up for the shortcomings with imaginative solutions (Figure 4).

On the other hand, surveys obtained through digital techniques can provide graphic results that have opened up a wide range of possibilities in the documentation of historical architecture. Among them, the possibility of making very thin sections of the point clouds from the laser scans and exporting them to CAD programs to make plans and dihedral sections at the desired scale (Figure 7, below), is as well known as it is used by professionals and researchers.

In recent times, using cameras mounted on drones (UAVs, Unmanned Aerial Vehicles) and specific computer programs are facilitating the formation of these three-dimensional models, improved in appearance and visualization with the superposition of mappings on the point clouds,²⁵ while avoiding the costly assembly of scaffolding.



Figura 4. Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, fotografía del interior del espacio de la fachada doble de la cocina antigua del Convento, inaccesible, que se ha obtenido con un palo para *selfies* desde el nivel de los 45 pies. Véase la sección de la Figura 7.

Figure 4. Monastery of San Lorenzo de El Escorial, a photograph of the interior of the double façade space of the old kitchen of the Convent, inaccessible, obtained with a selfie stick from the 45-foot level. See Figure 7.

Otro grupo de posibilidades se abre con la construcción de modelos digitales a partir de métodos fotogramétricos o de nubes de puntos obtenidos de los escaneados láser,²⁶ que permiten en fases posteriores vincular los elementos arquitectónicos y arqueológicos entre sí y a distintas bases de datos multiformato para crear sistemas de información tridimensionales (BIM, *Built Information Modelling*). Estos sistemas pueden facilitar tanto la gestión de las construcciones como las intervenciones a realizar.²⁷

Another set of possibilities opens up with the construction of digital models from photogrammetric or point cloud methods obtained from laser scans,²⁶ which allow in later phases to link architectural and archaeological elements to each other and to different multi-format databases to create three-dimensional information systems (BIM, *Built Information Modelling*). These systems can facilitate both construction management and the interventions to be carried out.²⁷

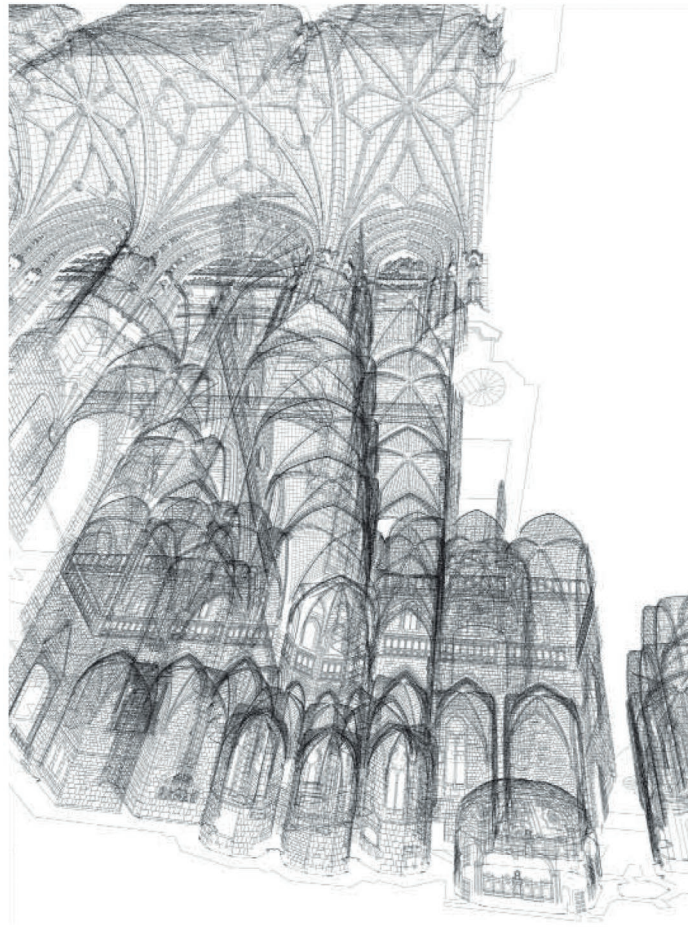


Figura 5. Agustín Azkarate, Leandro Cámara, Juan Ignacio Lagasabaster, y Pablo Latorre 2002. Plan Director de la Catedral de Vitoria, Perspectiva del modelo 3D obtenido por fotogrametría.

Figure 5. Agustín Azkarate, Leandro Cámara, Juan Ignacio Lagasabaster, and Pablo Latorre 2002. Master Plan of Vitoria Cathedral (Álava, Spain), Perspective of the 3D model obtained by photogrammetry.

Además de documentar y difundir, estos sistemas facilitan la redacción de planes directores, pues las bases de datos vinculadas permiten contextualizar el patrimonio en diferentes momentos históricos y culturales, evidenciando que un edificio histórico “es el resultado de la concatenación de múltiples arquitecturas que van sucediéndose y superponiéndose constructivamente sobre el mismo espacio a lo largo del tiempo,” a la vez que destacan su doble condición diacrónica e histórica (Figura 5).²⁸

Besides the documenting and disseminating, these systems facilitate the drafting of master plans, as the linked databases make it possible to give context to heritage in different historical and cultural moments, showing that a historic building “is the result of the concatenation of multiple architectures that succeed one another and constructively superimpose themselves on the same space over time” while highlighting its dual diachronic and historical condition (Figure 5).²⁸

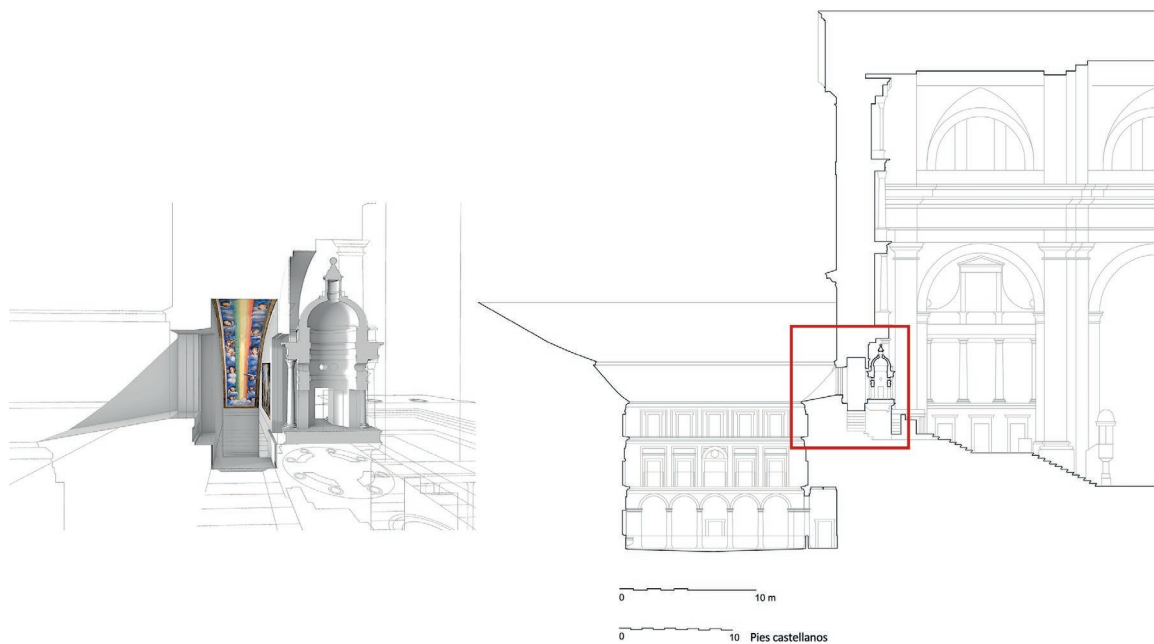


Figura 6. Pilar Chías, Tomás Abad, Manuel de Miguel y Paz Llorente, 2020. Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial: trasaltar, sección longitudinal y detalle de la sección fugada.

Figure 6. Pilar Chías, Tomás Abad, Manuel de Miguel and Paz Llorente, 2020. Royal Monastery of San Lorenzo de El Escorial: retrochoir, longitudinal section and detail of the perspective section.

Sin embargo, la aplicación de las metodologías basadas en los sistemas de información en los edificios patrimoniales (HBIM, *Built Heritage Information Modelling*) ha de ser muy crítica e incluso cuestionable, ya que llega a asumir simplificaciones excesivas como la composición homogénea de las diferentes secciones de los muros, poco frecuente en las construcciones históricas.

Dentro de este ámbito de la simulación 3D, la posibilidad de generar visualizaciones de 360° y recorridos virtuales *fly through* permite diseñar a la medida del usuario visitas virtuales e introducir la realidad aumentada.²⁹

Pero los modelos digitales también tienen otras aplicaciones pues permiten abordar el estudio de otras cualidades de la arquitectura como la acústica, la eficiencia energética, e incluso los aspectos simbólicos y

However, the application of methodologies based on information systems in heritage buildings (HBIM, *Built Heritage Information Modelling*) must be very critical and even questionable, as it comes to assume oversimplifications such as the homogeneous composition of the different sections of the walls, which is rare in historic buildings.

Within this field of 3D simulation, the possibility of generating 360° visualizations and *fly-through* virtual tours makes it possible to design tailor-made virtual visits and introduce augmented reality.²⁹

But digital models also have other applications that allow the study of other qualities of architecture such as acoustics, energy efficiency, and even the symbolic and functional aspects that

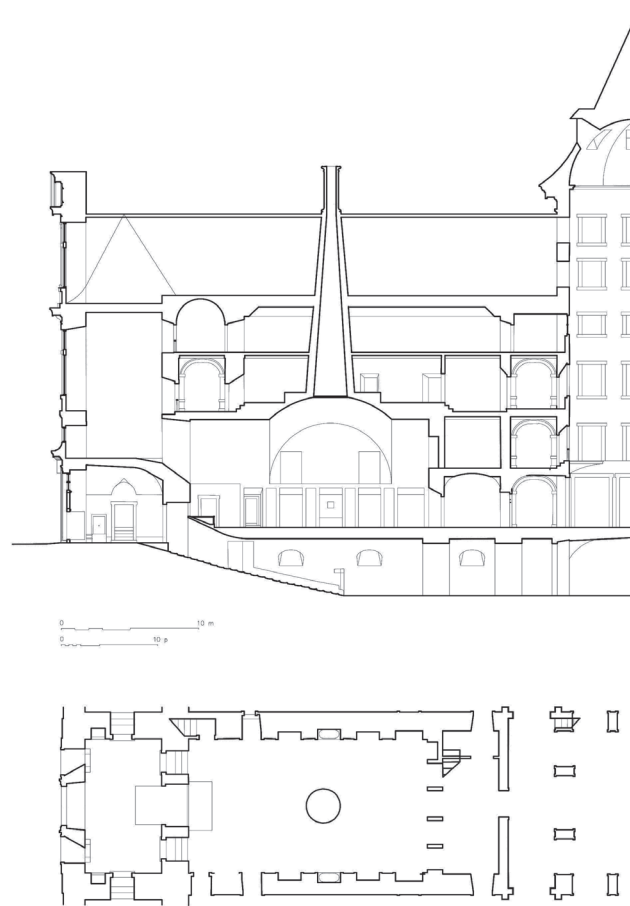


Figura 7. Pilar Chías, 2023. Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial: sección longitudinal por el eje del ala de la primitiva cocina del Convento y planta al nivel del “andar de la casa.”

Figure 7. Pilar Chías, 2023. Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial: longitudinal section along the axis of the wing of the original kitchen of the Convent and ground floor plan –“andar de la casa” level–.

funcionales que frecuentemente están vinculados al tratamiento de la luz (Figura 6),³⁰ al igual que los estudios sobre las relaciones que se establecen entre los distintos espacios, en los que es imprescindible el uso simultáneo de varios sistemas de representación (Figura 7).³¹

are frequently linked to the treatment of light (Figure 6),³⁰ as well as studies on the relationships established between different spaces, in which the simultaneous use of several representation systems is essential (Figure 7).³¹

Los cambios de escala propician oportunidades que trascienden al ámbito arquitectónico y que se aplican a la regeneración del entorno, de la ciudad y de sus infraestructuras históricas, a la vez que facilitan la

Changes of scale open up new options that transcend the architectural realm and are applied to environment regeneration, the city and its historic infrastructures, while facilitating

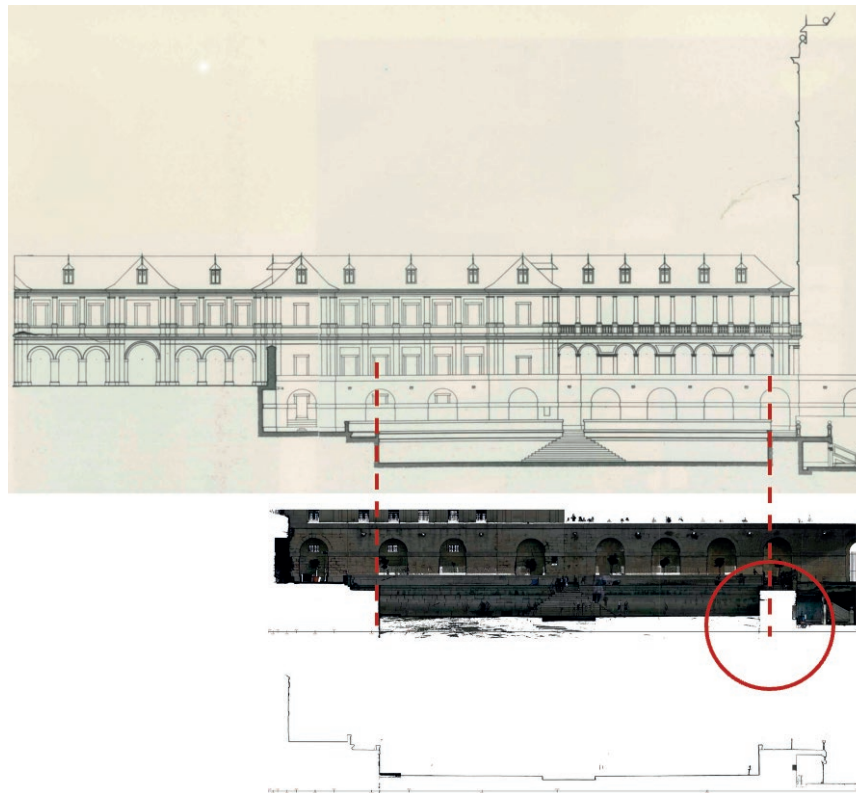


Figura 8. Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, sección este-oeste por el estanque de la huerta. Comparación del levantamiento realizado por Cervera Vera en 1985 utilizando métodos directos (arriba), y el realizado por la autora en 2022 utilizando un escáner láser (centro), y la sección obtenida seleccionando una sección muy delgada de la nube de puntos (abajo). La circunferencia muestra el descuadre métrico en el ancho del estanque que existe entre ambos.

Figure 8. Monastery of San Lorenzo de El Escorial, east-west section by the orchard pond. Comparison of the survey carried out by Cervera Vera in 1985 using direct methods (top), the one done by the author in 2022 using a laser scanner (center), and the section obtained by choosing a very thin section of the point cloud (bottom). The circumference shows the metric mismatch in the width of the pond between the two.

creación de gemelos digitales (*Digital Twins*) mediante las capturas con escáneres láser en movimiento, que son sistemas que permiten obtener los datos de manera rápida y barata sin comprometer la calidad.³²

Otra aplicación, no menos interesante y muy didáctica, es la comparación de la información obtenida por métodos modernos para comprobar la fiabilidad y la precisión de los levantamientos que se consideran “históricos” en los que se aplicaron esencialmente los

the creation of *Digital Twins* through the use of moving laser scanner captures, which are systems that allow data to be obtained quickly and cheaply without compromising quality.³²

Another application (no less interesting and very didactic) is comparing the information obtained by modern methods to check the reliability and accuracy of surveys considered “historical” in which direct methods were essentially applied

métodos directos (Figura 8),³³ e incluso comparar la aplicabilidad de las técnicas contemporáneas, como veremos a continuación.

Cómo: el uso crítico de métodos y técnicas

Una vez definidos los objetivos del levantamiento, es el momento de plantear cómo llevarlo a cabo; pero las sucesivas elecciones han de hacerse desde una postura crítica que compare los métodos y optimice los medios disponibles en función de los objetivos.

Comentaba Ortega las dificultades que había encontrado para llevar a cabo algunos levantamientos parciales directos y “artesanales” del Escorial, a los que atribuyó la gran ventaja del contacto directo con la fábrica.³⁴

Esta experiencia directa de la arquitectura y el conocimiento que proporciona es, en mi opinión, imprescindible e ineludible con independencia del método que se vaya a seguir después para hacer el levantamiento. Las visitas previas al edificio antes de acometer el trabajo de campo sirven para tener un conocimiento completo, para elegir los medios y las técnicas a emplear, y para poder planificar los trabajos. Durante esta fase se prevén las dificultades de accesibilidad, se puede plantear un plan de contingencias y proponer soluciones, a veces tan imaginativas y baratas como utilizar un palo para *selfies* (Figura 4).

Otra ventaja que ofrece el levantamiento directo es su bajo coste y su inmediatez, siempre que no haya que incorporar medios personales o auxiliares que los encarezcan. Entre las desventajas que comporta se encuentran la lentitud de los procesos, la mayor imprecisión y las ocasionales dificultades para acceder a ciertos elementos arquitectónicos, sobre todo en altura.

No obstante, las mediciones directas han de formar parte, aunque sea de manera puntual, de otras técnicas indirectas de levantamiento porque sirven de control a los datos obtenidos con los instrumentos basados en técnicas digitales. De hecho, los apoyos

(Figure 8),³³ and even to compare the applicability of contemporary techniques, as we shall see below.

How: Critical Use of Methods and Techniques

Once the objectives of the survey have been established, it is time to consider how to carry it out; but the successive choices must be made from a critical stance that compares the methods and optimizes the available means according to the objectives.

Ortega commented on the difficulties he had encountered in carrying out some partial direct and “artisanal” surveys of the Escorial, to which he attributed the great advantage of direct contact with the factory.³⁴

This direct experience of architecture and the knowledge it provides is, from my point of view, indispensable and unavoidable regardless of the method to be followed later on to carry out the survey. Prior visits to the building before undertaking the fieldwork serve to obtain complete knowledge, choose the means and techniques to be used, and to be able to plan the work. During this phase, accessibility difficulties are anticipated, a contingency plan can be drawn up and solutions, sometimes as imaginative and inexpensive as using a selfie stick, can be proposed (Figure 4).

Another benefit of direct surveying is its low cost and immediate availability, as long as there is no need to incorporate personal or auxiliary means that would make it more expensive. Disadvantages include slower processes, greater inaccuracy, and occasional difficulties in accessing certain architectural elements, especially at heights.

However, direct measurements must be part, even if only on an ad hoc basis, of other indirect survey techniques because they serve as a check on the data obtained with instruments based on digital techniques. The topographic supports

topográficos aportan consistencia a los datos obtenidos y permiten detectar posibles errores de escala al introducir o exportar los datos a otros programas de ordenador.

Otro aspecto para tener en cuenta es que la gran mayoría de los edificios históricos se construyó antes de la implantación generalizada del sistema métrico decimal,³⁵ por lo que las unidades de medida que se emplearon en su construcción respondieron a patrones antropométricos y a tradiciones diversas, frecuentemente de ámbito local o regional.³⁶ El conocimiento de estos patrones o módulos resulta esencial si se pretenden extraer conclusiones sobre dimensiones y proporciones, pues el sistema métrico proporcionaría fracciones decimales. De ahí el interés de dibujar una doble escala gráfica que refleje ambas unidades en las proyecciones que lo requieran.

En los distintos métodos indirectos los instrumentos digitales tienen un gran protagonismo, como es el caso de las técnicas basadas en la fotogrametría digital y en el escaneo láser. En ambos casos es recomendable planificar los puntos de estación y trazar los croquis necesarios para situarlos, incluso si los registra el propio instrumento.

Las técnicas fotogramétricas son económicamente más accesibles, pero requieren atenerse a ciertas reglas en la captura de las fotografías como obtener pares solapados y no forzar la inclinación de la cámara respecto a los paramentos, así como componer fotomosaicos de alta resolución y rectificar las imágenes, y utilizar sistemas de georreferenciación. También hay que tener en cuenta que plantean serias limitaciones en el levantamiento de torres y de elementos verticales de gran altura si no se utilizan andamios, debido a la falta de paralelismo que existe entre el plano de la cámara y el fotografiado y a los problemas de convergencia que ello implica; con el alejamiento también se pueden producir pérdidas de detalle.³⁷

Los escáneres láser plantean otros problemas como su elevado precio, que puede no ser justificable o rentable en casos como el levantamiento de zonas

provide consistency to the data obtained and allow to detection of errors of scale when entering or exporting the data to other computer programs.

Another aspect to bear in mind is that the vast majority of historic buildings were constructed before the widespread introduction of the decimal metric system,³⁵ so the units of measurement used in their construction responded to anthropometric patterns and diverse traditions, often local or regional in scope.³⁶ Knowing these patterns or moduli is essential if conclusions about dimensions and proportions are to be drawn, as the metric system would provide decimal fractions. Hence the interest of drawing a double graphic scale that reflects both units in the required projections.

In the various indirect methods, digital instruments play a significant role, such as techniques based on digital photogrammetry and laser scanning. In both cases, it is advisable to plan the station points and draw the necessary sketches to locate them, even if they are recorded by the instrument itself.

The photogrammetric techniques is cheaper and more accessible but requires certain rules to be followed in the capture of the photographs, such as obtaining overlapping pairs and not forcing the camera to tilt the camera concerning the walls, as well as composing high-resolution photomosaics and rectifying the images, and using georeferencing systems. It should also be borne in mind that there are serious limitations when erecting towers and high vertical elements if scaffolding is not used, due to the lack of parallelism between the camera plane and the photographed plane and the convergence problems that this implies; with distance, loss of detail can also occur.³⁷

Laser scanners pose other problems such as their high price, which may not be justifiable or cost-effective in cases such as surveying small areas

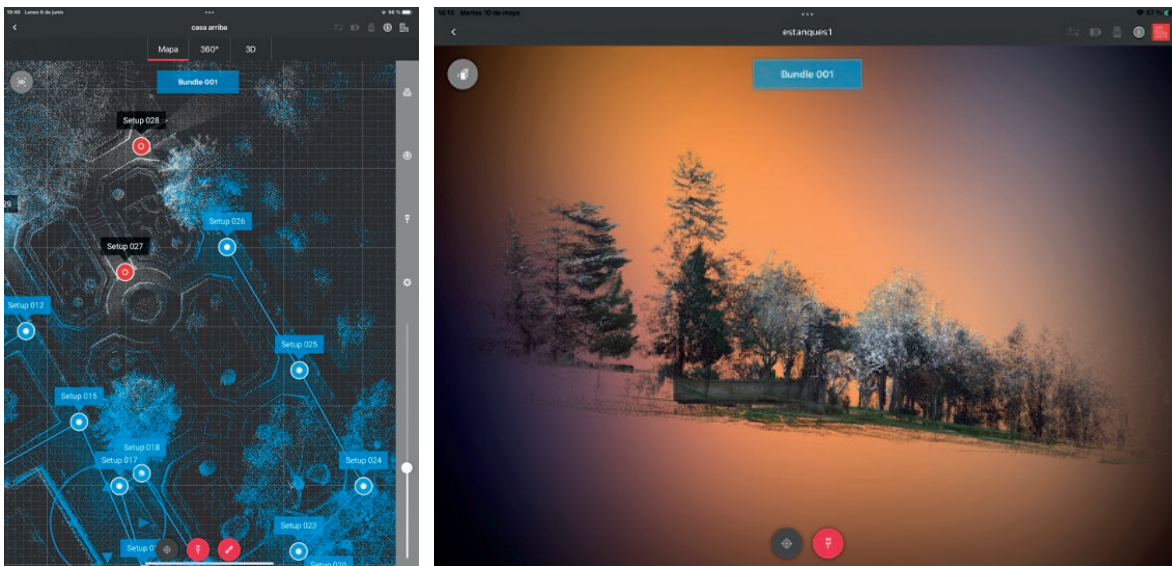


Figura 9. Pilar Chías, 2022. Jardín de la Casita del Infante, San Lorenzo de El Escorial. Izquierda, puntos de estación del escáner, mostrando en rojo los que han de integrarse manualmente en el modelo. Derecha, nube de puntos de una sección este-oeste del jardín, que evidencia la pendiente. Imágenes de la autora.

Figure 9. Pilar Chías, 2022. Jardín Casita del Infante Garden, San Lorenzo de El Escorial. Left, scanner station points, showing in red those to be manually integrated into the model. Right, point cloud of an east-west section of the garden, showing the slope. Author's images.

reducidas o fachadas, incluso si están muy ornamentadas. Obviamente, es necesario considerar aspectos operativos como la exigencia de la intervisibilidad entre puntos de estación consecutivos o próximos (Figura 9), la nivelación –aunque sea automática–, la georreferenciación o la duración de las baterías –sensibles a las bajas temperaturas– cuando se van a acometer campañas largas. En cambio, entre sus grandes ventajas se encuentran su alcance –que puede llegar a evitar el uso de drones– y la precisión (Figura 10), así como la posibilidad de densificar la nube de puntos en las zonas de las que se requiera más información.

Se discute poco sobre la importancia que tienen los programas de gestión de las nubes de puntos, pues dependiendo de sus funciones y de su facilidad de manejo –incluso con una *tablet* para hacer comprobaciones durante el trabajo de campo– pueden facilitar las alineaciones automáticas o requerir largos procesos de montaje del modelo.

or facades, even if they are highly ornamented. It is obviously necessary to consider operational aspects such as the need for intervisibility between consecutive or nearby station points (Figure 9), leveling –even if automatic–, georeferencing or the duration of the batteries –sensitive to low temperatures– when long campaigns are to be undertaken. On the other hand, its major advantages include its range –which can avoid the use of drones– and accuracy (Figure 10), as well as the possibility of densifying the point cloud in areas where more information is required.

There is little discussion of the importance of point cloud management software, as depending on its functions and ease of use –even with a tablet to check during fieldwork– it can facilitate automatic alignments or require lengthy model assembly processes.



Figura 10. Pilar Chías, 2017. Jardín Monasterio de El Escorial, nube de puntos obtenida con un escáner láser con un alcance de 60 m. Obsérvese que el escáner es capaz de registrar datos de los chapiteles de las torres –a más de 200 pies de altura– y de las cubiertas.

Figure 10. Pilar Chías, 2017. Monastery of El Escorial, point cloud obtained with a laser scanner with a range of 60 m. Note that the scanner is capable of recording data from the spires of the towers –more than 200 feet high– and from the roofs.

Otras técnicas como el georradar son interesantes en casos concretos de levantamiento como los elementos enterrados.³⁸

Other techniques such as ground penetrating radar are interesting in specific survey cases like buried features.³⁸

Por último, considero que es necesario hacer una reflexión sobre los aspectos relacionados con el grafismo, pues el contexto cultural en el que se producen los levantamientos no sólo acusa las limitaciones técnicas, sino que refleja las modas gráficas.

Finally, I believe that it is necessary to reflect on the aspects related to graphic design, since the cultural context in which the surveys are produced not only reflects technical limitations, but also graphic fashions.

Sirva como ejemplo la fachada mudéjar del Palacio del rey don Pedro en el Real Convento de Santa Clara de Tordesillas, pues coincidiendo ambos dibujos en el objetivo de documentar la morfología y la ornamentación, el de la izquierda –un meritorio levantamiento realizado con métodos directos por Torres Balbás– tiende a completar la información que no es visible o que ha desaparecido, incorporando suposiciones gráficas que no tienen por qué atenerse a la realidad; en cambio, el levantamiento fotogramétrico de Almagro dibuja exclusivamente lo

The Mudejar façade of the Palace of King Don Pedro in the Royal Convent of Santa Clara in Tordesillas serves as an example, since although both drawings coincide in the aim of documenting the morphology and ornamentation, the one on the left –a praiseworthy survey carried out with direct methods by Torres Balbás– tends to complete the information that is not visible or that has disappeared, incorporating graphic assumptions that do not necessarily correspond to reality. Almagro's photogrammetric survey, on the other hand, includes exclusively what

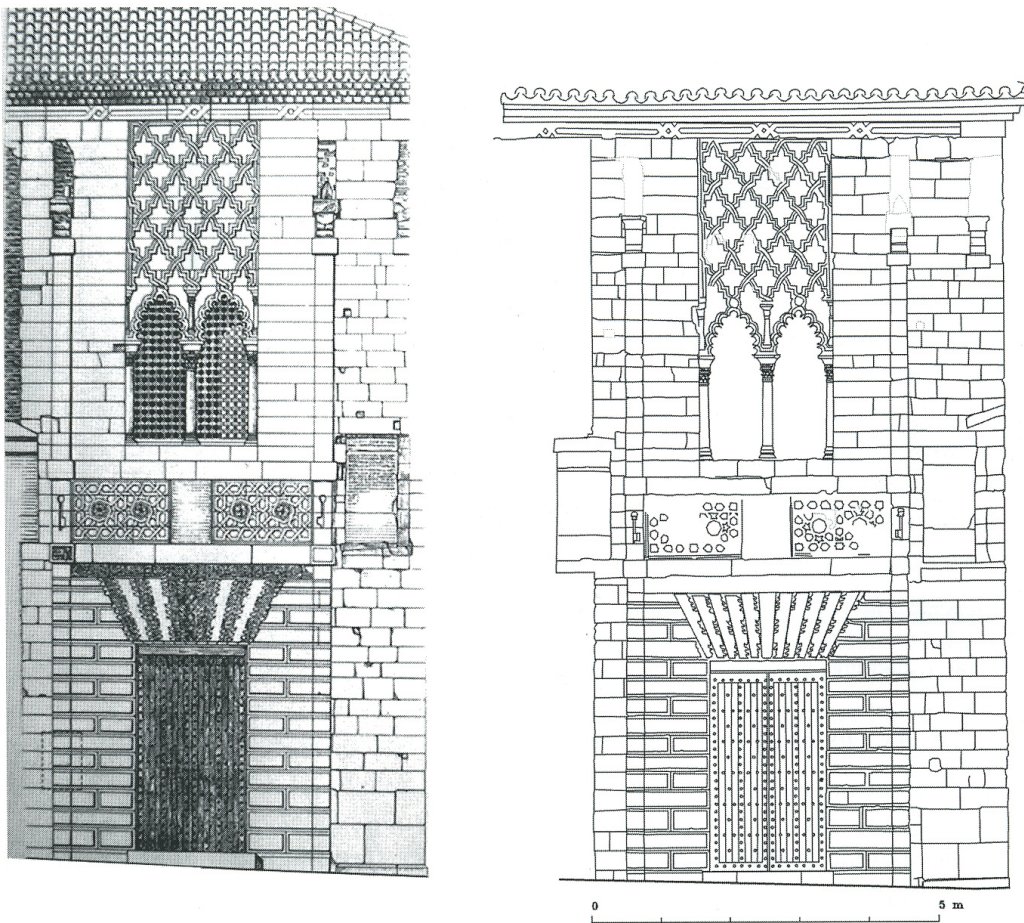


Figura 11. Levantamientos de la fachada del Palacio mudéjar, Real Monasterio de Santa Clara en Tordesillas. Izquierda: alzado de Leopoldo Torres Balbás, c1951; derecha: levantamiento realizado por Antonio Almagro Gorbea, 1992.

Figure 11. Surveys of the façade of the Mudejar Palace, Royal Monastery of Santa Clara in Tordesillas. Left: elevation by Leopoldo Torres Balbás, c1951; right: survey by Antonio Almagro Gorbea, 1992.

que ve, en un ejercicio de honestidad gráfica que le lleva a dejar en blanco todo lo que no es comprobable (Figura 11).

he sees, in an exercise of graphic honesty that leads him to leave blank everything that is not verifiable (Figure 11).

La comparación resulta también pertinente si tenemos en cuenta el distinto uso de los códigos gráficos que muestran ambos alzados, pues el primero es el reflejo de la tradición académica historicista, mientras el segundo es esencialmente sintético.

The comparison is also relevant if we take into account the different use of graphic codes shown in the two drawings, the former reflecting the historicist academic tradition, while the latter is essentially synthetic.

CONCLUSIONES

Después de seis siglos los levantamientos han ampliado sus expectativas, sus objetivos y su alcance gracias a nuevas técnicas que permiten el registro y el procesado de datos de diversa naturaleza y procedencia, a la informatización de los métodos de análisis y gestión de la información, y a los nuevos y potentes medios de difusión y comunicación. Pero ello ha sido posible porque el avance de los métodos y las técnicas se ha acompañado del necesario desarrollo conceptual, a la vez que se ha avanzado en la experiencia holística y hacia nuevos modos de fruición de la arquitectura.

Desde estos planteamientos teóricos, el foco ya no está en los métodos y en las técnicas, sino en el conocimiento que éstos procuran de la arquitectura, y en los análisis que se pueden realizar y que trascienden a la mera apariencia visual de sus elementos superficiales.

Finalmente, la Unión Europea se ha planteado dos prioridades relacionadas con las investigaciones patrimoniales: en primer lugar, reclama una Ciencia abierta a la sociedad que no sólo se concrete en la posibilidad de acceder a los datos, a los procesos y a los resultados sin limitaciones (*Open Science, Open Data*), sino que exige cada vez más que los ciudadanos se involucren a través de actividades de transferencia; y en esta línea las múltiples aplicaciones de la realidad virtual y aumentada, y de la inteligencia artificial, son tan variadas como prometedoras. Y en segundo lugar, la difusión del patrimonio europeo contribuirá de forma efectiva a reforzar el sentimiento de identidad de las distintas comunidades que la componen.

Notas y Referencias

- ¹ Sobre las versiones que se conservan y sus publicaciones, ver la obra citada de José M.ª Gentil que incluye un completo análisis de la *Carta*.
- ² José M.ª Gentil, "Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X," en *Dibujo y arquitectura: investigación aplicada. Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, ed. Carlos Montes (Valladolid: Eds. Grapheus, 1992), 87-98.
- ³ Roberta Spallone *et al.*, "AR and VR for enhancing museums' heritage through 3D reconstruction of fragmented statue and architectural context," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 46 (2022): 473-480, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-473-2022>

CONCLUSIONS

After six centuries, surveys have broadened their expectations, objectives, and scope thanks to new techniques that allow the recording and processing of data of diverse nature and origin, the digitalization of methods of analysis and information management, and new and powerful means of dissemination and communication. But this has been possible because this advance in methods and techniques has been accompanied by the necessary conceptual development, while progress has been made in holistic experience and towards new ways of enjoying architecture.

From these theoretical approaches, the focus is no longer on methods and techniques, but on the knowledge, they provide of architecture, and on the analyses that can be made that transcend the mere visual appearance of its surface elements.

Finally, the European Union has set itself two priorities in relation to heritage research: firstly, it calls for a science that is open to society, not only in terms of the possibility of accessing data, processes, and results without limitations (*Open Science, Open Data*) and in terms of requiring citizens to become involved through transfer activities; and in this regard, the multiple applications of virtual and augmented reality and artificial intelligence are as varied as they are promising. And secondly, the dissemination of Europe's heritage will effectively contribute to strengthening the sense of identity of the different communities that comprise it.

Notes and References

- ¹ On the surviving versions and their publications, see the aforementioned work by José M.ª Gentil, which includes a complete analysis of the *Charter*.
- ² José M.ª Gentil, "Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X," in *Dibujo y arquitectura: investigación aplicada. Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Carlos Montes (Valladolid: Eds. Grapheus, 1992), 87-98.
- ³ Roberta Spallone *et al.*, "AR and VR for enhancing museums' heritage through 3D reconstruction of fragmented statue and architectural context," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 46 (2022): 473-480, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-473-2022>

- ⁴ Carmen Llinares, Juan Luis Higuera-Trujillo, y Juan Serra, "Cold and warm coloured classrooms . Effects on student's attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses," *Building and Environment* 196 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107726>
- ⁵ Las técnicas de levantamiento a escala territorial y la redacción cartográfica son el objeto de la interesante aportación de Mercedes Linares en este mismo volumen.
- ⁶ David Hockney, *Así lo veo yo* (Madrid: Siruela, 1994).
- ⁷ Instituidas en España por Real Decreto en 1745, que fue aplicado en las décadas siguientes de manera intermitente (Bédat 1989).
- ⁸ Delfín Rodríguez, *La memoria frágil. José de Herosilla y 'Las Antigüedades Árabes en España'* (Madrid: Fundación Cultural COAM, 1992), 92.
- ⁹ Richard Chafee, "The teaching of Architecture at the École des Beaux-Arts," en *The Architecture of the École des Beaux-Arts*, ed. Arthur Drexler, (London: Secker & Warburg, 1977), 63.
- ¹⁰ Bernard de Montfaucon, *L'Antiquité expliquée et représentée en figures*. 15 vols. (Paris: F. Delaulne, 1719-1724).
- ¹¹ Desde la dirección del Königlich Preubische Mebbildanstalt (Real Instituto de Fotogrametría de Prusia) se tomaron más de 20.000 imágenes fotogramétricas entre 1885 y 1920 para documentar 2.600 monumentos de Alemania, lo que permitió reconstruir la mayoría de ellos tras su destrucción durante la II Guerra Mundial.
- ¹² Mario Fondelli, *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica* (Bari: Laterza, 1992); Antonio Almagro, "La representación del espacio arquitectónico: Fotogrametría y CAD," *Revista EGA*, no. 1 (1993): 95-98.
- ¹³ Pilar Chías, "A GIS in Cultural Heritage based on multifomat databases and hypermedial personalised queries," *ISPRS Archives* (2007): 222-226.
- ¹⁴ Luigi Marino, *Il rilievo per il restauro* (Milano: Hoepli, 1990); Vincenzo Di Grazia, *Rilievo e disegno ne'll archeologia e nell'architettura. Technique, Opinioni e Teorie* (Roma: Kappa, 1991); Mario Docci and Diego Maestri, *Storia del rilevamento architettonico e urbano* (Bari: Editori Laterza, 1993); Cesare Cundari, *L'immagine nel rilievo. Il rilievo architettonico come conoscenza e documentazione* (Roma: Gangemi, 1997).
- ¹⁵ Antonio Almagro, *Levantamiento arquitectónico* (Granada: Universidad de Granada, 2004).
- ¹⁶ Pilar Chías, y Vito Cardone, *Dibujo y arquitectura 1986-2016, 30 años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research* (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016).
- ¹⁷ *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica, EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación, Arqueología de la Arquitectura, Disegnare idee immagini, diségn, Disegnarecon*, entre otras.
- ¹⁸ *Rilievo* en italiano, *relevé* en francés, *survey* en inglés, *Bauforschung* en alemán.
- ¹⁹ Ornella Zerlenga, "Temi di ricerca attorno alla geometría," en *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, ed. Pilar Chías y Vito Cardone (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016), 360-371.
- ²⁰ Stefano Bertocci, "Beni archeologici e technologie digitale per la documentazione. Tre progetti per il Patrimonio Mondiale UNESCO," en *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, ed. Pilar Chías y Vito Cardone, (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016), 30.
- ²¹ "Podemos obtener levantamientos temáticos para el conocimiento histórico, levantamientos para la restauración, levantamientos para la documentación arqueológica, levantamientos para la catalogación, levantamientos para el conocimiento formal y dimensional, entre otros; por último, podemos hacer también un levantamiento experimental con fines didácticos para comprender el funcionamiento de los instrumentos y los métodos de trabajo." (Traducción de la autora)
- ⁴ Carmen Llinares, Juan Luis Higuera-Trujillo, and Juan Serra, "Cold and warm coloured classrooms . Effects on student's attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses," *Building and Environment* 196 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107726>
- ⁵ Survey techniques on a territorial scale and cartographic drafting are the subject of an interesting contribution by Mercedes Linares in this issue.
- ⁶ David Hockney, *Así lo veo yo* (Madrid: Siruela, 1994).
- ⁷ Established in Spain by Royal Decree in 1745, which was applied on and off in the following decades (Bédat 1989).
- ⁸ Delfín Rodríguez, *La memoria frágil. José de Herosilla y 'Las Antigüedades Árabes en España'* (Madrid: Fundación Cultural COAM, 1992), 92.
- ⁹ Richard Chafee, "The teaching of Architecture at the École des Beaux-Arts," in *The Architecture of the École des Beaux-Arts*, ed. Arthur Drexler, (London: Secker & Warburg, 1977), 63.
- ¹⁰ Bernard de Montfaucon, *L'Antiquité expliquée et représentée en figures*. 15 vols. (Paris: F. Delaulne, 1719-1724).
- ¹¹ From *Königlich Preubische Mebbildanstalt's* direction (Royal Prussian Institute of Photogrammetry), more than 20,000 photogrammetric images were taken between 1885 and 1920 to document 2,600 monuments in Germany, which made it possible to reconstruct most of them after their destruction during World War II.
- ¹² Mario Fondelli, *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica* (Bari: Laterza, 1992); Antonio Almagro, "La representación del espacio arquitectónico: Fotogrametría y CAD," *Revista EGA*, no. 1 (1993): 95-98.
- ¹³ Pilar Chías, "A GIS in Cultural Heritage based on multifomat databases and hypermedial personalised queries," *ISPRS Archives* (2007): 222-226.
- ¹⁴ Luigi Marino, *Il rilievo per il restauro* (Milano: Hoepli, 1990); Vincenzo Di Grazia, *Rilievo e disegno ne'll archeologia e nell'architettura. Technique, Opinioni e Teorie* (Roma: Kappa, 1991); Mario Docci and Diego Maestri, *Storia del rilevamento architettonico e urbano* (Bari: Editori Laterza, 1993); Cesare Cundari, *L'immagine nel rilievo. Il rilievo architettonico come conoscenza e documentazione* (Roma: Gangemi, 1997).
- ¹⁵ Antonio Almagro, *Levantamiento arquitectónico* (Granada: Universidad de Granada, 2004).
- ¹⁶ Pilar Chías, and Vito Cardone, *Dibujo y arquitectura 1986-2016, 30 años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research* (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016).
- ¹⁷ *EGA Magazine of Architectural Graphic Expression, EGE Magazine of Graphic Expression in Building, Archeology of Architecture, Disegnare idee immagini, diségn, Disegnarecon*, among others.
- ¹⁸ *Rilievo* in Italian, *relevé* in French, *survey* in English, *Bauforschung* in German.
- ¹⁹ Ornella Zerlenga, "Temi di ricerca attorno alla geometría," in *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, ed. Pilar Chías and Vito Cardone (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016), 360-371.
- ²⁰ Stefano Bertocci, "Beni archeologici e technologie digitale per la documentazione. Tre progetti per il Patrimonio Mondiale UNESCO," in *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, ed. Pilar Chías and Vito Cardone, (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016), 30.
- ²¹ "We can therefore have thematic surveys for historical knowledge, surveys for restoration, surveys for archaeological documentation, surveys for cataloging, surveys for formal and dimensional knowledge, or something else; we can also have an experimental survey, which is also developed in a didactic manner, aimed at understanding the tools and working methods."

- ²² Francesca Fatta, "Il disegno del Mediterraneo = Designing the Mediterranean: il racconto dei luoghi in trent'anni di ricerche (1986-2015) = a thirty-year research on its sites (1986-2015)," in *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, ed. Pilar Chías y Vito Cardone (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016), 130-143.
- ²³ Manuel De Miguel *et al.*, "A Hexagonal Pattern in the Paraninfo at the Universidad de Alcalá," *Nexus Network Journal* 25, no. 1 (2022): 167-185, <https://doi.org/10.1007/s00004-022-00630-y>
- ²⁴ Incluso el aparentemente monolítico Monasterio de El Escorial, construido en un tiempo récord de apenas veintitrés años, presenta fases y características diferenciadas en su construcción que se debieron a causas diversas como los cambios en la dirección de la obra o incluso de canteras; a ellas hay que añadir los cambios sufridos tras los incendios y las intervenciones realizadas en la segunda mitad del siglo *xx*, que han ido introduciendo modificaciones en las fábricas originales.
- ²⁵ José Ignacio Sánchez, Juan José Fernández, y Jesús San José, "Decisión, croquis, láser y dron. Sistema de documentación de torres campanario en la provincia de Burgos," in *El Arquitecto, de la tradición al siglo XXI. Actas del Congreso EGA 2016* (Alcalá de Henares: Fundación de la Universidad de Alcalá, 2016), 1111-1118.
- ²⁶ Mario Centofanti, "Interpretative 3D digital models in architectural surveying of historical buildings," in *Computational Modelling of Objects Represented in Images*, ed. P. Gambardella *et al.* (London: CRC Press, 2012), 433-438. A partir de las nubes de puntos los programas especializados construyen mallas triangulares (TIN, *Triangulated Irregular Network*); otra opción es construir modelos sólidos simplificados de los elementos constructivos con primitivas adaptadas a la malla tridimensional.
- ²⁷ Stefano Brusaporci, y Pamela Maiezza, "Re-loading BIM: Between spatial and database information modelling for architectural heritage documentation," in *Dibujar, construir, soñar. Investigaciones en torno a la expresión gráfica aplicada a la edificación*, ed. F. F. Miralles *et al.* (Valencia: Tirant lo Blanch, 2016), 835-847. Especialmente útil cuando se aplica en edificios de nueva planta o en construcciones relativamente modernas de cuya construcción se dispone de información fiable y precisa.
- ²⁸ Pablo Latorre, "El monumento como un todo. El plan director de restauración," *Informes de la Construcción* 64, no. Extra (2012): 52, <https://doi.org/10.3989/ic.11.079>
- ²⁹ José Herráez, José Carlos Martínez-Llario, y Pablo Navarro, "Visualizador métrico 3D de la Comunidad Valenciana," in *Las nuevas tecnologías de la representación gráfica arquitectónica en el siglo XXI. Actas del VIII Congreso Internacional de EGA* (Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2000), 373-376.
- ³⁰ Pilar Chías *et al.*, "The *Transparente* in the Basilica of the Monastery of El Escorial," *Nexus Network Journal* 22, no.4 (December 2020): 1133-1154, <https://doi.org/10.1007/s00004-020-00495-z>
- ³¹ Pilar Chías, Tomás Abad, y Lucas Fernández-Trapa, "From Design to Construction: Digital Reconstruction of the Convent's Kitchen Area in the Monastery of El Escorial," in *Virtual Restoration and Digital Reconstructions, Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*, ed. Ilaria Trizio *et al.* (Cham, Switzerland: Springer Nature, 2023), https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1_4
- ³² Luigi Stendardo *et al.*, "Urban design strategies for the upcycling of urban infrastructure residual pockets: 3D city modelling from Open Data and low-cost rapid mapping tools," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 48 (2022): 59-65, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-3-W2-2022-59-2022>
- ³³ Chías, "Convent's Kitchen."
- ³⁴ Javier Ortega, *El Escorial: dibujo y lenguaje clásico* (Madrid: Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000), 17.
- ³⁵ La implantación universal comenzó oficialmente en 1875 en la Convención del Metro, con la firma del tratado correspondiente en París, el día 20 de mayo.
- ³⁶ Como ejemplo, el Monasterio de El Escorial se construyó utilizando como patrón de medida el pie castellano equivalente a 0,2786 m, y la vara castellana equivalente a tres pies.
- ²² Francesca Fatta, "Il disegno del Mediterraneo = Designing the Mediterranean: il racconto dei luoghi in trent'anni di ricerche (1986-2015) = a thirty-year research on its sites (1986-2015)," in *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, ed. Pilar Chías and Vito Cardone (Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016), 130-143.
- ²³ Manuel De Miguel *et al.*, "A Hexagonal Pattern in the Paraninfo at the Universidad de Alcalá," *Nexus Network Journal* 25, no. 1 (2022): 167-185, <https://doi.org/10.1007/s00004-022-00630-y>
- ²⁴ Even the seemingly monolithic Monastery of El Escorial, built in a record time of barely twenty-three years, has different phases and features in its construction due to various causes such as changes in the management of the work or even quarries; to these must be added the changes suffered after the fires and the interventions carried out in the second half of the 20th century, which have introduced modifications to the original masonry.
- ²⁵ José Ignacio Sánchez, Juan José Fernández, and Jesús San José, "Decisión, croquis, láser y dron. Sistema de documentación de torres campanario en la provincia de Burgos," in *El Arquitecto, de la tradición al siglo XXI. Actas del Congreso EGA 2016* (Alcalá de Henares: Fundación de la Universidad de Alcalá, 2016), 1111-1118.
- ²⁶ Mario Centofanti, "Interpretative 3D digital models in architectural surveying of historical buildings," in *Computational Modelling of Objects Represented in Images*, ed. P. Gambardella *et al.* (London: CRC Press, 2012), 433-438. From the point clouds, specialized programs construct triangular meshes (TIN, *Triangulated Irregular Network*); another option is to construct simplified solid models of the building elements with primitives adapted to the three-dimensional mesh.
- ²⁷ Stefano Brusaporci, and Pamela Maiezza, "Re-loading BIM: Between spatial and database information modelling for architectural heritage documentation," in *Dibujar, construir, soñar. Investigaciones en torno a la expresión gráfica aplicada a la edificación*, ed. F. F. Miralles *et al.* (Valencia: Tirant lo Blanch, 2016), 835-847. Particularly useful when applied to new buildings or relatively modern constructions for which reliable and accurate information is available.
- ²⁸ Pablo Latorre, "El monumento como un todo. El plan director de restauración," *Informes de la Construcción* 64, no. Extra (2012): 52, <https://doi.org/10.3989/ic.11.079>
- ²⁹ José Herráez, José Carlos Martínez-Llario, and Pablo Navarro, "Visualizador métrico 3D de la Comunidad Valenciana," in *Las nuevas tecnologías de la representación gráfica arquitectónica en el siglo XXI. Actas del VIII Congreso Internacional de EGA* (Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2000), 373-376.
- ³⁰ Pilar Chías *et al.*, "The *Transparente* in the Basilica of the Monastery of El Escorial," *Nexus Network Journal* 22, no.4 (December 2020): 1133-1154, <https://doi.org/10.1007/s00004-020-00495-z>
- ³¹ Pilar Chías, Tomás Abad, and Lucas Fernández-Trapa, "From Design to Construction: Digital Reconstruction of the Convent's Kitchen Area in the Monastery of El Escorial," in *Virtual Restoration and Digital Reconstructions, Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*, ed. Ilaria Trizio *et al.* (Cham, Switzerland: Springer Nature, 2023), https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1_4
- ³² Luigi Stendardo *et al.*, "Urban design strategies for the upcycling of urban infrastructure residual pockets: 3D city modelling from Open Data and low-cost rapid mapping tools," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 48 (2022): 59-65, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-3-W2-2022-59-2022>
- ³³ Chías, "Convent's Kitchen."
- ³⁴ Javier Ortega, *El Escorial: dibujo y lenguaje clásico* (Madrid: Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000), 17.
- ³⁵ Universal implementation officially began in 1875 at the Metro Convention, with the signing of the relevant treaty in Paris on 20 May.
- ³⁶ For example, the Monastery of El Escorial was built using the Castilian foot, equivalent to 0.2786 m, and the Castilian rod, equivalent to three feet.

- ³⁷ Susana Molina *et al.*, "Limitaciones en el levantamiento digital de bienes patrimoniales con tipología de torre," *Revista EGA* 26, no. 42 (2021): 76-89, <https://doi.org/10.4995/ega.2021.14749>
- ³⁸ José Antonio Franco *et al.*, "Dibujar lo que no vemos mediante el radar de rango cercano. Una metodología aplicada al patrimonio arquitectónico," en *Dibujar lo que no vemos. Actas del X Congreso Internacional de EGA*, ed. Joaquín Casado, y Antonio Gómez-Blanco (Granada: Publicaciones de la Universidad de Granada, 2004), 457-464.
- ³⁷ Susana Molina *et al.*, "Limitaciones en el levantamiento digital de bienes patrimoniales con tipología de torre," *Revista EGA* 26, no. 42 (2021): 76-89, <https://doi.org/10.4995/ega.2021.14749>
- ³⁸ José Antonio Franco *et al.*, "Dibujar lo que no vemos mediante el radar de rango cercano. Una metodología aplicada al patrimonio arquitectónico," en *Dibujar lo que no vemos. Actas del X Congreso Internacional de EGA*, ed. Joaquín Casado, and Antonio Gómez-Blanco (Granada: Publicaciones de la Universidad de Granada, 2004), 457-464.

BIBLIOGRAPHY

- Almagro, Antonio. "La representación del espacio arquitectónico: Fotogrametría y CAD." *Revista EGA*, no. 1 (1993): 95-98.
- Almagro, Antonio. *Levantamiento arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada, 2004.
- Azkarate, Agustín, Leandro Cámara, Juan Ignacio Lagasabaster, and Pablo Latorre. *El Plan Director para la restauración de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz*. Vitoria: Diputación Foral de Álava, 2002.
- Bédat, Claude. *La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1808): Contribución al estudio de las influencias estilísticas y de la mentalidad artística en el siglo XVIII*. Madrid: Fundación Universitaria Española, 1989.
- Bertocci, Stefano. "Beni archeologici e tecnologie digitali per la documentazione. Tre progetti per il Patrimonio Mondiale UNESCO." In *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, edited by Pilar Chías and Vito Cardone, 16-31. Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016.
- Brusaporci, Stefano, and Pamela Maiezza. "Re-loading BIM: Between spatial and database information modelling for architectural heritage documentation." In *Dibujar, construir, soñar. Investigaciones en torno a la expresión gráfica aplicada a la edificación*, ed. F. F. Miralles *et al.*, 835-847. Valencia: Tirant lo Blanch, 2016.
- Centofanti, Mario. "Interpretative 3D digital models in architectural surveying of historical buildings." In *Computational Modelling of Objects Represented in Images*, edited by P. Gambardella *et al.*, 433-438. London: CRC Press, 2012.
- Chafee, Richard. "The teaching of Architecture at the École des Beaux-Arts." In *The Architecture of the École des Beaux-Arts*, edited by Arthur Drexler, 61-109. London: Secker & Warburg, 1977.
- Chías, Pilar. "A GIS in Cultural Heritage based on multiformat databases and hypermedial personalised queries." *ISPRS Archives* (2007): 222-226.
- Chías, Pilar, Tomás Abad, and Lucas Fernández-Trapa. "From Design to Construction: Digital Reconstruction of the Convent's Kitchen Area in the Monastery of El Escorial." In *Virtual Restoration and Digital Reconstructions, Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*, edited by Ilaria Trizio *et al.* Cham, Switzerland: Springer Nature, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15321-1_4
- Chías, Pilar, Tomás Abad, and Lucas Fernández-Trapa. "Los paisajes del agua en el Real Sitio de El Escorial. Presas, fuentes y estanques = Landscapes of Water in the Royal Site of El Escorial. Dams, Fountains and Ponds." *Informes de la Construcción* 75, no. 569 (2023). <https://doi.org/10.3989/ic.6167>
- Chías, Pilar, Tomás Abad, Manuel De Miguel, and Paz Llorente. "The Transparente in the Basilica of the Monastery of El Escorial." *Nexus Network Journal* 22, no. 4 (December 2020): 1133-1154. <https://doi.org/10.1007/s00004-020-00495-z>
- Chías, Pilar, and Vito Cardone. *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*. Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016.
- Cundari, Cesare. *L'immagine nel rilievo. Il rilievo architettonico come conoscenza e documentazione*. Roma: Gangemi, 1997.
- De Miguel, Manuel, Carlos González, Pilar Chías, and Tomás Abad. "A Hexagonal Pattern in the Paraninfo at the Universidad de Alcalá." *Nexus Network Journal* 25, no. 1 (2022): 167-185. <https://doi.org/10.1007/s00004-022-00630-y>
- Di Grazia, Vincenzo. *Rilievo e disegno nell'archeologia e nell'architettura. Tecniche, Opinioni e Teorie*. Roma: Kappa, 1991.
- Docci, Mario, and Diego Maestri. *Storia del rilevamento architettonico e urbano*. Bari: Editori Laterza, 1993.

- Fatta, Francesca. "Il disegno del mediterráneo = Designing the Mediterranean: Il racconto dei luoghi in trent'anni di ricerche (1986-2015) = a thirty-year research on its sites (1986-2015)." In *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, edited by Pilar Chías and Vito Cardone, 130-143. Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016.
- Fondelli, Mario. *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica*. Bari: Laterza, 1992.
- Franco, José Antonio, Pedro Arias, Henrique Lorenzo, and Tarrío, Santiago. "Dibujar lo que no vemos mediante el radar de rango cercano. Una metodología aplicada al patrimonio arquitectónico." In *Dibujar lo que no vemos. Actas del X Congreso Internacional de EGA*, edited by Joaquín Casado and Antonio Gómez-Blanco, 457-464. Granada: Publicaciones de la Universidad de Granada, 2004.
- Gentil, José M.^a "Una relectura de la 'Carta sobre la Arquitectura' a León X." In *Dibujo y arquitectura: investigación aplicada. Actas del IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, edited by Carlos Montes, 87-98. Valladolid: Eds. Graphicus, 1992.
- Herráez, José, José Carlos Martínez-Llario, and Pablo Navarro. "Visualizador métrico 3D de la Comunidad Valenciana." In *Las nuevas tecnologías de la representación gráfica arquitectónica en el siglo XXI. Actas del VIII Congreso Internacional de EGA*, 373-376. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2000.
- Hockney, David. *Así lo veo yo*. Madrid: Siruela, 1994.
- Latorre, Pablo. "El monumento como un todo. El plan director de restauración." *Informes de la Construcción* 64, no. Extra (2012): 45-46. <https://doi.org/10.3989/ic.11.079>
- Llinares, Carmen, Juan Luis Higuera-Trujillo, and Juan Serra. "Cold and warm coloured classrooms. Effects on student's attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses." *Building and Environment* 196 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107726>
- Marino, Luigi. *Il rilievo per il restauro*. Milano: Hoepli, 1990.
- Molina, Susana, Francisco Juan, Luca Cirpiani, and José Luis Denia. "Limitaciones en el levantamiento digital de bienes patrimoniales con tipología de torre." *Revista EGA* 26, no. 42 (2021): 76-89. <https://doi.org/10.4995/ega.2021.14749>
- Montfaucon, Bernard de. *L'Antiquité expliquée et représentée en figures*. 15 vols. Paris: F. Delaulne, 1719-1724.
- Ortega, Javier. *El Escorial: dibujo y lenguaje clásico*. Madrid: Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000.
- Rodríguez, Delfín. *La memoria frágil. José de Hermosilla y 'Las Antigüedades Árabes en España'*. Madrid: Fundación Cultural COAM, 1992.
- Sánchez, José Ignacio, Juan José Fernández, and Jesús San José. "Decisión, croquis, láser y dron. Sistema de documentación de torres campanario en la provincia de Burgos." In *El Arquitecto, de la tradición al siglo XXI. Actas del Congreso EGA 2016*, 1111-1118. Alcalá de Henares: Fundación de la Universidad de Alcalá, 2016.
- Spallone, Roberta, F. Lamberti, L.M. Olivieri, F. Ronco, and L. Castagna. "AR and VR for enhancing museums' heritage through 3D reconstruction of fragmented statue and architectural context." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 46 (2022): 473-480. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-2-W1-2022-473-2022>
- Stendardo, Luigi, R. Spera, Massimiliano Campi, Valeria Cera, and Antonella Di Luggo. "Urban design strategies for the upcycling of urban infrastructure residual pockets: 3D city modelling from Open Data and low-cost rapid mapping tools." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 48 (2022): 59-65. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-3-W2-2022-59-2022>
- Zerlenga, Ornella. "Temi di ricerca attorno alla geometría." In *Dibujo y arquitectura 1986-2016, treinta años de investigación = Drawing and Architecture 1986-2016, thirty years of research*, edited by Pilar Chías and Vito Cardone, 360-371. Alcalá de Henares: Editorial de la Universidad de Alcalá, 2016.

Images source

1. Venecia, Galleria dell'Accademia, c1720. Public domain. 2. José de Herosilla. "Plano general de la fortaleza del Alhambra, sus contornos y parte de la jurisdicción." In *Las Antigüedades Árabes en España*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes, 1787-1804. 3. Manuel De Miguel, Carlos González, Pilar Chías, and Tomás Abad. "A Hexagonal Pattern in the Paraninfo at the Universidad de Alcalá." *Nexus Network Journal* 25, no. 1 (2022): 167-185. <https://doi.org/10.1007/s00004-022-00630-y>. 4. Author's photograph, 2022. 5. Pablo Latorre. "El monumento como un todo. El plan director de restauración." *Informes de la Construcción* 64, no. Extra (2012): 45-46. <https://doi.org/10.3989/ic.11.079>; Agustín Azkarate, Leandro Cámara, Juan Ignacio Lagasabaster, and Pablo Latorre. *El Plan Director para la restauración de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz*. Vitoria: Diputación Foral de Álava, 2002. 6. Chías, Pilar, Tomás Abad, Manuel De Miguel, and Paz Llorente. "The Transparente in the Basilica of the Monastery of El Escorial." *Nexus Network Journal* 22, no. 4 (December 2020): 1133-1154. <https://doi.org/10.1007/s00004-020-00495-z>. 7. Author's survey, 2023. 8. Drawings and survey of the author, 2022. 9. Survey and images of the author, 2022. 10. Survey and images of the author, 2017. 11. Antonio Almagro Gorbea graphic archive, Collections of the Royal Academy of Fine Arts of San Fernando: https://www.academiacolecciones.com/arquitectura/inventario.php?id=AA-503_09.