

## PHOTOGRAMMETRY TIME. A CLASSIFICATION PROPOSAL FOR PHOTOGRAMMETRIC SURVEY

*TIEMPO DE FOTOGRAMETRÍA.  
UNA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN PARA EL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO*

Pablo J. Juan Gutiérrez , Ricardo Irles Parreño , Ramón Maestre López-Salazar

Departamento de Expresión Gráfica, Composición y Proyectos, Universidad de Alicante, España.

### Abstract

The graphic survey of the built heritage allows and makes possible a graphic territory of learning, analysis, experimentation, communication and deposit for architecture. It supposes, in addition to the connection between the theory and the practice of our discipline, an excellent framework for teaching. In this context, photogrammetry is evidenced as a rigorous and efficient technique that, at the service of relevant hypotheses, is capable of producing results that are as valuable as they are contemporary. This research paper, created after the tutelage of more than forty final degree projects that use the photogrammetric technique, develops a classification proposal for qualified point clouds (as part of the technique workflow) based on the temporal nature of the drawings. In this way we will argue the three possible positions (previous or tool, intermediate or process and later or result) to conclude by claiming the relevance and importance of their consideration during the value of the drawings of the built architecture.

**Keywords:** Graphic expression; Heritage; Graphic documentation; Purpose of drawing.

### Resumen

El levantamiento del patrimonio construido permite y hace posible un territorio gráfico de aprendizaje, análisis, experimentación, comunicación y depósito para la arquitectura. Supone, además de la conexión entre la teoría y la práctica de nuestra disciplina, un marco inmejorable para la enseñanza. En este contexto la fotogrametría se evidencia como una técnica rigurosa y eficaz que, al servicio de unas hipótesis pertinentes, es capaz de producir resultados tan valiosos como contemporáneos. El presente artículo de investigación, producido tras la tutela de más de cuarenta trabajos finales de grado que emplean la técnica fotogramétrica, desarrolla una propuesta de clasificación para las nubes de puntos cualificados (parte del flujo de trabajo de la técnica) atendiendo al carácter temporal de la grafía. De esta forma argumentaremos las tres posibles posiciones (anterior o herramienta, intermedia o proceso y posterior o resultado) para concluir reivindicando la pertinencia e importancia de su consideración durante la puesta en valor de los dibujos de la arquitectura construida.

**Palabras clave:** Expresión gráfica, Patrimonio, Documentación gráfica, Propósito del dibujo.

“Promise of duration, of permanence - against the passage of time. Here is what the images offer us” (Brea 2010: 9)

## 1. INTRODUCTION

The graphic survey of the built heritage allows and makes possible a graphic territory of learning, analysis, experimentation, communication and deposit for architecture. It supposes, in addition to the connection between the theory and the practice of our discipline, an excellent framework for teaching. In this context, photogrammetry is evidenced as a rigorous and effective technique that, at the service of relevant hypotheses, is capable of producing results that are as valuable as they are contemporary. Our strategy, based on the temporal nature, relates drawing with the active and investigative process that, in one way or another, requires and generates it.

## 2. STARTING HYPOTHESIS AND GOALS

We start from two hypotheses: first, the graphic documentation is a tool to achieve a goal that is not necessarily the creation of this documentation and, second, heritage survey in general (and photogrammetry in particular) is part of the elements of a process that must be oriented, first of all, by the intentions and purposes that generate it. The main goal, continuing with this idea, is aligned with the need to test the proposed strategy, derived from the previous hypothesis and synthesized in the lines that follow in the form of a taxonomy. It will be carried out through the analysis of the graphic results and, finally, the scope, repercussion, effectiveness are valued and an exportable criterion is established; this allows the researcher to choose the best method of working according to the nature of their drawings and their positioning regarding to the temporal.

## 3. METHODOLOGY

In the first place, we will explain the basic process carried out (repeated in all the supervised degree projects that incorporate the photogrammetric technique) and, later, we will divide the work into three stages. In the first place, the subject is focused from a theoretical point of view to establish the series of axioms, hypotheses and previous reflections (already announced above) that make up the starting point of the investigation. Second,

the analysis of the graphic database made up of research that uses drawing as an essential tool is presented. Finally, thirdly, the most effective strategies (and their consequences) for the enhancement of architectural drawings are discussed.

### 3.1. COMMON TOOLS, METHODS AND WORKFLOWS. THE STARTING POINT TOWARDS DIVERSITY AND GRAPHIC INNOVATION IN AN ACADEMIC CONTEXT

Although the software (or software) and the physical (or hardware) are, by definition and necessity, updated over time or, what comes to the same thing, permanently modified, we consider it appropriate to record and specify those used during these ten years of study. In this way, and collaterally, we will unravel the methods and workflows that students (among whom we paradoxically include ourselves as teachers) have been developing.

- Tools. As we say, the current minimum requirements are constantly changing<sup>1</sup>. In any case, the issue is, in most cases and if the program is compatible with the operating system, a longer wait during calculation and automation. In our specific department (Graphic Expression, Composition and Projects of the University of Alicante) we have had a professional license for the Agisoft Metashape<sup>2</sup> program for a few years. Also with the Nikon model D90 camera and an extendable support (pole<sup>3</sup>) for lifting it up to a height of 9.27 meters (Fig. 1). Likewise, the drone that we usually rent (in those case studies that require it and allow it, since both are equally important conditions) is the Phantom 3 Pro<sup>4</sup>. However, and despite the fact that we can say that these are our basic tools, students are able to use and incorporate many more, both physical (different types of drones and reflex cameras) and logic (various computer programs that allow measurement and virtualization from photographs, such as RECAP or sketchUp, to name just two).

<sup>1</sup> As of the writing of this article, we could summarize them as GPUs with a G3DMark score of 7,000 or more, 4 GB or more of graphics card memory, Intel / AMD processor with a single-threaded CPUmark score of 2000 or higher, monitor resolution of 1920 x 1080 pixels, 16 GB or more of RAM memory, SSD or SATA3 HDD hard disk, 40 GB of free space on the hard disk, ... etc).

<sup>2</sup> Before the year 2019 called Photoscan.

<sup>3</sup> Made of aluminum, Manfrotto brand, up to 7, 17 meters without extension.

<sup>4</sup> from DJI company



Fig. 1. Students learning the fundamentals of a photogrammetric fieldwork.

- Methods and workflows. In general, the process involved in photogrammetry remains constant. The recent advances in the development of the programs allow an automatic calibration of the photographic camera so that the most important step of the process can be said that it happens during the taking of snapshots. To a large extent, the success of the derived steps will depend on them, which, in most cases, are the following (all of them already in virtual and three-dimensional space): orientation of the cameras, calculation of the dense point cloud, mesh model and textured model (Fig. 2).

However, the research, once we have exhausted the workflow in the specific software that we are using, continues (as we will see below) depending on the intentions, starting hypotheses, conditions and limitations of the author. The transversality but, above all, the absence of a definitive program with which to start, process, and finish the photogrammetric work, will make us export and import the model in three-dimensional rendering and visualization software (such as Lumion), modeling and modification (like Rhinoceros, AutoCad, Revit or Skecthup, for example) or image editing (like Photoshop or GIMP2) to name three possible graphic paths. The important thing will be, as we will argue, the new order of things in which reality is represented from the first and most important of the photogrammetry works: the one in which we capture images.

- Starting Point. The proposed generic methodology ends here. Previous studies, such as that of Jorge Sainz, allowed us to establish a first way of approaching the characteristics of each



Fig. 2. Top to bottom, the classic workflow in a photogrammetry program: point detection to orient photos, dense point cloud, textured and Meshed surfaces and overlapping.

student's drawings "Of the three dimensions that we have established for the study of drawing -use, way of presentation and graphic technique-" (Sainz 1990: 77). Our work began at this point since each of the students, each of the final degree projects, had to find their own way of shedding the necessary light on the objectives set. Precisely one of the most important reasons and that supposed the beginning of this research was to find the common guidelines to the evident diversity that we faced in the results of the research. Some works used web repositories as an approach to the visual experience, others investigated the use of augmented or virtual reality through innovative processes and tools,



there were also those that created interactive maps or, simply, understood as the only possible end for the drawing of heritage built to the traditional (and effective) dihedral projections. From the need to organize this diversity arose the classification proposal for the photogrammetric survey that we will describe below.

### 3.2 FROM LINE TO POINT: THE PHOTOGRAMMETRIC DATABASE FOR RESEARCHING IN A GRAPHIC CONTEXT

The contemporary drawing of architecture, understood as a static and two-dimensional representation of the built space or, more generically following Javier Seguí as “the product of drawing” (Seguí 2018: 63), has been incorporating the set of tools used by the advances latest technology. These, together with the more traditional techniques, are those that define the territory of possibilities that the two-dimensional architectural graphic expression has within its reach. In other words, there are undoubtedly now more and better tools to graphically document heritage. Also to represent imagined architecture. However, we must underline the fact that by using contemporary technology we architects are able to establish a new three-dimensional database (in some cases called the digital twin). Whether in order to obtain the usual static and two-dimensional drawings or not - we remember that each drawing responds to an intention, which we must explore to interpret its qualities (Montes 2017: 13) -, the truth is that this new digital imaginary where depositing the information in a three-dimensional way also allows us to interact with the database following the rules and conditions of the ways of access to it or, in other words, the software that allows it.

It is in this context where the photogrammetric database arises, which begins with photographs, but it is synthesized in the point cloud, as a new model on which to develop knowledge and to draw. That is, once the field work has been carried out and the photographic captures have been completed, the attention shifts from reality to the new database (starting with the oriented photos and the first automatically generated point cloud), which acts as a new reference point for the drawing. This fact, shared with the application to drawing of other technologies such as the laser scanner (already included by default in the new models of Apple smartphones), we

believe is unprecedented in the history of drawing. The signifier goes from being the real world to becoming evident as its digital reflection. The architecture itself can continue to be revisited and analyzed, but the effort is now based on elaborating knowledge from this second derivative that spatially oriented photographs suppose (in an aseptic three-dimensional model and still empty but georeferenced) and in the point cloud that consequence. It is for this reason that we say that we have gone from the line to the point (Juan & Marcos 2016) since, from contemporary times, with the help of computers, the points and their management will be the true protagonists of the germ of graphic expression... occupying a role that, until now, corresponded to the line.

The process that allows the suggestive world of drawing can also be understood as the series of Russian dolls in which the purpose of each of them ends in opening the next one. The stages of drawing begin and end in the definition of its limits and synthesize the series of efforts that, around the visual, organize the databases of each of the stages or moments. The goal of drawing is to be able to draw. In this context we can affirm that the cause of the drawing is another drawing. Starting with the representation that, by inhabiting the world, we become of it, and ending with the paper support with the series of ink modifications that represent a built space, the role of the drawing is to serve as an aid or tool to understand and communicate and it is in this sense that most research uses the graphics: as a lever to develop their objectives.

### 3.3. AFTER THE PHOTOGRAMMETRIC SURVEY. STRATEGIES FOR THE ENHANCEMENT OF ARCHITECTURAL DRAWINGS, BUILT OR NOT

The common denominator of the architectural heritage research exercises (which have graphic expression as the central nucleus of their analysis and with photogrammetry as a technique) is, in most cases, three-dimensional modeling (point cloud plus mesh plus textured). But the proposals do not end in the drawing as a document in itself since what makes them constitute an investigation in an architectural context is the establishment, first, of starting hypotheses and their own objectives to, later, develop a methodology that, based on graphical models, allow to establish some conclusions in view of the results. Although the direction and structure is common, each of

the proposals will be different not only in the way they approach the exercise but also in their own previous hypotheses and approaches. Next, we will summarize the main ones; We have classified them into three types, according to their temporary position at work (before, during or after), namely: drawings as a tool, drawings as part of the process and drawings as documents.

- Drawings - tool (or before):

Understanding the drawings as a tool implies the need to obtain them prior to the development of the methodology itself. As Javier Ortega so aptly reminds us “the drawing can be proposed as a research purpose, considered in itself, or be used as an instrument of the same to progress in the knowledge of the built heritage” (Ortega 2016: 296). The initial hypotheses of the work require graphic documentation as part of the instruments necessary for testing it, and our three-dimensional models, the result of the calculation that photogrammetry entails, will be claimed, first of all, for their usefulness.

- Drawings - process (or during):

The graphic part of the investigation can also be understood as the verb that involves using the drawing as a useful action that, like scientific experiments, underlines a search, a comparison, a test but, above all, an interaction with the author of the work. The graphic is, in this way used, a means of research in permanent change and, therefore, it is not so much about what is achieved with it (tool) or what it supposes as an inert element (document) but about what it is able to offer during the derived dialogue exercise its construction line by line or, as we would say today, click by click. This causal action of drawing, understood as a process in itself, is what Berger refers to when he affirms that “drawing in order to discover, this is a divine process; it is to find the effect and the cause” (Berger 2005: 66). Or to which Giandebiaggi refers us when, citing de Rubertis, he reminds us that “the drawing serves as a temporary support of the mind and imagination” (Giandebiaggi 2016). Only through the action of drawing (and what it entails) are we capable of thinking, reasoning and, therefore, scrutinizing and assessing what the different possibilities that we ponder when we work and analyze regarding heritage entail. There are numerous authors who abound in the idea that drawing (manual, technical, assisted, photogrammetric,...) fulfills a role beyond the instrumental with respect to the representation

of architecture. In the opinion of Otxotorena (1996: 89) the conception drawing is closely linked to the graphic medium in which it develops. The drawing becomes the proper and specific instance of the projective discourse: that is, the conductor and the medium of what has come to be called “architectural thought” and the medium of creation.

- Drawings - document (or after):

As a result of the methodology and in order to shed light on the conclusions, the drawing can be analyzed, created and also understood as a final document. The value of the graphics, in the latter case, is intrinsically linked to the possibilities of said element as a database itself. The use of the photogrammetric survey as a document is part of Dernie’s affirmation: “drawing and virtual images are the key to the coherence and integrity of the design, since they are the only elements that can express the relationship between the concept or the intention of a project and its material form”(Dernie 2010: 8).

### 3.4. APPLICATION OF THE PROPOSAL. SCOPE AND LIMITATIONS: POINT CLOUDS AND ELLIPSIS

The final degree projects that are analyzed in this section have the common denominator of working with a fundamentally graphic basis to achieve the objectives. Either through the use of photogrammetry or with another series of technological tools, the hypotheses of all of them require drawing to be achieved. We will graphically illustrate each of the proposed epigraphs below, although, remembering Otxotorena’s words, we must indicate in advance that the containers are not watertight and there are many results that can be understood differently depending on the stage in which they are evaluated. “‘Drawing as an end’ and ‘drawing as a means’ represent different horizons; in principle complementary. And there is something to understand as soon as possible, to avoid confusion: the type of drawing that architects practice in itself is halfway between them.” (Otxotorena 2016: 55)

The database as a tool (Fig. 3): Understanding the point cloud first, and all its derivatives, later, as a tool allows us to have an additional research instrument for our work that, well applied, will undoubtedly help to achieve the objectives and the verification of the starting hypotheses. In this way, clouds of millions of points, three-dimensional



Fig. 3. BEFORE (TOOL) TFG “Architectural Application of Digital Photogrammetry for Graphic and Photogrammetric Survey of Facades in Prytz Palace”, author: Carmen Santos Maestre. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/49506>

geometric models, tile models and all the possible combinations and operations that allow a replica of the discretized reality in positions and colors, are evidenced as starting points of possible graphic paths. In Fig. 3 we see an example that, by means of a fragment (in the form of a slice parallel to the horizontal plane) sectioned from a cloud of points, helps to establish a comparison between the drawing of reality (vector planes) prior to the photogrammetric survey and reality itself in the form of a point cloud (with a precision, remember, of plus minus 1 centimeter).

The database as a source of knowledge (Fig. 4): In this second example we start from the graphic documentation (accessible only thanks to the benefits of photogrammetry) to elaborate knowledge and additional information that, in addition to being unpublished, will be implicitly linked to the database from which it starts. Only possible in a graphic discourse the series of approximations and hypotheses will be graphed as part of an interactive process. We can observe, in this case, how the student geometrically rehearses the series of theoretical approaches in order, precisely, to check measurements, textures and hypotheses and to be able to vary the drawing according to the results.

The database as a document (Figs. 5 and 6): Perhaps the most traditional (and no less efficient or contemporary) way of approaching the drawing of architecture through photogrammetry is to generate documents that, as if from a deferred architecture (Ortega 2016: 296) will be involved, they will form part of the theoretical body of the same and will give testimony, like this one, of the material spaces prepared to inhabit. At the same time they will serve as a repository of memory and testimony of what, in a very specific place and time, their physical and material reality meant. Figures 5 and 6 are examples of this: contemporary drawings understood as documents faithful to a discourse and highly precise in terms of the geometry they treasure.

#### 4. RESULTS

As we have seen, and in the same way that happens during the exercise of the profession, the drawings in particular and the graphic expression in general offer us, precisely because of the images they relate, a promise of duration, of permanence against the passage of time (Brea

2010: 9). In addition to being shown as fabulous work tools, the drawings help us to think and reach theoretical places that would otherwise be deserted. Even the graphic results of the workflow that photogrammetry implies (in theory aseptic although with the particularities that the different conditions for capturing snapshots impose) can be understood, and treated, as generators of critical and partial readings, that is, as tools, processes or documents (following our classification) of incalculable value in an innovative and research context (Fig. 7). As the Puche Fontanillas work team rightly reminds us “We intend, beyond its geometric reality and its reflectance values, to extract further semantic content from the visualization and / or management of the point cloud” (Puche 2017: 229).

But the drawings also show, at times, our limitations. Let us remember the words of Antonio López quoted by Óscar Tusquets “You don’t know how the sun used to gild the leaves and the upper quinces this morning. It was beautiful, but, of course, impossible to paint” (Tusquets 2019: 47). The dialogue (first interior and, later, exterior) that allows the drawing process supposes a work methodology in itself that, many times and even in the absence of connections with the construction or the project, we have demonstrated fertile and effective. As if this were not enough, the final result, understood as a document, is part of the architectural heritage in the same way as the physical reality itself that we call architecture. The drawing can also be included as architecture and, as such, it must be (when required) conserved, analyzed and put in relation.

Although we have tried to guide and classify them (taking into account their use of graphics), the diversity in the use of graphics in academic research is overwhelming. Once they have positioned themselves to articulate the architectural drawings (around which they orbit at all times), each of the authors demonstrates the high capacity and possibilities that graphic language possesses interacting with the visual in a decisive way for the results of the personal process and the achievement of the hypotheses to which we referred above. The consequence of all the above is a set that can hardly be circumscribed to a specific field of knowledge: the research that use the photogrammetric technique cover a field as broad as that of the discipline itself that uses them both for measurements and



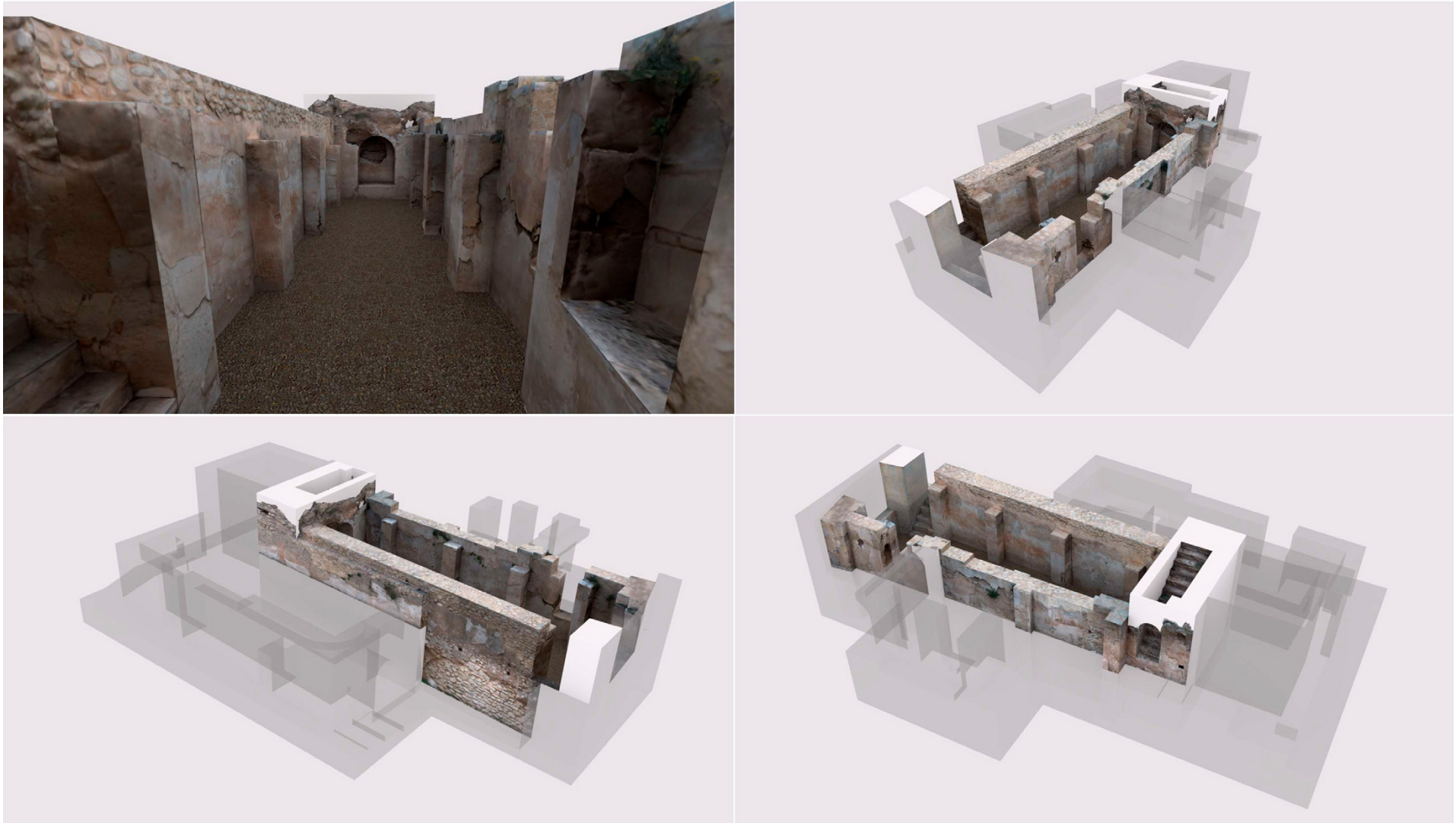


Fig .4. DURING (PROCESS) TFG “Enhancement of the Elda Castle chapel: graphic survey and virtual reconstruction hypothesis in the 15th century”, author Vanessa Escobar Ortega. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/72609>





Fig .5. AFTER (DOCUMENT 1) TFG “Photogrammetric Survey of the military detachment of” el Portichol “(1936 - 39)” author Raúl Torres Jiménez. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/96727>

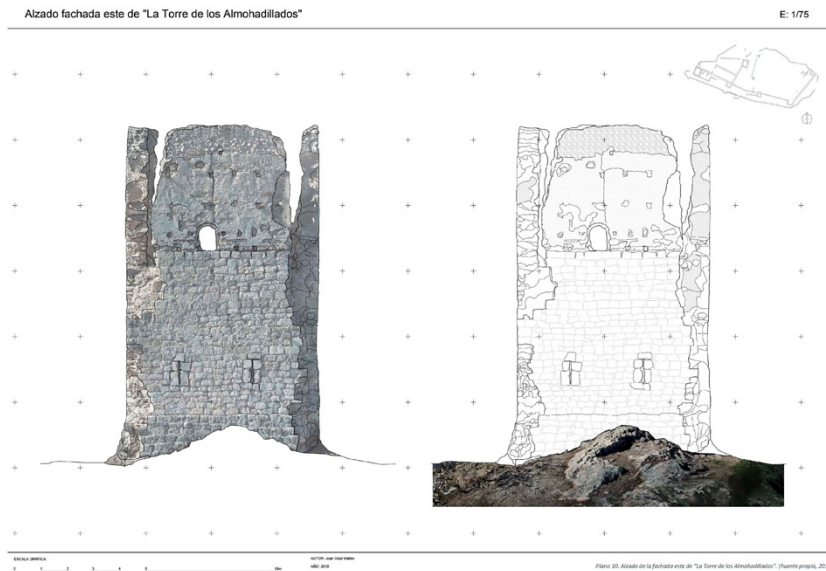
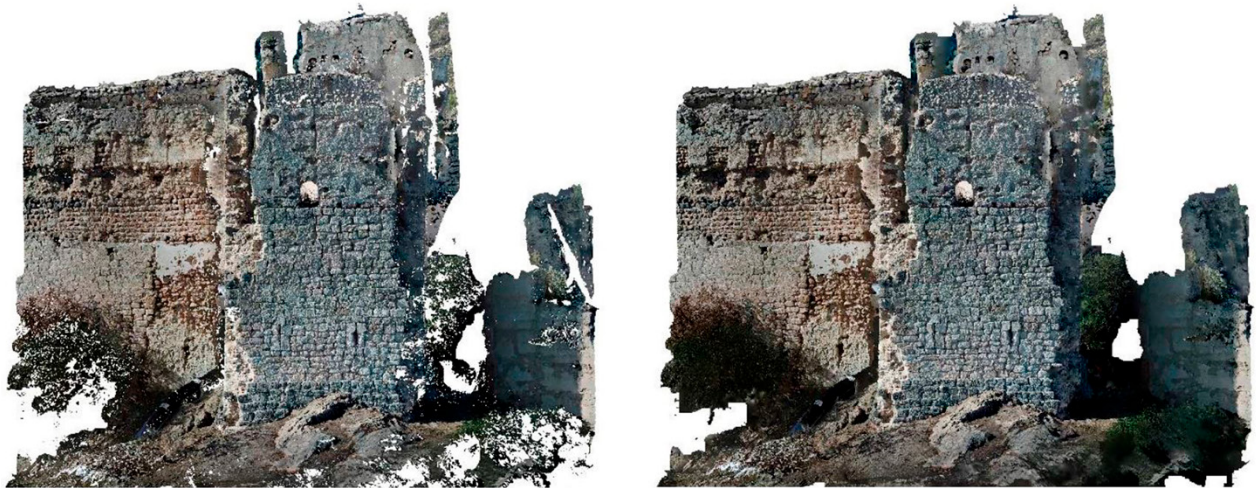


Fig. 6. AFTER (DOCUMENT 2) right TFG "The photogrammetric survey of the architectural heritage built as a tool for analysis and knowledge: The case of the Castell de la Vall de Perputxent", author: Joan Vidal Mallén. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/101904>

for constructions, including augmented reality or contemporary rehabilitation techniques.

## 5. CONCLUSIONS

Although, as has already been indicated, the material and the database with which we have worked far exceed the light that we can throw in the present conclusions, we can try to synthesize the results taking into account the

temporal structure of the classification in the first place. yes, secondly to its relevance and scope and, thirdly and lastly, to the application of the photogrammetric technique itself in our context:

- The positioning in relation to the temporality of architectural drawings allows us to identify three common places, namely, tool (before), process (during) or document (after). This strategy to understand the graphic is inevitable (all drawings have a place in it) although not exclusive (the

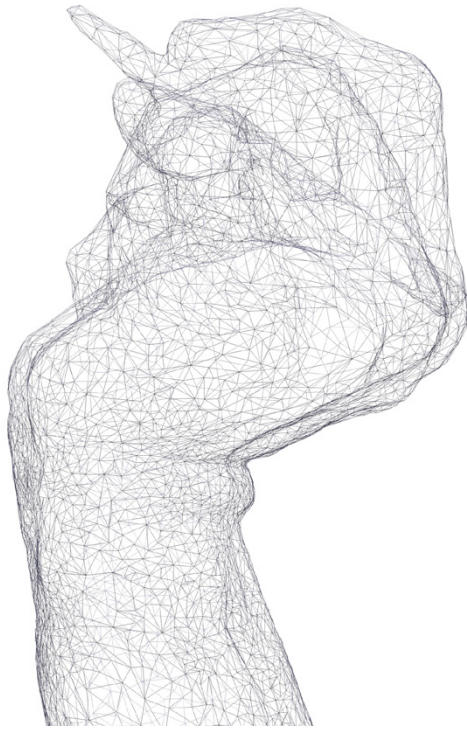


Fig.7. Mesh surface result and part of the process of a photogrammetric survey that is carried out as a learning method.

same graphic can be classified simultaneously in several ways).

- Although it is a first classification that we have proven useful, the nature (scope, impact and, as a consequence, the final value) of each of the final degree projects depends, to a large extent, on the relevance of the starting hypotheses raised and the rigor of the methodology used, and not so much in the way in which the drawings are used.

- Photogrammetry is evidenced as one of the most interesting techniques that we have today to raise the built heritage. Not only because of its accessibility, but also because of the speed and precision of its results. This fact, well demonstrated and known, is fundamentally evident since the students themselves have been, and continue to be, the ones who choose it from among all possible ones.

#### ACKNOWLEDGMENT

This work is developed as part of an R+D+I project entitled "The representation of time in graphic expression", with reference project-emergent-GRE18-10 and funded, in public concurrence, by the Vice-Rector's Office for Research and Transfer of Knowledge of the University of Alicante.

#### BIBLIOGRAPHY

Almagro, A. (2004). *Levantamiento arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada

Berger, J. (2005). *Sobre el dibujo*. Barcelona. Gustavo Gili. S.L.

Brea, J.L. (2010). *Las tres eras de la imagen*. Madrid. Akal

Dernie, D. (2010). *El dibujo en arquitectura. Técnicas Tipo Lugares*. Barcelona, Art Blume S.L.

Giandebiaggi, P. (2016). "Expresiveness – drawing – architecture: Italy since war, from traditional to digital". In Chías Pilar, Cardone Vito (eds). *Drawing and Architecture 1986-2016, Thirty Years of Research*. Alcalá de Henares: Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá, pp. 184-197

Juan Gutiérrez, P.J., Marcos Alba, C.L. (2016). "De la línea al punto: fotogrametría digital y narrativa gráfica" en *EGE. Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, 9: 88-95

Montes, C. (2017). *Del material de los sueños. Dibujos de arquitectura en la modernidad*. Valladolid: Universidad de Valladolid

Ortega, E. (2016). "Dibujo e investigación en el ámbito del patrimonio arquitectónico y urbano". In Chías Pilar, Cardone Vito (eds). *Drawing and Architecture 1986-2016, Thirty Years of Research*. Alcalá de Henares: Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá, pp. 292-305

Otxotorena, J.M. (1996). *Sobre Dibujo y Diseño*. Pamplona: T6 Ediciones SL



Otxotorena, J.M. (2016). "Construir, dibujar, viajar. Algunas notas complementarias sobre el dibujo como fin y como medio". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, [S.l.], v. 21, n. 27, p. 54-63. <https://doi.org/10.4995/ega.2016.4729>

Puche Fontanilles, J., Macias Solé, J., Toldrà Domingo, J., & de Solà-Morales, P. (2017). "Más allá de la métrica. Las nubes de puntos como expresión gráfica semántica". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, [S.l.], v.22, n31, p.228-237. <https://doi.org/10.4995/ega.2017.6781>

Sainz Avia, J. (1990). *El dibujo de arquitectura: teoría e historia de un lenguaje gráfico*. Editorial Nerea, Madrid.

Seguí de la Riva, F. J. (2018). "Proyectar, proyecto; dibujar, dibujo". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, [S.l.], v. 23, n. 34, p. 56-73. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.10855>

Tustquets, O. (2019) *Pasando a Limpio*. Barcelona: el acantilado.

---

**How to cite this article:** Juan Gutiérrez, P.J., Irlés Parreño, R., Maestre López-Salazar, R. 2020. "Photogrammetry time. A classification proposal for photogrammetric survey", *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, N° 13, Valencia: Universitat Politècnica de València. pp. 30-46. <https://doi.org/10.4995/ega.2020.14579>



## TIEMPO DE FOTOGRAMETRÍA. UNA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN PARA EL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

“Promesa de duración, de permanencia -contra el pasaje del tiempo-. He aquí lo que las imágenes nos ofrecen” (Brea 2010: 9)

### 1 INTRODUCCIÓN

El levantamiento del patrimonio construido permite y hace posible un territorio gráfico de aprendizaje, análisis, experimentación, comunicación y depósito para la arquitectura. Supone, además de la conexión entre la teoría y la práctica de nuestra disciplina, un marco inmejorable para la enseñanza. En este contexto la fotogrametría se evidencia como una técnica rigurosa y eficaz que, al servicio de unas hipótesis pertinentes, es capaz de producir resultados tan valiosos como contemporáneos. Nuestra estrategia, fundamentada en el carácter temporal, relaciona la grafía con el proceso activo y de investigación que, de uno u otro modo, la requiere y consecuencia.

### 2. HIPÓTESIS DE PARTIDA Y OBJETIVOS

Partimos de dos hipótesis: en primer lugar, entender la documentación gráfica como una herramienta para alcanzar un objetivo que no es necesariamente la producción de dicha documentación y, en segundo lugar, posicionar al levantamiento del patrimonio en general (y la fotogrametría en particular) como parte integrante de los elementos de un proceso que deberá regirse, en primer término, por las intenciones y propósitos que lo generan. El objetivo principal, continuando con esta idea, se alinea con la necesidad de testear la estrategia propuesta, derivada de la hipótesis anterior y sintetizada en las líneas que siguen en forma de taxonomía. Será llevado a cabo mediante el análisis de los resultados gráficos y, para terminar, se valora el alcance, repercusión, eficacia y se establece un criterio exportable que permite al investigador escoger el mejor método de trabajar según la naturaleza de sus dibujos y su posicionamiento respecto a lo temporal. Esta investigación profundiza sobre lo que apuntaba Otxotorena (en los inicios del dibujo informatizado de arquitectura al referirse a los objetivos de los trabajos de Levantamiento y a la Fotogrametría) al afirmar que existen “diferentes niveles de rigor y precisión del dibujo, correlativos de otros tantos grados de compromiso derivados de su eventual destino.” Otxotorena 1996: 35)

### 3 METODOLOGÍA

En primer lugar, explicaremos el proceso base llevado a cabo (común en todos los trabajos finales de grado tutelados que incorporan la técnica fotogramétrica) y, posteriormente, dividiremos el trabajo en tres etapas. En primer lugar, se centrará la temática desde un punto

de vista teórico para establecer la serie de axiomas, hipótesis y reflexiones previas (ya anunciadas arriba) que conforman el punto de partida de la investigación. En segundo lugar, se presentará el análisis de la base de datos gráfica conformada por investigaciones que utilizan el dibujo como herramienta imprescindible. Por último, en tercer lugar, se desgranarán las estrategias más eficaces (y sus consecuencias) para la puesta en valor de los dibujos de arquitectura.

### 3.1 HERRAMIENTAS, MÉTODOS Y FLUJOS DE TRABAJO COMUNES. EL PUNTO DE PARTIDA HACIA LA DIVERSIDAD E INNOVACIÓN GRÁFICA EN UN CONTEXTO ACADÉMICO

Aunque el soporte lógico (o software) y el físico (o hardware) son, por definición y necesidad, actualizados con el tiempo o, lo que viene a ser lo mismo, permanentemente modificados, nos parece oportuno dejar constancia y concretar los utilizados durante estos diez años de estudio. De esa manera, y colateralmente, desgranaremos los métodos y los flujos de trabajo que los alumnos (entre los que nos incluimos paradójicamente como docentes) han venido desarrollando.

- Herramientas. Como decimos los requisitos mínimos actuales están en permanente cambio<sup>1</sup>. En cualquier caso se trata, en la mayoría de los casos y si el programa es compatible con el sistema operativo, de una mayor espera durante el cálculo y la automatización. En el caso de nuestro departamento (Expresión Gráfica, Composición y Proyectos de la Universidad de Alicante) contamos desde hace unos años con la licencia profesional del programa Agisoft Metashape<sup>2</sup>. También con la cámara fotográfica Nikon modelo D90 y un soporte extensible (pértiga<sup>3</sup>) para su elevación hasta una altura de 9,27 metros (Figura 1). Asimismo, el drone que solemos alquilar (en aquellos casos de estudios que lo requieren y lo permiten, ya que ambas son condiciones igual de importantes) es el Phantom 3 Pro<sup>4</sup>. No obstante, y a pesar de que podemos decir que esas son nuestras herramientas básicas, los alumnos son capaces de usar e incorporar muchas más, tanto físicas (distintos tipos de drones

<sup>1</sup> A la fecha de la redacción del presente artículo podríamos resumirlos en GPU con una puntuación de G3DMark de 7.000 o más, 4 GB o más de memoria de tarjeta gráfica, Procesador Intel/AMD con una puntuación de CPUmark de un solo hilo de 2000 o superior, resolución del monitor de 1920 x 1080 pixels, 16 GB o más de memoria RAM, disco duro SSD o HDD SATA3, 40 GB de espacio libre en el disco duro, ...etc).

<sup>2</sup> Antes del año 2019 llamado Photoscan.

<sup>3</sup> De alumnio, marca Manfrotto, hasta 7, 17 metros sin extensión.

<sup>4</sup> de la compañía DJI.

y cámaras fotográficas réflex) como lógicas (diversos programas informáticos que permiten la medición y virtualización a partir de fotografías, como RECAP ó sketchUp, por citar sólo dos).

- Métodos y flujos de trabajo. En general, el proceso que implica la fotogrametría se mantiene constante. Los recientes avances en el desarrollo de los programas permiten una calibración automática de la cámara fotográfica por lo que el paso más importante del proceso podemos decir que sucede durante la toma de las fotografías. De ellas dependerá, en buena medida, el éxito de los pasos derivados que, en la mayoría de las ocasiones, son los siguientes (todos ellos ya en el espacio virtual y tridimensional): orientación de las mismas, cálculo de la nube de puntos densa, modelo mallado y modelo texturizado (Figura 2).

No obstante, la investigación, una vez hemos agotado el flujo de trabajo en el software específico que estamos utilizando, continúa (según veremos a continuación) dependiendo de las intenciones, hipótesis de partida, condicionantes y limitaciones propias del dibujante. La transversalidad, pero, sobre todo, la inexistencia de un programa definitivo con el que comenzar, procesar, y acabar el trabajo fotogramétrico, nos hará exportar e importar el modelo en softwares de renderizado y visualización tridimensional (como Lumion), de modelado y modificación (como Rhinoceros, AutoCad, Revit o Skecthup, por ejemplo) o de edición de imágenes (como Photoshop o GIMP2) por citar tres posibles caminos gráficos. Lo importante será, como argumentaremos, el nuevo orden de cosas en el que la realidad es representada a partir del primer y más importante de los trabajos de la fotogrametría: aquel en el que capturamos las imágenes.

- Punto de partida. La metodología genérica propuesta termina aquí. Estudios precedentes, como el de Jorge Sainz, nos permitía establecer un primer modo de aproximación a las características de los dibujos de cada alumno “De las tres dimensiones que hemos establecido para el estudio del dibujo -uso, modo de presentación y técnica gráfica-“ (Sainz 1990: 77). Nuestro trabajo comenzaba en este punto ya que cada uno de los alumnos, cada uno de los trabajos finales de grado, debía encontrar su propia forma de arrojar la luz necesaria a los objetivos planteados. Precisamente uno de los motivos más importantes y que supuso el comienzo de la presente investigación fue el de encontrar las pautas comunes a la evidente diversidad a la que nos enfrentábamos en los resultados de los mismos. Algunos trabajos utilizaban repositorios web como aproximación a la experiencia visual, otros investigaban en el empleo de la realidad aumentada o virtual mediante procesos y herramientas innovadoras, también los había que creaban mapas interactivos o, sencillamente, entendían como único final posible para el dibujo del patrimonio edificado a las tradicionales (y eficaces) proyecciones diédricas. De la necesidad de organizar dicha diversidad surgió la propuesta de

clasificación para el levantamiento fotogramétrico que a continuación desgranamos.

### 3.2. DE LA LÍNEA AL PUNTO: LA BASE DE DATOS FOTOGAMÉTRICA PARA LA INVESTIGACIÓN EN UN CONTEXTO GRÁFICO. ETAPAS: DIBUJAR PARA DIBUJAR

el dibujo contemporáneo de la arquitectura, entendido como representación estática y bidimensional del espacio construido o, más genéricamente siguiendo a Javier Seguí como “el producto del dibujar” (Seguí 2018: 63), ha venido incorporando al conjunto de las herramientas que utiliza los avances tecnológicos más recientes. Éstos, junto a las técnicas más tradicionales, son los que definen el territorio de posibilidades que la expresión gráfica arquitectónica bidimensional tiene a su alcance. Es decir, indudablemente existen ahora más y mejores herramientas para documentar gráficamente el patrimonio. También para representar la arquitectura imaginada. No obstante, debemos subrayar el hecho de que mediante el empleo de la tecnología contemporánea los arquitectos somos capaces de establecer una nueva base de datos tridimensional (a veces llamada gemelo digital). Ya sea con la finalidad de obtener los dibujos estáticos y bidimensionales de siempre o no –recordemos que cada dibujo responde a una intención, que debemos explorar para interpretar sus cualidades (Montes 2017: 13)-, lo cierto es que este nuevo imaginario digital donde depositar la información de manera tridimensional nos permite, además, interactuar con dicha base de datos siguiendo las reglas y condiciones de los medios de acceso al mismo o, dicho de otra manera, del software que lo permite.

Es en este contexto donde surge la base de datos fotogramétrica, que comienza con las fotografías, pero se sintetiza en la nube de puntos como nuevo modelo sobre el que elaborar conocimiento y dibujar. Es decir, una vez que el trabajo de campo ha sido realizado y las capturas fotográficas se han concretado, la atención se desplaza de la realidad a esta nueva base de datos (que comienza con las fotografías orientadas y la primera nube de puntos generada automáticamente para ello) que actúa como un nuevo referente del dibujo. Este hecho, compartido con la aplicación al dibujo de otras tecnologías como el escáner láser (incluido ya por defecto en los nuevos modelos de teléfono inteligente de Apple), creemos que es inédito en la historia del dibujo. El significante pasa de ser el mundo real a evidenciarse como su reflejo digital. La arquitectura en sí puede seguir revisitándose y analizándose, pero el esfuerzo ahora se fundamenta en elaborar conocimiento a partir de esta segunda derivada que suponen las fotografías orientadas espacialmente (en un modelo tridimensional aséptico y aún vacío pero georeferenciado) y en la nube de puntos que consecuencia. Es por esta razón por la que decimos

que hemos pasado de la línea al punto (Juan & Marcos 2016) ya que, desde la contemporaneidad, con la ayuda de las computadoras, serán los puntos y la gestión de los mismos los verdaderos protagonistas del germen de la expresión gráfica... ocupando un papel que, hasta este momento, le correspondía a la línea.

El proceso que permite el sugerente mundo del dibujo puede entenderse, también, como la serie de muñecas rusas en las que la finalidad de cada una de ellas termina en abrir la siguiente. Las etapas del dibujo empiezan y terminan en la definición de los límites de éste y sintetizan la serie de esfuerzos que, alrededor de lo visual, organizan las bases de datos de cada uno de los estadios o momentos. El objetivo de dibujar es poder dibujar. En este contexto podemos afirmar que la causa del dibujo es otro dibujo. Comenzando por la representación que, al habitar en el mundo nos hacemos de éste, y terminando por el soporte papel con la serie de modificaciones en tinta que representan un espacio construido, el papel del dibujo es el de servirnos de ayuda o herramienta para comprender y comunicarnos y es en este sentido en el que la mayoría de las investigaciones utilizan la grafía: como palanca para alcanzar sus objetivos.

### 3.3. TRAS EL LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO. ESTRATEGIAS PARA LA PUESTA EN VALOR DE LOS DIBUJOS DE LA ARQUITECTURA, CONSTRUIDA O NO

El denominador común de los ejercicios de investigación en patrimonio arquitectónico (que cuentan con la expresión gráfica como núcleo central de su análisis y con la fotogrametría como técnica) es, en la mayoría de los casos, el modelado tridimensional (nube de puntos más malla más texturizado). Pero las propuestas no terminan en el dibujo como documento en sí ya que lo que las hace constituirse como investigación en un contexto arquitectónico es el establecimiento, primero, de hipótesis de partida y objetivos propios para, posteriormente, desarrollar una metodología que, apoyándose como decimos en los modelos gráficos, permita establecer unas conclusiones a la vista de los resultados. Aunque la dirección y la estructura es común, cada una de las propuestas será diferente no sólo en su forma de plantear el ejercicio sino en las propias hipótesis y planteamientos previos. A continuación, resumiremos las principales; las hemos clasificado en tres tipos, atendiendo a su posición temporal en el trabajo (antes, durante o después), a saber: dibujos como herramienta, dibujos como parte del proceso y dibujos como documentos.

- Dibujos – herramienta (o antes de): Entender los dibujos como herramienta supone la necesidad de obtenerlos previamente al desarrollo de la metodología propiamente dicha. Como nos recuerda tan acertadamente Javier Ortega “el dibujo se puede plantear como finalidad de la investigación, en sí mismo considerado, o ser utilizado como instrumento

de la misma para progresar en el conocimiento del patrimonio edificado” (Ortega 2016: 296). Las hipótesis de partida del trabajo precisan de la documentación gráfica como parte de los instrumentos necesarios para su testeo y nuestros modelos tridimensionales, fruto del cálculo que supone la fotogrametría, serán reivindicados, en primer lugar, por su utilidad.

- Dibujos – proceso (o durante): La parte gráfica de la investigación puede ser entendida también como el verbo que supone el utilizar el dibujo como acción útil que, al igual que los experimentos científicos, subraya una búsqueda, una comparación, un testeo pero, sobre todo, una interacción con el autor del trabajo. Lo gráfico es, de esta manera empleado, un medio de investigación en permanente cambio y, por tanto, no se trata tanto de lo que se consigue con él (herramienta) o lo que supone como elemento inerte (documento) sino de lo que es capaz de ofrecer durante el ejercicio de diálogo derivado su construcción trazo a trazo o, como diríamos actualmente, clic a clic. Esa acción causal del dibujo, entendido como proceso en sí mismo, es al que se refiere Berger al afirmar que “dibujar a fin de descubrir, ese es un proceso divino; es encontrar el efecto y la causa” (Berger 2005: 66). O al que nos remite Giandebiaggi cuando, citando a de Rubertis nos recuerda que “*the drawing serves as a temporary support of the mind and imagination*” (Giandebiaggi 2016). Sólo mediante la acción de dibujar (y lo que ésta supone) somos capaces de pensar, razonar y, por tanto, escrutar y valorar lo que suponen las diferentes posibilidades que ponderamos cuando trabajamos y analizamos a propósito del patrimonio. Son numerosos los autores que abundan en la idea de que el dibujo (manual, técnico, asistido, fotogramétrico, ...) cumple un papel más allá del instrumental con respecto a la representación de la arquitectura. En opinión de Otxotorena (1996: 89) el dibujo de concepción está estrechamente ligado al medio gráfico en que se desarrolla. El dibujo se convierte en la instancia propia y específica del discurso proyectivo: es decir, el conductor y el medio de lo que ha venido a denominarse el “pensamiento arquitectónico” y el medio de creación.

- Dibujos – documento (o después de): Como resultado de la metodología y con el objetivo de arrojar luz de cara a las conclusiones, el dibujo puede ser analizado, creado y comprendido también como documento final. El valor de la grafía, en este último caso, queda intrínsecamente ligado a las posibilidades de dicho elemento en tanto en cuanto que base de datos en sí mismo. El uso del levantamiento fotogramétrico como documento se enmarca en la afirmación de Dernie: “el dibujo y las imágenes virtuales son la clave de la coherencia y la integridad del diseño, puesto que son los únicos elementos que pueden expresar la relación entre el concepto o la intención de un proyecto y su forma materia” (Dernie 2010: 8).

### 3.4. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA. ALCANCE Y LIMITACIONES: NUBES DE PUNTOS Y PUNTOS SUSPENSIVOS

Los trabajos finales de grado que se analizan en este apartado tienen el denominador común de trabajar con una base fundamentalmente gráfica para alcanzar los objetivos. Ya sea mediante el uso de la fotogrametría o con otra serie de herramientas tecnológicas, las hipótesis de todos ellos requieren del dibujo para su consecución. A continuación los ejemplificaremos gráficamente cada uno de los epígrafes propuestos aunque, recordando las palabras de Otxotorena, debemos indicar de antemano que los contenedores no son estancos y hay muchos resultados que pueden ser entendidos de forma distinta según la etapa en la que se evalúen. “‘El dibujo como fin’ y ‘el dibujo como medio’ representan horizontes diferentes; en principio complementarios. Y hay algo a comprender cuanto antes, por evitar confusiones: el tipo de dibujo que practican de suyo los arquitectos se encuentra como a medio camino entre ellos.” (Otxotorena 2016: 55)

La base de datos como herramienta (Figura 3): Entender la nube de puntos primero, y todas sus derivadas, después, como herramienta nos permite disponer de un instrumento adicional de investigación para nuestros trabajos que, bien aplicado, ayudará sin duda al logro de los objetivos y la comprobación de las hipótesis de partida. De esta manera nubes de millones de puntos, modelos geométricos tridimensionales, modelos de teselas y todas las posibles combinaciones y operaciones que permite disponer de una réplica de la realidad discretizada en posiciones y colores, se evidencian como puntos de partida de posibles caminos gráficos. En la Figura 3 vemos un ejemplo que, mediante un fragmento (en forma de loncha paralela al plano horizontal) seccionado de una nube de puntos, ayuda a establecer una comparación entre el dibujo de la realidad (planos vectoriales) con anterioridad al levantamiento fotogramétrico y la propia realidad en forma de nube de puntos (con una precisión, recordemos, de más o menos 1 centímetro).

La base de datos como fuente de conocimiento (Figura 4): En este segundo ejemplo partimos de la documentación gráfica (accesible recordemos únicamente gracias a las bondades de la fotogrametría) para elaborar conocimiento e información adicional que, además de inédita, estará implícitamente ligada a la base de datos de la que parte. Únicamente posible en un discurso gráfico la serie de aproximaciones e hipótesis serán graficadas como parte de un proceso interactivo. Podemos observar, en este caso, cómo la alumna ensaya geoméricamente la serie de planteamientos teóricos para, precisamente, comprobar medidas, texturas e hipótesis y poder variar el dibujo atendiendo a los resultados.

La base de datos como documento (Figuras 5 y 6): Quizá la forma más tradicional (y no por ello menos

eficaz o contemporánea) de aproximarnos al dibujo de la arquitectura mediante la fotogrametría sea la de generar documentos que, como si de una diferida de la arquitectura (Ortega 2016: 296) se tratara, formarían parte del cuerpo teórico de la misma y darían testimonio, como esta, de los espacios materiales preparados para habitar. Al mismo tiempo servirán de depósito de la memoria y testimonio de lo que, en un lugar y un momento muy determinados, significó su realidad física y material. Las figuras 5 y 6 son ejemplos de ello: dibujos contemporáneos entendidos como documentos fieles a un discurso y altamente precisos en cuanto a la geometría que atesoran.

## 4. RESULTADOS

Tal y como hemos visto, y de la misma manera que sucede durante el ejercicio de la profesión, los dibujos en particular y la expresión gráfica en general nos ofrecen, precisamente por las imágenes que relacionan, una promesa de duración, de permanencia contra el pasaje del tiempo (Brea 2010: 9). Además de evidenciarse como fabulosas herramientas de trabajo, los dibujos nos ayudan a pensar y llegar a lugares teóricos que, de otra manera quedarían desiertos. Incluso los resultados gráficos del flujo de trabajo que la fotogrametría implica (en teoría asépticos aunque con las particularidades que las distintas condiciones de captura de las instantáneas imponen) pueden ser entendidos, y tratados, como generadores de lecturas críticas y parciales, es decir, como herramientas, procesos o documentos (siguiendo nuestra clasificación) de un incalculable valor en un contexto innovador y de investigación (Fig. 7). Tal y como acertadamente nos recuerda el equipo de trabajo de Puche Fontanillas “Pretendemos, más allá de su realidad geométrica y sus valores de reflectancia, extraer un ulterior contenido semántico a partir de la visualización y/o gestión de la nube de puntos” (Puche 2017: 229).

Pero los dibujos también evidencian, en ocasiones, nuestras limitaciones. Recordemos las palabras de Antonio López citado por Óscar Tusquets “No sabes cómo doraba el sol las hojas y los membrillos superiores esta mañana. Era precioso, pero, claro, imposible de pintar” (Tusquets 2019: 47). El diálogo (primero interior y, posteriormente, exterior) que permite el proceso de dibujar supone una metodología de trabajo en sí misma que, muchas veces y aún en ausencia de conexiones con la construcción o el proyecto, hemos demostrado fértil y eficaz. Por si esto fuera poco el resultado final, entendido como documento, forma parte del patrimonio arquitectónico de la misma manera que la propia realidad física que llamamos arquitectura. El dibujo puede incluirse como arquitectura también y, como tal, debe ser (en las ocasiones en las que lo requiera) conservado, analizado y puesto en relación.



Aunque hemos intentado pautar y clasificarlos (atendiendo al empleo que hacen de lo gráfico) la diversidad en la utilización de lo gráfico en las investigaciones académicas es apabullante. Una vez que se han posicionado para articular los dibujos de arquitectura (alrededor de los que orbitan en todo momento), cada uno de los autores demuestra la alta capacidad y posibilidades que el lenguaje gráfico posee interactuando con lo visual de manera decisiva para los resultados del proceso personal y la consecución de las hipótesis a las que nos referíamos más arriba. La consecuencia de todo lo anterior es un conjunto que difícilmente puede circunscribirse a un ámbito concreto del conocimiento: las investigaciones que utilizan la técnica fotogramétrica abarcan un ámbito tan amplio como el de la propia disciplina que los emplea tanto para mediciones como para construcciones, pasando por realidad aumentada o técnicas de rehabilitación contemporáneas.

## 5. CONCLUSIONES

Aunque, como ya se ha indicado, el material y la base de datos con la que hemos trabajado exceden con mucho la luz que podamos arrojar en las presentes conclusiones, podemos intentar sintetizar los resultados atendiendo en primer lugar a la estructura temporal de la clasificación en sí, en segundo lugar a su pertinencia y alcance y, en tercer y último lugar, a la aplicación de la técnica fotogramétrica en sí en nuestro contexto:

- El posicionamiento en relación a la temporalidad de los dibujos de arquitectura nos permite identificar tres lugares comunes, a saber, herramienta (antes), proceso (durante) o documento (después). Dicha estrategia para entender lo gráfico es inevitable (todos los dibujos tienen cabida en ella) aunque no excluyente (una misma grafía puede clasificarse simultáneamente de varias maneras).
- Aunque se trata de una primera clasificación que hemos demostrado útil, el carácter (el alcance, la repercusión y, como consecuencia, el valor final) de cada uno de los trabajos finales de grado depende, en gran medida, de la pertinencia de las hipótesis de partida planteadas y el rigor de la metodología empleada, y no tanto del modo en que los dibujos son utilizados.
- La fotogrametría se evidencia como una de las técnicas más interesantes de las que disponemos hoy en día para levantar el patrimonio edificado. No sólo por su accesibilidad, sino por la rapidez y precisión de sus resultados. Este hecho, hartamente demostrado y conocido, se evidencia fundamentalmente ya que han sido, y siguen siendo, los propios alumnos los que lo escogen de entre todos los posibles.

## RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolla como parte de un proyecto I+D+I titulado “La representación del tiempo en la expresión gráfica”, con referencia proyecto-emergente-GRE18-10 y financiado, en pública concurrencia, por el Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Alicante.