

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DEL MOLINO HIDRÁULICO DEL MARQUÉS DE LOS VÉLEZ DE ORIA (ALMERÍA): CORRESPONDENCIA ENTRE PLANIMETRÍA HISTÓRICA Y SITUACIÓN ACTUAL

SURVEY AND ANALYSIS OF THE WATERMILL OF THE MARQUESS OF LOS VÉLEZ DE ORIA (ALMERÍA): CORRELATION BETWEEN HISTORICAL PLANS AND PRESENT SITUATION

Jorge Moya-Muñoz; orcid 0000-0003-2427-1334

Roque Angulo-Fornos; orcid 0000-0002-0401-8377

Ana González-Serrano; orcid 0000-0001-5104-8555

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

doi: 10.4995/ega.2024.22280

La mayoría de las huertas históricas de origen medieval de la provincia de Almería cuentan con molinos hidráulicos como principales unidades productivas encargadas de obtener harina para el alimento de la población. De entre ellas, destaca por sus dimensiones y recursos estilísticos el conocido como el molino del "Cubo Alto" de Oria, sobre el que no recae, actualmente, ningún tipo de protección patrimonial. El objetivo del presente artículo consiste en generar y difundir conocimiento en torno a dicha edificación. La existencia de planimetría asociada a la reconstrucción del molino, en el año 1818, ha posibilitado establecer tanto una comparación formal como constructiva respecto al edificio actual. Este análisis permite proponer hipótesis de las variantes existentes entre el molino colapsado inicialmente, la ejecución de las obras

de reconstrucción, previstas en el siglo XIX, y las realizadas finalmente. Se utilizan las herramientas de los modelos digitales para llevar a cabo el levantamiento y el análisis del molino actual.

PALABRAS CLAVE: MODELOS DIGITALES; FOTOGRAMETRÍA; HBIM; SIG; PATRIMONIO CULTURAL; ARQUITECTURA TRADICIONAL.

In most of the cultivated areas in the province of Almería that originated in the Middle Ages, the main production unit for growing food for the local population is the water mill. Outstanding among them, for both its size and stylistic features, is the "Cubo Alto" watermill in Oria, which currently does not have a protected

heritage status. The aim of this article is to contribute new knowledge about the construction, obtained through a survey and analysis of the present-day mill using digital models. Due to the existence of plans associated with the reconstruction of the mill in 1818, we have also been able to establish formal and construction comparisons with the present mill and propose hypotheses about the collapsed mill and the execution of the planned works at the mill in the 19th century, which were not the works that were finally carried out. Survey and analysis of the existing mill are conducted using digital modelling tools.

KEYWORDS: DIGITAL MODELS; PHOTOGRAMMETRY; HBIM; GIS; CULTURAL HERITAGE; TRADITIONAL ARCHITECTURE



1. Fragmento de los Bosquejos Planimétricos del Instituto Geográfico y Estadístico de 1898 donde se localizan los molinos harineros (color rojo) a finales del siglo XIX en la huerta de Oria. Fuente: Archivo Provincial de Almería.

1. Fragment of the Draft Plans of the Spanish Geographical and Statistical Institute from 1898 indicating the location of the flour mills (red) in the Oria crop-growing area at the end of the 19th century. Source: Almería Provincial Archive.

Los molinos en la huerta histórica

La huerta de Oria (Almería) atesora un gran número de elementos organizados en torno al aprovechamiento del agua que, durante siglos, han configurado un paisaje caracterizado por un sistema aterrazado de cultivo. Dentro de esta estructura territorial cabe destacar la presencia de un conjunto de molinos que, localizados en puntos estratégicos, aprovechaban la fuerza del agua para obtener harina, siendo reutilizada posteriormente para irrigar las tierras abajo de estas unidades productivas (Fig.1).

De entre los molinos hidráulicos con los que ha contado secularmente el pueblo, cabe destacar, por lo inusual de sus dimensiones y por sus recursos constructivos y estilísticos, el molino del marqués de Villafranca y los Vélez, comúnmente conocido como el molino del “Cubo Alto” (Fig.2). La construcción de este molino es atribuida por Carricondo et al. (2009) y Mora (2012) al siglo XVIII. Sin embargo, de acuerdo con los datos aportados por el documento analizado en el presente artículo, tanto el cubo como el acueducto o calzada

de entrada se construyeron en el siglo XIX, sobre una anterior preexistencia de menores dimensiones.

Pese a la importancia que tiene el molino dentro de la estructura general de la huerta histórica y que se trata de un caso excepcional dentro del amplio catálogo de molinos harineros repartidos por toda la provincia de Almería, no se ha planteado, hasta la fecha, ninguna propuesta de protección patrimonial. Por otro lado, escasas son las publicaciones relacionadas con el molino, no habiéndose desarrollado ningún levantamiento planimétrico ni profundizado en analizar arquitectónicamente del molino.

Objetivos y alcance del trabajo

Las circunstancias descritas previamente determinan el objetivo principal del presente trabajo: generar conocimiento relacionado con el molino del marqués de Villafranca y los Vélez, asumiéndose como acción inicial para la tutela de cualquier bien patrimonial. En consecuencia, es preciso el levantamiento planimétrico del objeto de

The mills in the historical cultivated area

The crop-growing area in Oria (Almería) comprises a large number of elements organised around the use of water, which for centuries have formed a landscape characterised by a terraced system of cultivation. A key presence within this territorial structure is a group of mills which, located in strategic points, harnessed the power of water to obtain flour and then reused the water to irrigate the fertile lands below these production units (Fig. 1).

One of the town's historical water-powered mills is the Marquis of Villafranca y los Vélez mill, popularly known as the “Tall Cube” mill, which is unusual both in terms of its dimensions and the building and stylistic devices employed (Fig. 2). Carricondo et al (2009) and Mora (2012) have attributed the construction of this mill to the 18th century. However, the data furnished by the document analysed in this article indicate that both the cube and the aqueduct, or approach road, were built in the 19th century on top of a smaller pre-existing element.

Despite the importance of the mill in the general structure of the historical cultivated area, and the fact that it represents an exceptional case in the vast catalogue of flour mills distributed throughout the province of Almería, to date there have never been any proposals to assign it heritage protection. Likewise, publications related to the mill are few and far between, no plans of the mill have ever been drawn up, and no in-depth study of its architecture has ever been conducted.

Objectives and scope of the study

The circumstances described above determined the main objective of this study: to generate knowledge related to the Marquis of Villafranca y los Vélez mill as a preliminary step for the comprehensive management of any heritage asset. This required drawing up plans of the object of study (built mill) in order to examine the architectural guidelines (Goitia, 2010). Thanks to the existence of printed plans related to a proposed reconstruction of the mill (projected mill), it was possible to conduct a survey of the current state (built mill) in order to verify





2

and analyse the accuracy of the building and geometric instructions provided at the beginning of the 19th century. It is important to note that since these printed plans refer only to the intervention in the mill cube and the aqueduct that supplies it with water, the scope of the study focused mainly on these architectural elements. Furthermore, due to the impossibility of accessing the interior of the construction adjacent to the cube, the aim was to examine the consequences which the two scenarios represent for the placement of the mill in its territorial context. To carry out the study, we used two digital models according to the needs and the scale of each phase of the work: CAD-HBIM and GIS.

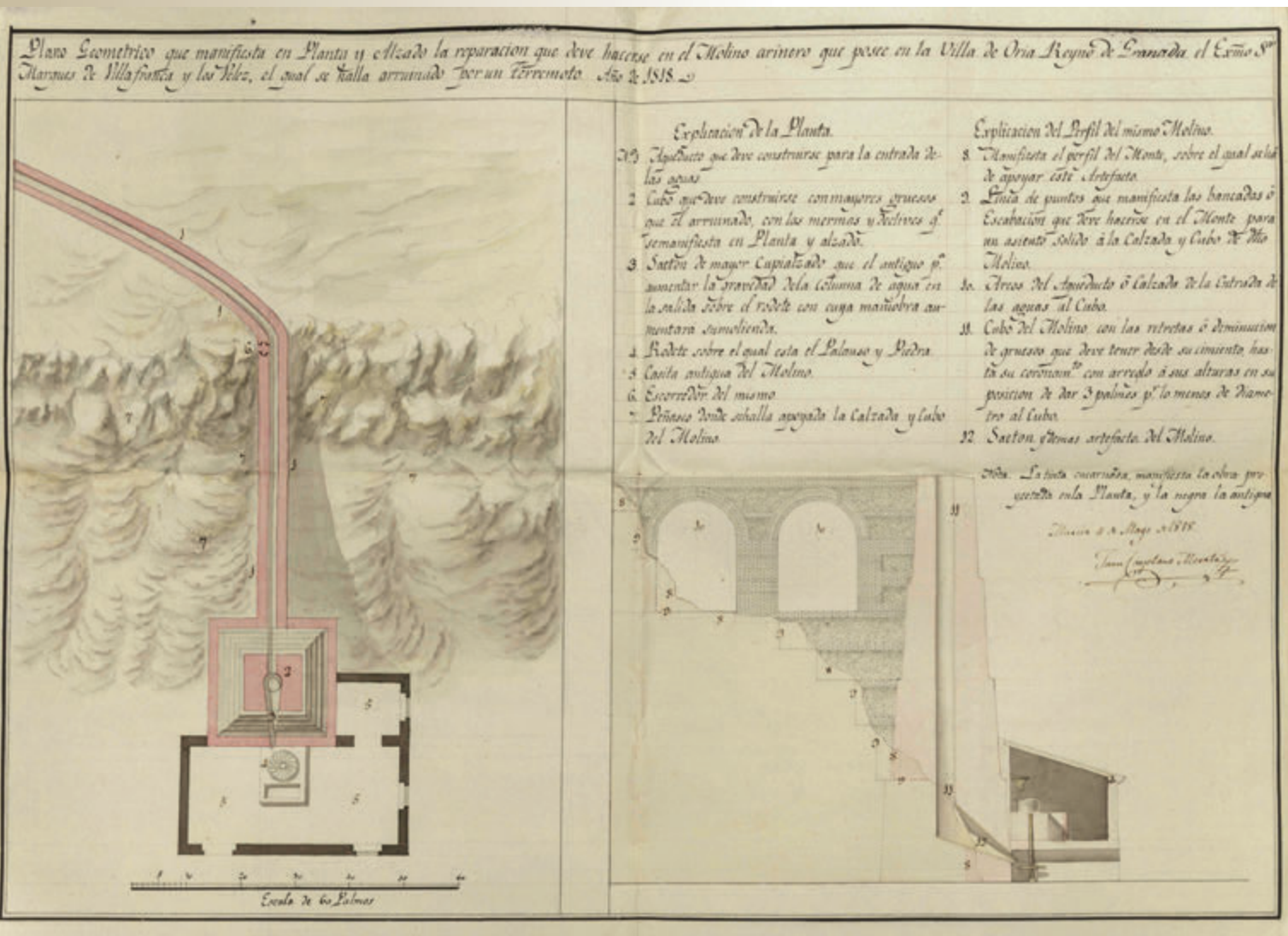
estudio (molino construido) donde poder profundizar en sus pautas arquitectónicas (Goitia, 2010). Por otra parte, el hecho de disponer de planimetría impresa asociada a una propuesta de reconstrucción del molino (molino proyectado), posibilita desarrollar un levantamiento, en paralelo, del estado actual (molino construido) donde verificar y analizar la veracidad de las disposiciones constructivas y geométricas previstas a principios del siglo XIX. Cabe señalar que, dado que esta

planimetría se ciñe **únicamente** a la descripción de la intervención en el cubo del molino y en el acueducto que le hace llegar el agua, el alcance del trabajo propuesto se centra, principalmente, en estos elementos arquitectónicos. A su vez, por el hecho de no poder acceder al interior de la edificación anexa al cubo, se busca dar respuesta a las consecuencias que las dos casuísticas suponen para la implantación del molino en su contexto territorial. Para vehicular el trabajo se propone la



2. Vista del molino del “Cubo Alto” de Oria (Almería). Fuente: Félix Pérez Moreno 2024.
3. Planimetría donde se describe la intervención en el molino del “Cubo Alto” de Oria (Almería) a principios del siglo XIX. Fuente: Archivo Ducal de Medina Sidonia.

2. The “Tall Cube” mill in Oria (Almería). Source: Félix Pérez Moreno, 2024
3. Plans describing the intervention in the “Tall Cube” mill in Oria (Almería) at the beginning of the 19th century. Source: Medina Sidonia Ducal Archive



3

utilización de dos modelos digitales en función de las necesidades y la escala de cada fase del trabajo: CAD-HBIM y SIG.

El molino proyectado

Descripción, contenidos y expresión gráfica del plano geométrico del molino del marqués de los Villafranca y los Vélez

El “Plano Geométrico que manifiesta en Planta y Alzado la reparacion

que deve hacerse en el Molino arinero que posee en la Villa de Oria Reyno de Granada el Exmo. Sr. Marques de Villafranca y los Vélez, el qual se halla arruinado por un terremoto” (Fig. 3) es un excepcional documento, realizado en el año 1818, que aporta la documentación técnica para acometer las obras del molino tras su presunto colapso después de sucesivos terremotos, refiriéndose con mucha probabilidad, al sismo acaecido en 1804 con epicentro en

The projected mill

Description, contents and graphic representation of the geometric plan of the Marquis de los Villafranca y los Vélez mill

The “Geometric plan showing section and elevation views of the repairs that need to be carried out to the mill located in the town of Oria, Kingdom of Granada, owned by His Excellency the Marquis of Villafranca y los Vélez, which is currently in a state of ruin due to an earthquake” (Fig. 3) is an exceptional document dating from 1818 that provides the technical information necessary to carry out works at the mill following its presumed



collapse after a series of earthquakes.

According to data obtained by Corella (2020), the earthquake to which it refers is likely the one that occurred in 1804, with its epicentre in Dalías (Almería).

The document—a piece of paper measuring 44 x 31.5 cm, signed by Juan Cayetano Morata and expressed in a graphic scale of 60 palms—is divided compositionally into two vertically separated parts that present floor plan and section views of the mill and part of the west elevation of the aqueduct. The left side shows the floor plan of the mill in its context, including the irrigation canal and the aqueduct. It also shows a section view of the adjacent building. On the right, the profile view of the mill shows a section of the adjacent construction and the cube, in the exact middle of the building, indicating the width and the stepped construction of the wall from the base to the top of the cube, and the projected view of the aqueduct. Both the floor plan and the profile view contain numbers to identify each element of the object, with legends—called *explanation of the floor plan* and *explanation of the profile*—providing information about the different parts of the mill.

Made in ink and watercolours, the plan is easily understood. Red ink is used for the elements to replace in the mill and black for the elements that will remain as they are, as specified in the document. The use of colours in different shades for the terrain and the mill machinery, the dotted lines to indicate the levelled terrain and the shading for the oblique light all serve to enhance the graphic representation and comprehension of the plan. In the same way, the black lines, differentiating the textures for the various materials employed in the aqueduct, clearly identify the proposed building system for the repairs to the mill, which we discuss in greater detail below.

Survey based on the digitalised printed plan

The views of the cube pertaining to the mill projected at the beginning of the 19th century were obtained by scaling and then vectorising the digitalised plan of the Marquis de los Villafranca y los Vélez mill using the AutoCAD 2023 software program (Fig. 4). To scale the plan, the palm represented in the graphic scale of the document was considered to be

Dalías (Almería), según datos obtenidos de Corella (2020).

El documento, en papel de 44 x 31.5 cm, firmado por Juan Cayetano Morata y expresado en escala gráfica de 60 palmos, se divide composicionalmente en dos partes separadas verticalmente que presentan vistas en planta y sección del molino con parte del alzado oeste del acueducto. En la izquierda del plano, se representa el molino en planta con su entorno, incorporando la acequia y el acueducto y, al mismo tiempo, presenta el edificio anexo seccionado. En la vista de perfil del molino, a la derecha en el plano, se muestra una sección de la edificación anexa y del cubo realizada justo a la mitad del edificio, mostrando el ancho y el escalonamiento del muro desde la base hasta el remate del cubo, y la vista proyectada del acueducto. Tanto en planta como en el perfil seccionado, aparece la numeración identificativa de cada uno de los elementos del artefacto cuyas leyendas, denominadas *explicación de la planta* y *explicación del perfil* aportan información sobre las distintas partes del molino.

La comprensión del plano, realizado en tinta y coloreado mediante la técnica de la acuarela, queda perfectamente resuelta con la utilización del color encarnado de la tinta, para los elementos a sustituir del molino, y el color negro, para los elementos del molino que permanecen originales, tal y como se especifica en el documento. Además, la utilización de colores con gradación cromática o de tonos para el terreno o la maquinaria del molino, las **líneas de puntos para señalar el desmonte del terreno, así como** el sombreado de iluminación oblicua, favorecen la expresión gráfica y el entendimiento del plano.

De igual manera, el grafismo a tinta negra, diferenciador de texturas para los diversos materiales empleados en el acueducto, permite identificar perfectamente el sistema constructivo propuesto en la reparación del molino, aspecto que será abordado más adelante.

Levantamiento a partir del plano impreso digitalizado

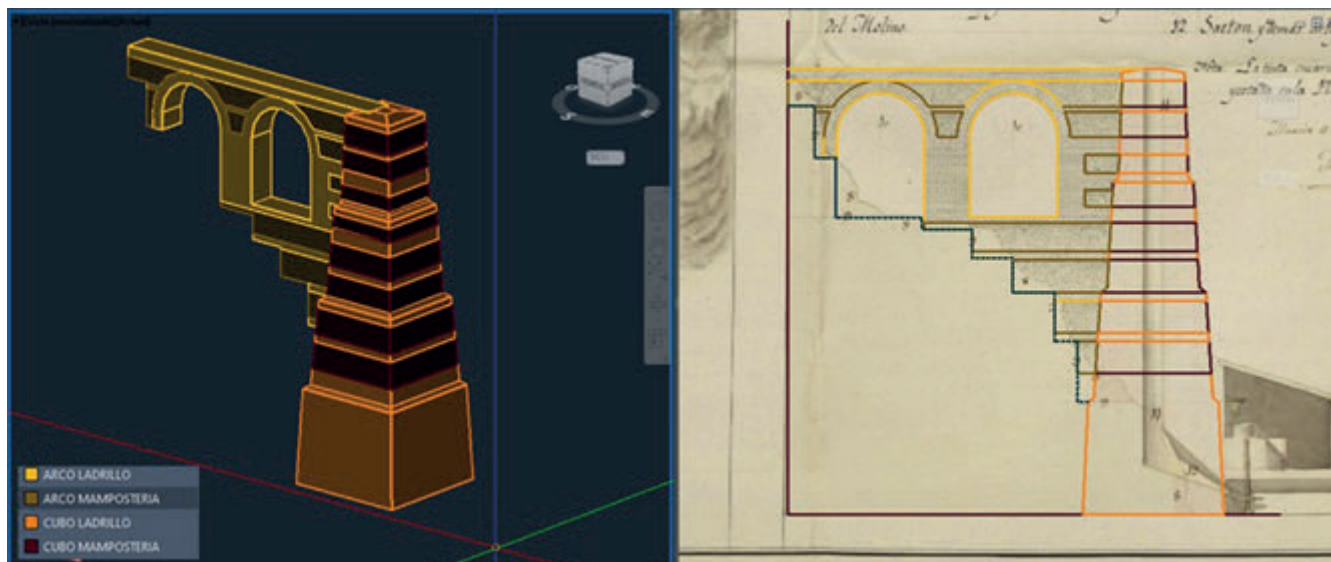
Las vistas del cubo del molino proyectado, a inicios del siglo XIX, se han obtenido a partir del escalado y la posterior vectorización del plano digitalizado del molino del marqués de los Villafranca y los Vélez mediante el programa informático de AutoCAD 2023 (Fig. 4). Para el escalado del plano se ha considerado que el palmo representado en la escala gráfica del documento es una cuarta parte de la vara castellana (0.895305 m), por lo que cada palmo en el dibujo se correspondería en el molino con 0.208976 m. Una vez escalado se inicia la vectorización. En este proceso se distinguen mediante capas, tanto para el cubo como para el acueducto, los volúmenes generados por los dos materiales presentes en el molino construido y el proyectado: el ladrillo y la mampostería de piedra. Además, se incorporan una capa asociada al desmonte, a la edificación anexa preexistente, a la escala gráfica, al plano digitalizado, y a los volúmenes generales del cubo.

Mediante la vectorización se obtienen las diferentes vistas diédricas del molino, así como un modelo extrusionado del conjunto que, posteriormente, se traslada a Autodesk Revit 2023 donde se contextualiza con el terreno y se desarrolla la comparativa entre el molino proyectado y el molino construido.



4. Proceso de vectorización del plano del molino proyectado del “Cubo Alto” donde se pueden identificar los diferentes materiales presentes tanto en el cubo como en el acueducto. Fuente: Los autores.

4. Vectorisation process of the plan of the projected “Tall Cube” mill, identifying the different materials present in both the cube and the aqueduct. Source: The authors.



4

El molino construido

Levantamiento digital HBIM a partir de fotogrametría

Dadas las particularidades del entorno físico del molino, con abruptas pendientes que lo hacen inaccesible en ciertos puntos y la necesidad de completar una toma de datos que permitiera la obtención de todas las vistas diédricas del edificio, se optó por realizar una captura digital mediante fotogrametría aérea de corto alcance a partir de una cámara integrada en un dron.

La precisión métrica de la captura se supeditó a la verificación del posicionamiento GPS global del dron y su comprobación mediante la toma de medidas in situ. La garantía de precisión geométrica se basó en un adecuado proceso de tomas de fotografías, adaptado al motor de procesamiento SFM (*Structure From Motion*) del software elegido, primando así, el orden, posicionamiento y distancia de las tomas realizadas con objeto de garantizar un adecuado

solape. Dada la particularidad del trabajo y del nivel de resolución que se buscaba (necesario para poder identificar los materiales empleados en la construcción del molino), se optó por asegurar una distancia, desde los planos verticales del cubo al dron, de entre 5 y 10 m, a la vez que se estructuraron las tomas en varios anillos concéntricos separados verticalmente en correspondencia a los cuerpos del cubo del molino. Cada uno de los niveles de toma de fotografías se correspondieron con una distancia aproximada de 10 m en la vertical. El procesado de las 103 fotografías totales y obtención del modelo digital se realizó mediante el programa *Agisoft MetaShape Professional 2.02*, obteniendo una nube de puntos de 7 millones de puntos aproximadamente (Fig. 5).

Para el levantamiento se optó por implementar la metodología BIM en el proceso, con el objetivo de desarrollar un modelo HBIM (*Historic Building Information Model*) que permitiera generar gráficos tematizados

one fourth of the Castilian yard (0.895305 m); accordingly, each palm in the drawing corresponds in the mill to 0.208976 m. Having scaled the plan, the next step was to vectorise it. This process consisted in the use of layers, both for the cube and the aqueduct, to differentiate the volumes generated by the two materials present in the built mill and the projected mill: brick and rubble stone masonry. Another layer was added to differentiate the levelled terrain, the pre-existing adjacent construction, the graphic scale, the digitalised plan, and the general volumes of the cube.

The vectorisation produced the different dihedral views of the mill, as well as an extruded model of the site that was subsequently transferred to Autodesk Revit 2023 to contextualise it with the terrain and compare the projected mill with the built mill.

The built mill

HBIM digital survey using photogrammetry

In view of the characteristics of the physical setting of the mill, with steep slopes preventing access to certain points, we opted to use close-range aerial photogrammetry with a camera fitted to a drone to digitally capture the data required to obtain all the dihedral views of the building.

The metric precision of the capture was contingent on the verification of the drone GPS and confirmation by taking measurements in situ. The geometric precision was guaranteed by the method used to take the photographs, adapted to the SFM (structure from motion) processing system of the chosen software, which prioritised the order, positioning and distance of the captures in order to ensure the correct overlapping of images. In view of the characteristics of the study and the desired level of resolution (necessary to identify the materials used in the construction of the mill), we opted to ensure a distance from the vertical planes of the cube to the drone of between 5 and 10 m, simultaneously arranging the captures in concentric rings vertically separated according to the volumes of the mill cube. Each image capture level corresponded to an approximate vertical distance of 10 m. We

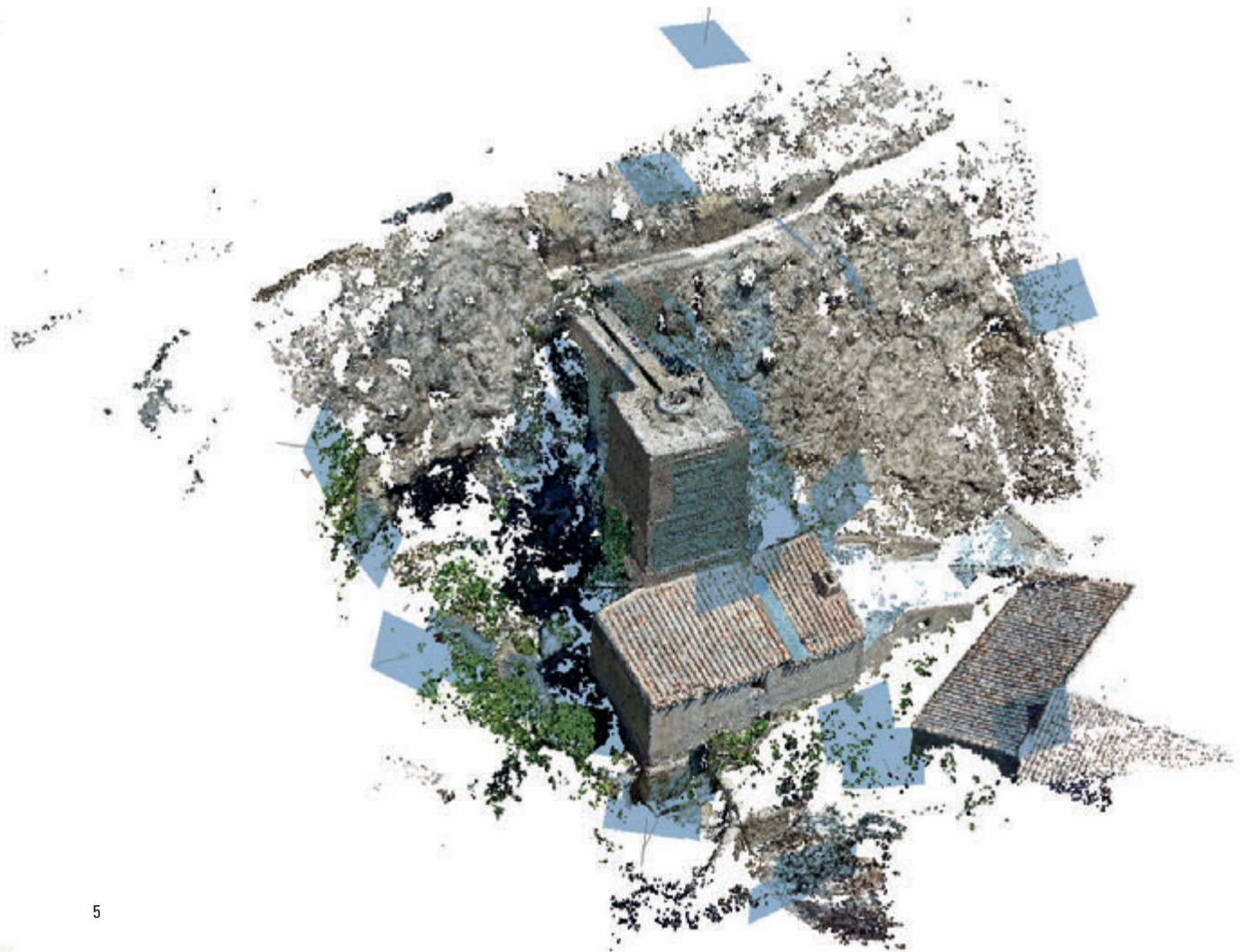
que sirvieran de apoyo a las diversas hipótesis planteadas, así como servir de soporte de información en futuros procesos de investigación y análisis de aspectos materiales y constructivos. Para la elaboración del modelo se utilizó la plataforma *Autodesk Revit* versión 2021, utilizando como referencia métrica y geométrica la nube de puntos fotogramétrica previa conversión mediante *Autodesk Recap Pro* al formato adecuado de importación. El modelo HBIM resultante (Fig. 6), se desarrolló a través del modelado *in-situ* de las diversas estructuras que componen el molino sobre una base topográfica. Ésta fue obtenida a partir de una serie de

curvas de nivel resultado del seccionamiento de una malla de triángulos obtenida a partir de la propia nube de puntos fotogramétrica, en el propio software de fotogrametría.

El molino construido en comparación al molino proyectado

La geometría

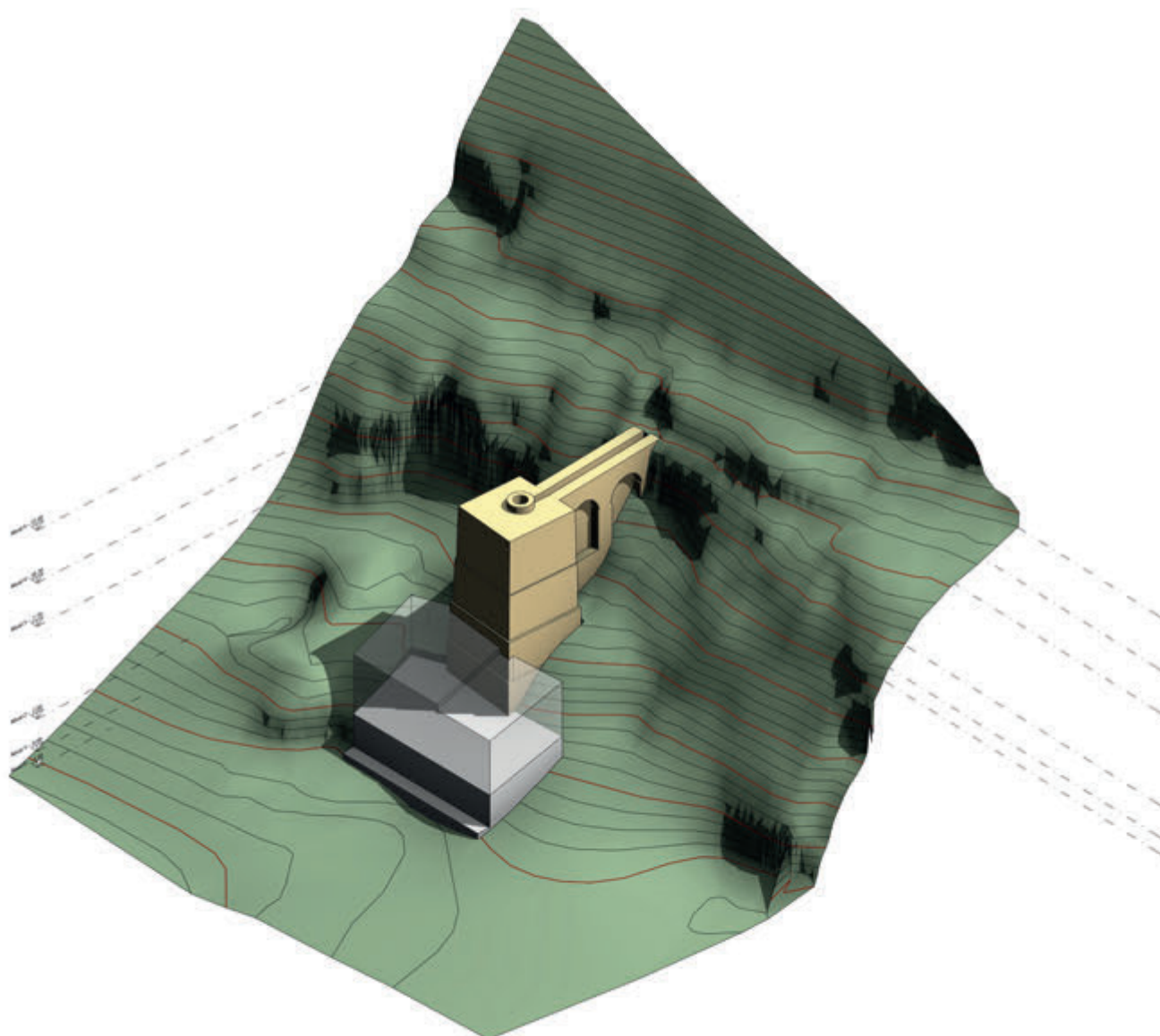
Tanto el molino proyectado como el construido, están conformados por un cubo formado por cuatro cuerpos escalonados que decrecen en orden ascendente (“con retretas o disminución de gruesos” según la leyenda del plano) con dimensiones totales





5. Proceso de obtención de la nube de puntos dispersa del molino y orientación de las cámaras en Agisoft Metashape. Fuente: Los autores.
6. Modelo HBIM del molino del cubo. Fuente: Los autores.

5. Process for obtaining the scattered point cloud of the mill and orientation of the cameras in Agisoft Metashape. Source: The authors
6. HBIM of the mill cube. Source: The authors



6

diferentes: 75 palmos para el molino proyectado y 65 palmos para el construido. En el caso del molino proyectado los cuatro cuerpos presentan similares alturas mientras que en el construido estas alturas son variables, siendo coincidentes entre ambos molinos la cota superior de los segundos cuerpos. Respecto a la base de los cuerpos, ambos partían de la premisa

de tener que ser de mayores dimensiones que el molino colapsado (*“debe construirse con mayores gruesos que el arruinado”* según la leyenda del plano). En el caso del primer cuerpo, presenta valores dimensionales similares entre los dos molinos, no siendo así en los cuerpos superiores donde se aprecian importantes diferencias (Fig. 7, 8 y 9).

used Agisoft MetaShape Professional 2.02 to process the 103 photographs taken and obtain the digital model, producing a point cloud of approximately 7 million points (Fig. 5). For the survey, we opted to implement the BIM methodology in the process in order to develop an HBIM (Historic Building Information Model) that would allow us to generate themed graphic representations to support the various hypotheses presented and to provide a source of information for future research projects and analyses of material

7. Valores en palmos de las alturas de los cuatro cubos (izquierda) y del valor de los lados de la base de los cuerpos (derecha) para el molino proyectado (gris) y el molino construido (rojo) (lados norte, sur, este y oeste). Fuente: Los autores.

7. Values in palms of the heights of the four volumes (left); and value of the sides of the volume bases (right) for the projected mill (grey) and the built mill (red) (north, south, east and west sides). Source: The authors

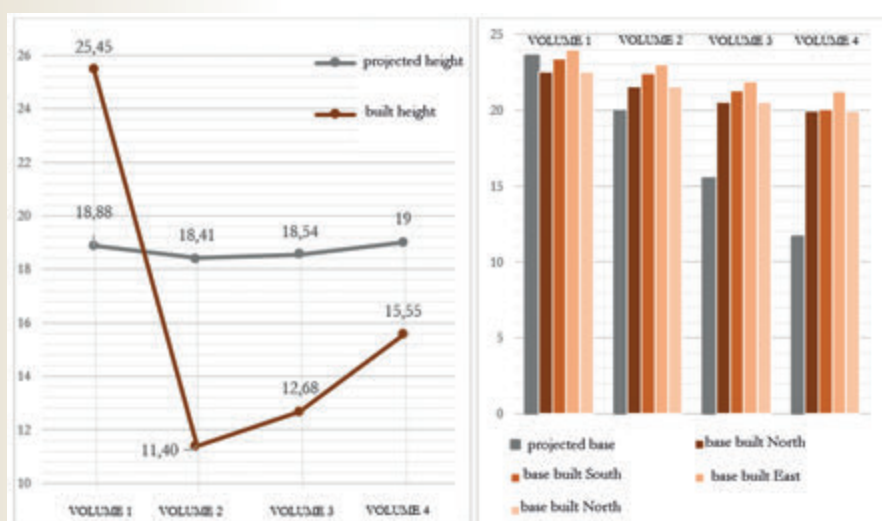
and building aspects. We created the model with the Autodesk Revit 2021 platform, using as our metric and geometric references the photogrammetric point cloud, having previously converted it to the appropriate import format with Autodesk Recap Pro. The resulting HBIM (Fig. 6) was developed by modelling the different mill structures in situ on a topographical base that we obtained from a series of contour lines, the result of segmenting a triangle mesh obtained from the photogrammetric point cloud in the photogrammetry software program.

The built mill compared with the projected mill

The geometry

Both the projected mill and the built mill are formed by a cube made up of four stepped volumes that decrease in ascending order ("with recesses or thickness reductions", according to the legend on the plan) with different total dimensions: 75 palms for the projected mill and 65 palms for the built one. In the case of the projected mill, the four volumes are similar in height, whereas in the built mill the heights vary, although the height of the second volume is identical in both mills. The base of the volumes was conditioned in both cases by the fact that they had to be wider than the collapsed mill ("must be built with greater thicknesses than the ruined one", as per the legend on the plan). The first volume presents similar dimensional values in both mills, which contrasts with the significant differences observed in the upper volumes (Figs. 7, 8 and 9).

In relation to the parallels between the sides of the volumes, the plan corresponding to the projected mill shows right angles between the sides of its cubes, whereas the built mill presents angular dispersions. With regard to slenderness, this is less in each section of the built mill, except for Volume 1. Meanwhile, a conduit for falling water of at least 3 palms was planned for the projected mill, as indicated in the legend, with a width of precisely 0.67 m (3 palms) on the plan, but the section in the built mill measures 0.80 m (approximately 4 palms) (Figs. 7 and 8). With regard to the aqueduct, which would not have existed in the mill that collapsed in the earthquake, as suggested by the legend ("aqueduct to be built to convey water"),



7

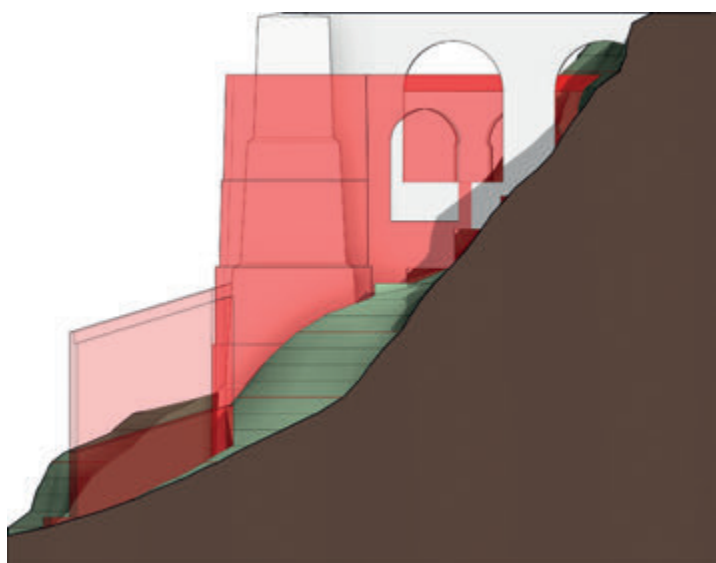
En relación con el paralelismo entre las caras de los cubos, el plano correspondiente al molino proyectado muestra ángulos rectos entre los lados de sus cubos, no siendo así en el caso del molino construido, con dispersiones angulares. Respecto a la esbeltez, salvo en el cuerpo 1, el molino construido tiene menor esbeltez en cada tramo. Por otra parte, en el proyecto se prevé que el conducto para la caída del agua por el cubo, sea de, al menos, tres palmos como se indica en la leyenda, siendo la anchura en el plano efectivamente de 0.67 m (3 palmos), mientras que la sección en el molino construido es de 0.80 m (aproximadamente 4 palmos) (Fig. 7 y 8).

Respecto al acueducto, elemento que no existiría en el molino colapsado previamente por el sismo, según se entiende de lo expuesto en la leyenda (*acueducto que debe construirse para la entrada de las aguas*), tiene una longitud en el molino construido de 9.34 m (44 palmos aproximadamente) frente a los 12.8 m (61 palmos aproximada-

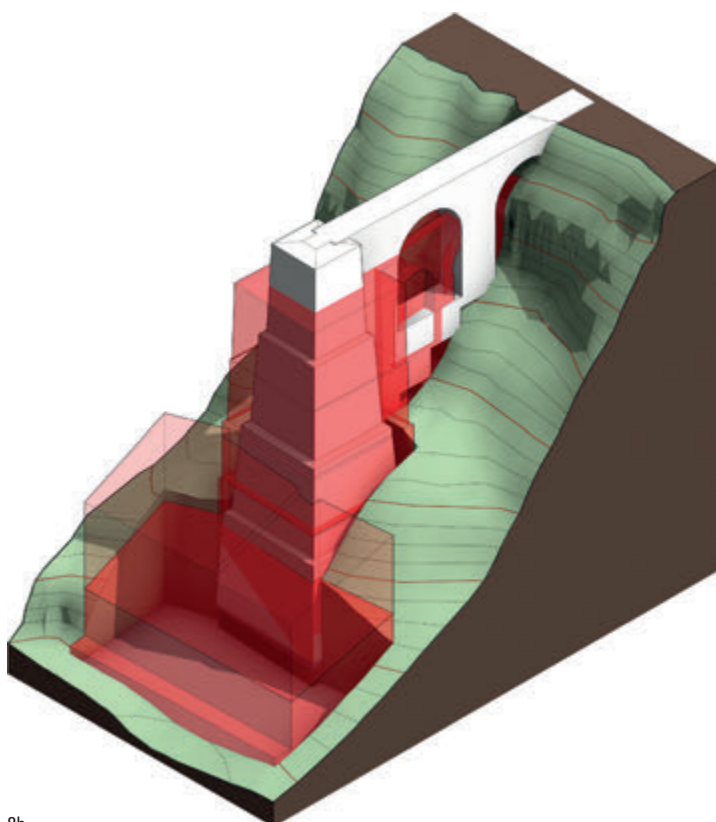
mente) del molino proyectado que, al elevarse con mayor altura, hubiera necesitado esta dimensión hasta alcanzar el terreno firme. En cuanto a la anchura, en el molino proyectado es de 1.15 m (5,5 palmos) con una cazoleta interior de 1/3 de la anchura total, siendo el del molino construido de 1.75 m (8 palmos aproximadamente) con una anchura de cazoleta de 1/4 de la anchura total. Por último, tanto en el molino construido como en el proyectado, el acueducto se sustenta sobre una estructura con dos arcos de medio punto, con variaciones dimensionales notables: en la luz del arco, de 3.07 m (14.7 palmos) en el molino proyectado, frente a los 2.10 m (10 palmos) en el molino construido; y en la altura desde la base a la dovella, de 4.44 m (aproximadamente 21 palmos) en el molino proyectado y los 3.42 m (16.3 palmos) del molino construido (Fig. 8 y 10).

Los sistemas constructivos

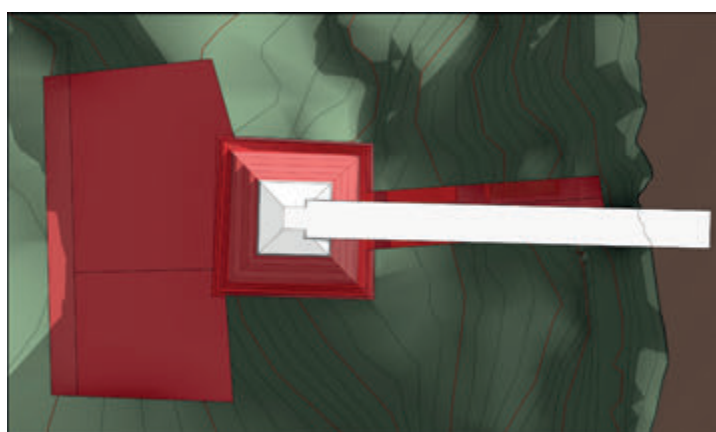
En el plano del Archivo Ducal de Medina Sidonia, se puede también



8a



8b



8c

8. Modelo HBIM donde se puede apreciar la comparativa entre los volúmenes del cubo del molino construido (rojo) y el molino proyectado (gris). Fuente: Los autores.

8. HBIM comparing the volumes of the cube in the built mill (red) and the projected mill (grey). Source: The authors

it has a length in the built mill of 9.34 m (approx. 44 palms) compared with 12.8 m (approx. 61 palms) in the projected mill which, being of a greater height, would have required this dimension to reach firm ground. As for the width, in the projected mill it is 1.15 m (5.5 palms) with an interior channel of 1/3 of the total width, whereas in the built mill it is 1.75 m (approx. 8 palms) with a channel of 1/4 of the total width. Lastly, in both the built mill and the projected mill, the aqueduct is supported by a structure comprising two semi-circular arches, with significant dimensional variations: an arch span of 3.07 m (14.7 palms) in the projected mill, compared with 2.10 m (10 palms) in the built mill; and a height from base to voussoir of 4.44 m (approx. 21 palms) in the projected mill and 3.42 m (16.3 palms) in the built mill (Figs. 8 and 10).

The building systems

The plan preserved in the Medina Sidonia Ducal Archive also enables us to define the building configuration of the mill, where the slender tower rises almost 14 m to allow the falling water to activate the wheel. The plan view of the walls shows a thickness of two (2) palms, between 0.40 and 0.45 m approximately, while the dimensional variations between the base, described as about 5 metres (24 palms) per side, and the solid upper volume are shown as successive steps. In the vertical section, the tower appears with a filling, rising in a slightly trapezoidal shape. The stepped structure of the four volumes is indicated with recesses of at least one palm (20.89 cm).

However, it is the built tower that reveals the building configuration most clearly: thick load-bearing walls made of rubble limestone masonry, tufa being typical of the Oria area (Mora, 2012), mixed with lime mortar. The corners are formed by brick pillars in which the spring blocks are marked by the horizontal string courses and the size of the rubble masonry boxes. The height of these stone boxes varies: in the lower volumes they have a height of seven (7) rows of bricks, a height of five (5) rows in the spring box of each volume, and a height of six (6) rows in the entire upper volume. All the horizontal reinforcement string courses have two (2) rows of header bricks, except on the third level where the reinforcement comprises

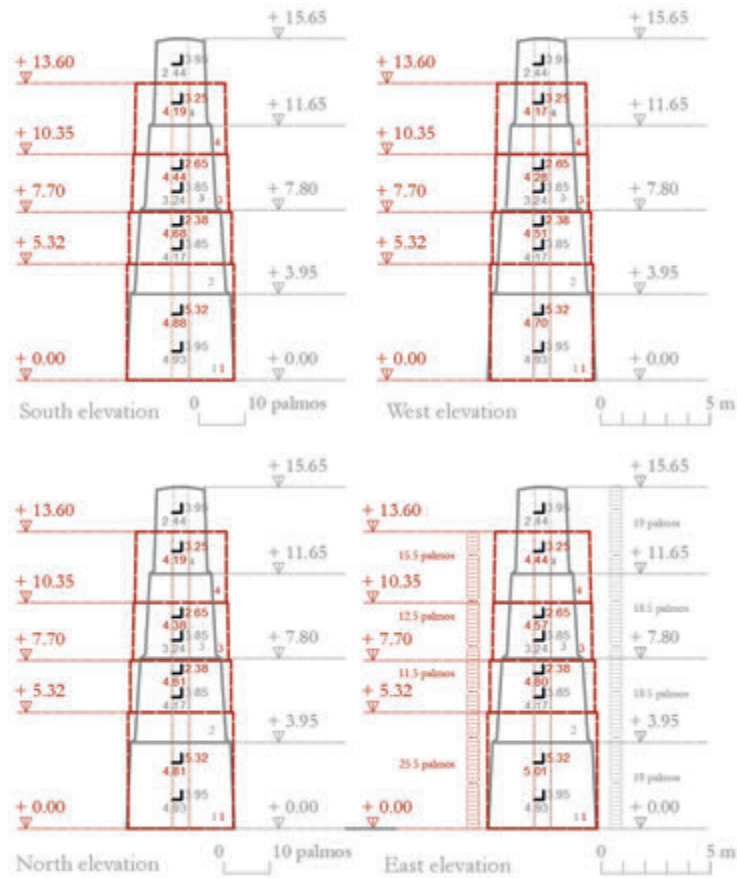


three (3) rows (Fig. 11). This solution presents technical advantages, speed of execution, economy of means and a reduction of manpower.

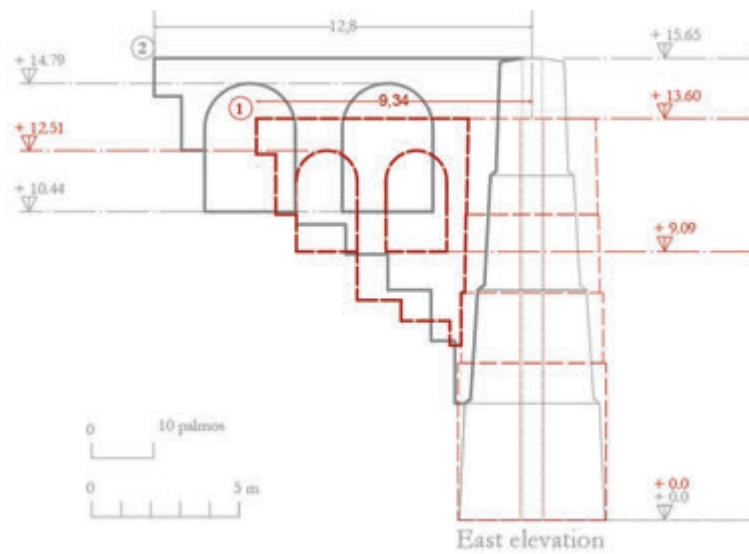
In the case of the aqueduct, the projected view is shown in detail on the plan. The slope provides support and the building configuration is defined, as in the case of the tower, by rubble masonry reinforced with string courses of four (4) rows of bricks up to the springing line of the two semi-circular arches. These arches are framed by bricks, in the form of voussoirs, with a thickness of 2.5 palms. They rest on robust brick masonry pillars which merge at the ends with rubble stone masonry boxes reinforced with thick string courses (8 rows of bricks), indicating the area with the greatest structural tensions. The rows of bricks in the string courses diminish the closer they are to the keystones in the arches, on which rests another solid volume of brick masonry as the base material for the channel that conveys the water to the mouth of cube, aligned with the top of the tower (Fig. 3)

The built aqueduct reproduces the semi-circular arches but with a larger span and, in contrast to the reference plan, the two arches meet at a tangent to their extrados, integrating the three-row string course and forming a triangle at the top of the filling. The voussoirs that form their geometry are composed of interlocking stretchers and headers, except at the keystone where headers define the central axis. The support pillars are made of brick masonry, but the gaps are filled with rubble stone masonry and lime mortar mixed with fragments of bricks and pieces that appear to have been laid dry to secure the bond of the spaces more difficult to fill, undoubtedly with the aim of stabilising any deformations and maintaining the structure upright (Fig. 11). The upper part of the arches is completed with the same type of rubble stone masonry reinforced with brick string courses.

In short, the construction, which represents part of the cultural heritage of the local milling industry, presents variations and adjustments between the preliminary design and what was finally built. These techniques reveal how the materials were processed and used in these types of buildings during the centuries prior to the industrial implementation of reinforced concrete in the 20th century.



9



10

definir la configuración constructiva del molino donde la torre se levanta esbelta salvando la altura necesaria de casi 14 m, para la caída del agua que mueva la rueda. Los muros, en planta, se dibujan con un espesor de dos (2) palmos, entre 0.40 a 0.45 m aproximadamente, y se señala, de forma escalonada, la gradación di-

mensional entre la base descrita de unos 5 metros (24 palmos) de lado con el macizo del cuerpo superior. En la sección vertical, la torre aparece rellena, levantándose ligeramente trapezoidal, marcando el escalonamiento de los cuatro cuerpos con retranqueos de al menos un palmo (20,89 cm).



9. Comparativa entre los volúmenes del cubo del molino construido (rojo) y el molino proyectado (negro). Fuente: Los autores.

10. Comparativa entre los volúmenes del acueducto del molino construido (rojo) y el molino proyectado (negro). Fuente: Los autores.

11. Vista en detalle de la configuración constructiva general de la torre y el acueducto del molino. Fuente: Félix Pérez Moreno 2024

9. Comparison of the volumes of the cube in the built mill (red) and the projected mill (black). Source: The authors

10. Comparison of the aqueduct volumes in the built mill (red) and the projected mill (black). Source: The authors

11. Close-up view of the general building configuration of the mill tower and aqueduct. Source: Félix Pérez Moreno 2024

Es en la torre ejecutada donde se aprecia claramente la configuración constructiva mediante gruesos muros con función estructural de mampostería de piedra caliza, siendo la tobácea la típica de la zona de Oria (Mora, 2012) unida con argamasa de cal. Las esquinas se materializan con machones de ladrillos cuyo enjarje lo marcan las verdugadas horizontales y la dimensión de los cajones de mampostería. La altura de estos cajones de piedra no es idéntica ya que, en los cuerpos inferiores están ejecutados con una altura de siete (7) hiladas de ladrillos, se redu-

cen a cinco (5) hiladas en el cajón de arranque de cada cuerpo para terminar disponiéndose de seis (6) hiladas en todo el cuerpo superior. Todas las verdugadas de refuerzo horizontal disponen de dos (2) hiladas de ladrillos colocados a tizón, excepto en el tercer nivel donde aparece un refuerzo de tres (3) hiladas (Fig. 11). Esta solución muestra ventajas técnicas, rapidez de ejecución, economía de medios y reducción de mano de obra.

En el caso del acueducto, sí se representa en detalle la vista proyectada en el plano. Se aprecia que

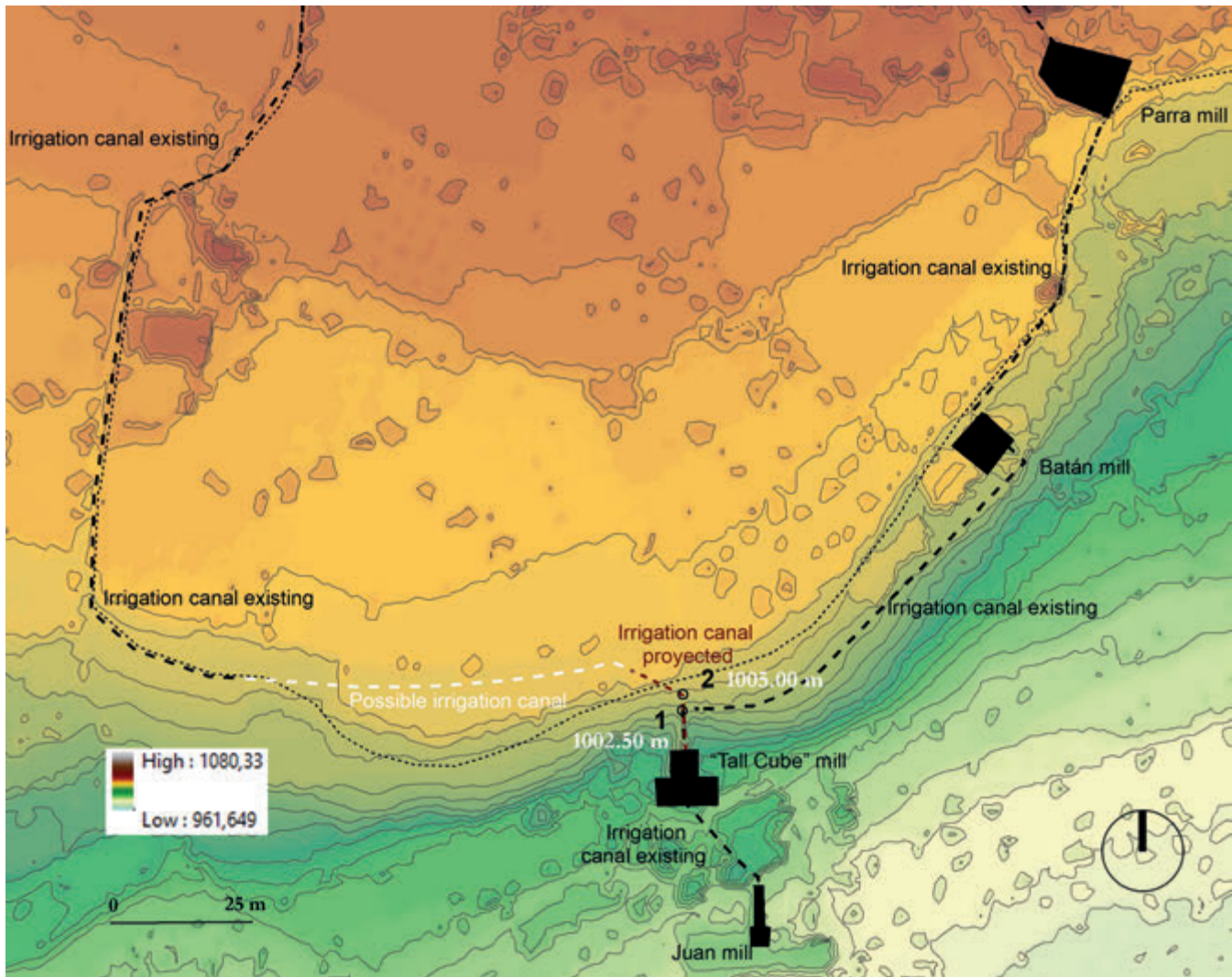
Repercussion on the territorial organisation

The particular geometric characteristics of the projected mill and the built mill imply a different type of relationship between the object of study and the territory. The built mill is fed by the irrigation canal that comes from the Parra and Batán mills, with the water entering the aqueduct at Point 1 (Level 5: +13.60 m), a distance of 9.58 m to the centre of the cube. However, in the projected mill, as represented on the plan, the canal veers west after exiting the aqueduct at Point 2 (Level 5: +15.65 m), situated 12.80 m from the centre of the cube, with a difference in height between both points of 2.05 m (Fig. 12). Consequently, the height of Point 2 would impede the access of water



12. Elementos definitorios de la relación territorial del molino construido y del proyectado en el modelo SIG. Fuente: Los autores a partir de la creación de MDT a partir de datos LIDAR procedentes del IGN, del levantamiento del molino construido y del plano del molino proyectado.

12. Defining elements of the territorial relationship of the built mill and the projected mill in the GIS model. Source: The authors, based on the creation of a DTM using LIDAR data from Spain's National Geographical Institute, the survey of the built mill and the plan of the projected mill.



12

by gravity to the projected mill from the canal that comes from the mills higher up. To gain a greater understanding of the viability and the possible solution of the second scenario presented, we generated a GIS model in which we vectorised the elements of the present-day mill (mills, aqueduct and canals), using as the baseline layer the latest orthophotograph taken in 2022 by the National Aerial Orthophotography Plan, and also the aqueduct and canal of the projected mill, using the dimensions reflected in the plan. The first observation noted, based on a digital terrain model (DTM), was the difference in height between Point 1

apoya la ladera y su configuración constructiva se define, igualmente, con mampostería reforzada con verdugadas de 4 (4) hiladas de ladrillo hasta el arranque de los dos arcos de medio punto. Estos arcos se enmarcan con ladrillos, a modo de dovelas, apoyan sobre robustos machones de mampostería de ladrillo que se funden en los extremos con los cajones de mampostería pétreo reforzada con gruesas verdugadas (8 hiladas

de ladrillos), señalando la zona de mayor concentración de tensiones estructurales. Las verdugadas disminuyen en hiladas hasta la altura de las claves de los arcos, donde asienta otro macizado de fábrica de ladrillo como base material para el canal que conduce el agua a la garganta del cubo, alineado con el remate de la torre (Fig. 3)

Por el contrario, el acueducto ejecutado reproduce los arcos de medio punto, pero con mayor luz y a



13. Captación de agua del molino construido e hipótesis de trazado de acequias para abastecer de agua al molino proyectado. Fuente: los autores a partir de fotografía realizada por Félix Pérez Moreno 2024.

13. Collection of water for the built mill and hypothetical course of canals to supply water to the projected mill. Source: The authors, based on a photograph taken by Félix Pérez Moreno, 2024

diferencia del plano de referencia, el punto de encuentro de los dos arcos se hace por tangencia de su extradós integrando la verdugada de tres hilos conformando un triángulo que cierra el relleno. Las dovelas que configuran su geometría se componen de una trabazón de ladrillos a sogá y tizón intercaladas, excepto en la clave donde la disposición de las piezas a tizón marca el eje central. Los machones de apoyo son de mampostería de ladrillo, pero los huecos aparecen cegados con mampostería de piedra y argamasa de cal mezclados con restos de ladrillos y piezas que, en apariencia, se colocaron en seco para fijar la trabazón de los espacios más complejos de rellenar, seguramente con la intención de estabilizar posibles deformaciones y mantener la estructura en pie. (Fig.

11). La parte superior de los arcos se completa con la misma tipología de mampostería de piedra reforzada con verdugadas de ladrillo.

En definitiva, el conjunto, que representa parte del patrimonio cultural de la actividad harinera de la región, sufre variaciones y ajustes entre el diseño previo y lo que finalmente se ejecuta. Estas técnicas ponen en evidencia el proceso y utilización de los materiales que se destinaban a este tipo de construcciones durante los siglos previos a la implantación industrializada del hormigón armado del siglo XX.

Repercusión en la organización territorial

Las particularidades en la geometría del molino proyectado y el construido implican un tipo de relación

(1002.75 masl) and Point 2 (1005.00 masl): exactly 2.25m. This distance corresponds very closely with the difference in height of the top level of the cubes of both mills (2.05 m), which means that the location and the length of the projected aqueduct are correct in terms of its adaptation to the terrain (Figs. 12 and 13). As a second step, we conducted a field visit and verified the existence of an irrigation canal whose water came from the town's main source and, had its course been continued, the water would have reached Point 2 by gravity and may therefore have been the solution for collecting water for the projected mill.

Conclusions

In general, the use of digital models based on digitalised graphic documents and the point cloud obtained through photogrammetry enabled us to confirm the hypothesis presented at the beginning of our study. Thanks to the GIS model, we were able to analyse the strategic placement and relationship of the "Tall Cube" mill with the elements of its immediate vicinity belonging



to Oria's medieval cultivated area. This means that both the mill that collapsed as a result of the earthquake and the present-day mill formed part of a linear water collection structure connected to the Parra, Batán and Juan mills. This continuity was verified in situ, although in the plans for the present-day mill the water was meant to be obtained from the opposite side, which would have entailed the creation of a new hydraulic infrastructure to connect the water to the existing irrigation canals.

The CAD-HBIM model enabled us to obtain dihedral views of the mill as well as an editable 3D model of the site and its immediate environment, providing vital graphic documentation for any future interventions. The model also clarified certain aspects related to the pre-existing mill, the projected mill and the built mill. With regard to the cube of the original mill, destroyed by the earthquake, its dimensions were likely smaller than those of the present-day mill, possibly similar to those of the Parra, Batán and Juan mills, which were probably built around the same time. After its collapse, that cube must have been replaced in the 19th century by the present-day cube, in the exact same location as the previous one, requiring the construction of an aqueduct to convey water to the facility. This is confirmed by the fact that, to this day, the adjacent construction remains part of a larger complex, possibly the only original element of the medieval mill, with a height identical to that of the cube and probably the space where, according to the information on the plan, the mill machinery was housed. These facts, coupled with the need to build a reinforced and larger cube (as indicated in the plan), would have meant that the structure of the pre-existing cube was not reused, although it did employ the same building materials.

Consequently, we may deduce that a decision was made to not carry out the projected mill, even though the slender proportions of the volumes designed, smaller than those of the built mill, did not pose any significant structural problems or technical difficulty derived from the building systems because the same systems were executed and the same materials were used. In view of the above considerations, the most plausible explanation for the development of a different design was likely the scale

distinta del objeto de estudio con el territorio. Por un lado, el molino construido se nutre de la acequia que proviene de los molinos de la Parra y del Batán, introduciéndose el agua en el acueducto por el punto 1 (nivel 5: +13.60 m), a 9.58 m de distancia al centro del cubo. Por otro lado, en el molino proyectado, según se representa en el plano, la acequia vira hacia el oeste tras salir del acueducto por el punto 2 (nivel 5: +15.65 m), situado a 12.80 m del centro del cubo, siendo la diferencia de cota entre ambos puntos de 2.05 m (Fig. 12). Por tanto, la cota del punto 2 imposibilitaría el acceso del agua por gravedad al molino proyectado desde la acequia proveniente de los molinos superiores. Para poder entender la viabilidad y la posible solución del segundo escenario planteado, se ha generado un modelo SIG donde se han vectorizado tanto los elementos del molino actual (molinos, acueducto, y acequias) utilizando como capa base la ortofotografía de máxima actualidad del año 2022 del PNOA, así como el acueducto y la acequia del molino proyectado a partir de las dimensiones reflejadas en el plano. En primer lugar, se ha constatado a partir de un Modelo Digital del Terreno la diferencia de cota entre el punto 1 (1002.75 m.s.n.m) y el punto 2 (1005.00 m.s.n.m), siendo exactamente de 2.25 m. Dicha distancia tiene una correspondencia muy próxima a la diferencia de cota del nivel superior de los cubos de ambos molinos (2.05 m), por lo que la localización y longitud del acueducto proyectado sería la correcta para adaptarse al terreno (Fig. 12 y 13). En segundo lugar, se ha realizado una visita de campo donde se ha verificado la existencia de una acequia cuya agua provenía de la fuente principal

del pueblo y de haber continuado su trazado hubiera permitido la llegada del agua por gravedad al punto 2, cuestión que podría haber sido la solución para la captación del agua del molino proyectado.

Conclusiones

En términos generales, la utilización de modelos digitales a partir de documentación gráfica digitalizada y de la nube de puntos obtenida mediante fotogrametría han permitido resolver la hipótesis planteada al principio de la investigación. En cuanto al modelo SIG, ha hecho posible el estudio de la implantación estratégica y la relación del molino del "Cubo Alto" con los elementos del entorno pertenecientes a la huerta histórica medieval de Oria. De esta forma se entiende que, tanto el molino colapsado por el sismo, como el actual molino han formado parte de una estructura de aprovechamiento del agua lineal conectada con los molinos de la Parra, del Batán y de Juan. Esta situación de continuidad se verifica aunque, en la documentación del proyecto del actual molino, las aguas se pretendían obtener desde el lado opuesto, lo que habría conllevado la creación de una nueva infraestructura hidráulica para conectar el agua con acequias preexistentes.

Del modelo CAD-HBIM se pueden obtener tanto las vistas diédricas del molino, así como disponer de un modelo 3D editable del conjunto y su entorno inmediato, disponiendo de una base gráfica que sería imprescindible de cara a posibles intervenciones futuras. Este modelo ha permitido igualmente comprender una serie de aspectos relacionados con el molino preexistente, el proyectado, y el ejecutado. Respecto al cubo



del molino original, arruinado por el sismo, tendría unas características dimensionales más reducidas que las actuales, posiblemente semejantes a de los molinos de la Parra, del Batán y de Juan, siendo previsiblemente de la misma época de construcción. Dicho cubo, tras su colapso, habría sido sustituido por el actual cubo durante el siglo XIX, exactamente en la ubicación donde se localizaba el anterior, habiéndose necesitado la construcción de un acueducto para llevar las aguas hasta dicho elemento. Este hecho se probaría al comprobar cómo la casilla perdura hoy en día insertada en un conjunto ampliado, siendo posiblemente el único elemento original del molino medieval, que tiene una altura anexa al cubo y sería el espacio donde se ubicarían los artefactos del molino según la información contenida en el plano, y Estos hechos, junto con la necesidad reflejada en el plano, de levantar un cubo reforzado y de mayores dimensiones habría hecho que no se reutilizase la estructura del cubo preexistente, aunque sí habrían dispuesto de los mismo materiales de construcción.

En consecuencia, se deduce que la elección de no llevar a cabo el proyecto reflejado en la planimetría mostrada y teniendo en cuenta que las esbelteces de los cuerpos diseñados, pese a ser menores que las del molino construido, no suponían a priori problemas estructurales importantes, ni tampoco una dificultad técnica derivada de los sistemas constructivos ya que se ejecutan los mismos y se emplean los mismos materiales. En base a lo expuesto, se entiende que el desarrollo de un proyecto diferente tendría como causa más plausible la envergadura de las infraestructuras que habrían necesi-

tado para ejecutarlo, suponiendo un sobrecoste ya asumido de por sí, en la construcción del nuevo molino. ■

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido posible gracias a la Ayuda a la Internacionalización 2023 concedida por el Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC) de la Universidad de Sevilla. Por otro lado, Félix Pérez Moreno ha actuado como técnico de apoyo encargado de realizar el vuelo del dron y de obtener las fotografías.

Referencias

- Archivo Ducal de Medina Sidonia. Legajo 1998. *Plano Geométrico que manifiesta en Planta y Alzado la reparación que deve hacerse en el Molino arinero que posee en la Villa de Oria Reyno de Granada el Exmo. Sor Marques de Villafranca y los Velez, el qual se halla arruinado por un terremoto.* Juan Cayetabo Morata. 1818.
- Archivo Municipal de Oria. *Libro de Apeo y de Repartimientos de la Villa de Oria.* 1752.
- Archivo Provincial de Almería. Signatura I-2239. *Bosquejos Planimétricos por términos municipales mandados formar por la ley de 24 de agosto de 1896.* Provincia de Almería. Término Municipal de Oria. Escala 1:25000. Zona S. Hoja 1. Instituto Geográfico y Estadístico. Hoja 995. Polígono F. 1898.
- Carricondo Sánchez, J.F., Mora Sánchez, J.M., Reche García, J. y Sánchez Martínez, B.V. (2010). *Oria. Medio Natural, Histórica y Patrimonio Cultural.* Oria: Instituto de Estudios Almerienses.
- Corella, P. M. (2020). *Los terremotos de Almería de 1804: en el Archivo Histórico Nacional.* CNIG.
- Goitia Cruz, A. (2010) Restituir, redibujar, aventurar. Estrategias para documentar tres puertas monumentales de Madrid, *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 15(15), pp. 74–83. doi: <https://doi.org/10.4995/ega.2010.994>
- Mora Reche, F. J. (2012). El molino del Cubo Alto (Oria): una bella e interesante edificación del Antiguo Régimen. *Revista velezana*, (30), 232–237.
- Red Ambiental de Andalucía. Servicio WMS. Ortofotografía en color de Andalucía. Resolución de 0.5m pixel. Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. 2022.
- Instituto Geográfico Nacional. Centro de Descargas. Archivo Laz LIDAR de primera cobertura PNOA_2014_AND-SE_562-4150_ORT-CLA-CIR.

of the infrastructure that would have been required to execute the projected mill, representing an additional cost on top of the cost already incurred in the construction of the new mill. ■

Acknowledgements

This study was carried out with funding granted through the 2023 Internationalisation Programme of the University Institute of Architecture and Building Sciences (IUACC) of the University of Sevilla. Félix Pérez Moreno provided technical support, specifically by flying the drone and taking the photographs.

References

- Medina Sidonia Ducal Archive. Bundle 1998. *Plano Geométrico que manifiesta en Planta y Alzado la reparación que deve hacerse en el Molino arinero que posee en la Villa de Oria Reyno de Granada el Exmo. Sor Marques de Villafranca y los Velez, el qual se halla arruinado por un terremoto.* Juan Cayetabo Morata. 1818.
- Oria Municipal Archive. *Libro de Apeo y de Repartimientos de la Villa de Oria.* 1752.
- Almería Provincial Archive. Catalogue reference I-2239. *Bosquejos Planimétricos por términos municipales mandados formar por la ley de 24 de agosto de 1896.* Almería province. Oria municipality. Scale 1:25000. Zone S. Sheet 1. Geographical and Statistical Institute. Sheet 995. Area F. 1898.
- Carricondo Sánchez, J.F., Mora Sánchez, J.M., Reche García, J. and Sánchez Martínez, B.V. (2010). *Oria. Medio Natural, Histórica y Patrimonio Cultural.* Oria: Instituto de Estudios Almerienses.
- Goitia Cruz, A. (2010) Restituir, redibujar, aventurar. Estrategias para documentar tres puertas monumentales de Madrid, *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 15(15), pp. 74–83. doi: <https://doi.org/10.4995/ega.2010.994>
- Corella, P. M. (2020). *Los terremotos de Almería de 1804: en el Archivo Histórico Nacional.* CNIG.
- Mora Reche, F. J. (2012). “El molino del Cubo Alto (Oria): una bella e interesante edificación del Antiguo Régimen”. *Revista velezana*, (30), 232–237.
- Environmental Network of Andalucía. WMS Service. Coloured orthophotography of Andalucía. Resolution: 0.5m pixels. National Aerial Orthophotography Plan. 2022.
- National Geographical Institute. Download Service. First coverage LIDAR Laz Archive PNOA_2014_AND-SE_562-4150_ORT-CLA-CIR.