



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV/EHU)



UPV EHU

Centro de investigación Micaela Portilla
C/ Justo Vélez de Elorriaga 1, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).

Tfno: +34 945 013222 / 013264

e-mail: ldgp@ehu.eus web: <http://www.ldgp.es>

ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

ARCHIVE OF THE LABORATORY FOR THE GEOMETRIC
DOCUMENTATION OF HERITAGE

Sección de memorias / **Reports section**

44-2

Información general / General information		
ELEMENTO:	RA_Logroño-Laguardia_Mantible	:ELEMENT
TÍTULO:	Documentación geométrica de los restos de arco derecho del puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja)	:TITLE
FECHA:	septiembre 2021 / September 2021	:DATE
NÚMERO:	LDGP_mem_044-2	:NUMBER
IDIOMA:	español / Spanish	:LANGUAGE

Resumen	
TÍTULO:	Documentación geométrica de los restos de arco derecho del puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja)
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA:	Se trata de un puente de posible origen romano (s.II) aunque algunos autores prefieren situar su origen en época medieval. Originalmente debió contar con un total de 7 arcos y algo más de 160 metros de longitud. Actualmente, sin embargo, sólo subsisten dos arcos: el primero y el tercero empezando por la derecha aguas arriba. El arco 1 tiene una luz de unos 10 metros y el arco 3 de unos 20 metros. El arco 1 colapsó en enero de 2021, siendo el objeto del presente trabajo la documentación de su estado previa a la reconstrucción.
DOCUMENTACIÓN:	La documentación se realizó mediante fotogrametría en julio de 2021, tanto desde el terreno como tomas aéreas mediante un dron. Se realizó un enlace con el modelo generado en 2017 mediante puntos comunes. Las colecciones de fotografías convergentes se procesaron para genera nubes de puntos densas y modelos de mallas de los arcos, lo cuales se utilizaron como base para la obtención de ortoimágenes. Asimismo, se presenta un conjunto de planos de planta, secciones y alzados y la comparación con el estado en 2017.
TÉCNICAS:	topografía, fotogrametría
PRODUCTOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo tridimensional alámbrico de elementos lineales (despiece). • Modelo de superficies con texturas fotográficas. • Colección de planos.
DESCRIPTORES NATURALES:	puente, arquitectura romana, infraestructuras romanas
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	(Procedentes del Tesouro UNESCO [http://databases.unesco.org/thessp/]) Patrimonio Cultural, Puente, Reconocimiento Topográfico, Fotogrametría

Abstract	
TITLE:	Geometric documentation of the remains of the arc on the right side of the Mantible bridge after its collapse, Logroño (La Rioja) - Spain
GEOMETRIC DESCRIPTION:	This is a bridge considered as Roman (second century BC), although some authors prefer to place their construction during the Middle Ages. In origin it should have had 7 arches and been more than 160 meters long. Currently, however, only two of the arches remain, the ones in positions 1 and 3, starting from the right upstream. Arch number 1 collapsed in January 2021, this project documents the remains previously to the reconstruction.
DOCUMENTATION:	The geometric documentation was done in July 2021 by means of photogrammetry, taking both kind of photographs from the ground and aerial ones with a drone. The link with the 3D model generated in 2017 was obtained by means of common points. The series of photographs were processed with software for convergent photogrammetry in order to obtain point clouds and meshed models of the arches. Likewise, a collection of plans, elevations and cross-sections was generated; likewise, a comparison with the state in 2017 is presented.
METHODOLOGIES:	surveying, photogrammetry
PRODUCTS:	<ul style="list-style-type: none"> • 3D models (wireframe with the boundary of the ashlars). • 3D models (meshes with photographic texture). • Plans.
NATURAL KEYWORDS:	bridge, Roman architecture, Roman infrastructures
CONTROLLED KEYWORDS:	(From the UNESCO's thesaurus [http://databases.unesco.org/thesaurus/]) Cultural Heritage, Bridges, Surveying, Photogrammetry

Localización / Placement		
ELEMENTO PATRIMONIAL:	Puente de Mantible (Logroño // Laguardia)	:HERITAGE ELEMENT
MUNICIPIO:	Logroño, La Rioja, España/Spain (Getty TGN: 7007928) Laguardia, Álava, España/Spain (Getty TGN: 7007909)	:MUNICIPALITY
COORDENADAS:	EPSG:4326 WGS84/LatLong 42.5100,-2.5080	:COORDINATES

Equipo de trabajo / Staff		
EQUIPO:	Álvaro RODRÍGUEZ MIRANDA José Manuel VALLE MELÓN	:STAFF

Derechos / Rights		
DERECHOS:	<p>La información relativa al presente proyecto es fruto de la participación de diversos agentes por lo que su situación al respecto de los derechos intelectuales y de explotación puede ser compleja. Con el fin de simplificar el esquema de reutilización, se ha llevado a cabo un análisis previo de la situación de cada documento que se encuentra disponible en el repositorio y que es accesible en el recurso web indicado por el identificador permanente. De manera resumida se puede indicar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el documento se encuentra descargable desde la web del repositorio institucional se considerará que sus posibilidades de reutilización se adaptan a una licencia <i>Creative Commons</i> (CC-By). <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • Si el documento tiene acceso restringido, deberá ponerse en contacto con el promotor del trabajo, ya que dicha organización dispone de la información que busca y de los derechos de explotación necesarios para permitir nuevos usos. <p style="text-align: center;">/</p> <p>The information that is available in this project was created in the framework of a work in which many agents were involved, therefore, the state of the intellectual and exploitation rights might be complex. In order to simplify the re-use, we have carried out a preliminary analysis regarding each document that is shown in the repository and accessible through the permanent identifier. Summing up, you can consider that:</p> <ul style="list-style-type: none"> - If the document can be accessed from the website of the repository, its re-use will follow a <i>Creative Commons</i> (CC-By) licence. <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> - If the access is restricted, you need to contact the promotor of the work, since that organization has both the information you need and the possibility to give you the rights for your expected re-use. 	:RIGHTS

OTROS:	<p>Además de la información recogida en el repositorio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), se informa que los promotores de cada trabajo disponen de una copia más amplia de los registros originales y resultados (medidas, fotografías, modelos 3D).</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p>The University repository does not show an exhaustive record of the work. Users should contact with the promotor of the project if they want to examine the original datasets and complete results (measurements, photographs, 3D models...).</p>	:OTHERS
--------	--	---------

Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	<p>El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario.</p> <p>La publicación se ha realizado conforme a los fines docentes y de investigación del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio del Patrimonio de la UPV/EHU y en función de los derechos que corresponden al Laboratorio como autor del contenido. El Laboratorio se compromete a retirar del acceso público tanto este documento como cualquier otro material relacionado en el caso de que los promotores consideren que menoscaban sus derechos de explotación. /</p> <p>The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.</p> <p>The aim of this publication is to fulfill the academic goals and research expected from the Laboratory for the Geometric Documentation of Heritage (UPV/EHU) concerning its scientific outcomes. Nevertheless, the Laboratory is bound to the respect of promoters' commercial rights and will take away the contents which are considered against these rights.</p>	:DISCLAIMER

Reutilización / Re-use

REUTILIZACIÓN:	<p>Los siguientes términos corresponden al Real Decreto 1495/2011, de 24 de octubre por el que se desarrolla la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público, para el ámbito del sector público estatal.</p> <p>"Son de aplicación las siguientes condiciones generales para la reutilización de los documentos sometidos a ellas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Está prohibido desnaturalizar el sentido de la información.2. Debe citarse la fuente de los documentos objeto de la reutilización. Esta cita podrá realizarse de la siguiente manera: "Origen de los datos: [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate]".3. Debe mencionarse la fecha de la última actualización de los documentos objeto de la reutilización, siempre cuando estuviera incluida en el documento original.4. No se podrá indicar, insinuar o sugerir que la [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate] titular de la información reutilizada participa, patrocina o apoya la reutilización que se lleve a cabo con ella.5. Deben conservarse, no alterarse ni suprimirse los metadatos sobre la fecha de actualización y las condiciones de reutilización aplicables incluidos, en su caso, en el documento puesto a disposición para su reutilización." <p style="text-align: center;">/</p> <p>The following terms come from the Royal Decree 1495/2011, of 24th October 2011, whereby the Law 37/2007, of November 16, on the re-use of public sector information, is developed for the public state sector.</p> <p>"The following general terms shall apply to all re-usable document availability methods:</p> <ol style="list-style-type: none">1. The information must not be distorted.2. The original source of re-usable documents must be cited.3. The date of the latest update of re-usable documents must be indicated when it appears in the original document.4. It must not be mentioned or suggested that the public sector agencies, bodies or entities are involved in, sponsor or support the re-use of information being made.5. Metadata indicating the latest update and the applicable terms of re-use included in re-usable documents made available by public agencies or bodies must not be deleted or altered."	:RE-USE
----------------	--	---------

Estructura / Framework		
ID PERMANENTE:	http://hdl.handle.net/10810/53516	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> • ldgp_mem044-2_Logrono-Laguardia_Mantible.pdf: este documento. Contiene la memoria y la colección de planos / this document. It contains the report and the collection of plans. • LDGP_MAN2021_fot_Mantible???.jpeg: 5 fotografías de documentación de los trabajos realizados / 5 pictures for documentating the woks. • LDGP_MAN2021_modelovirtual_???.zip: modelo virtual correspondientes a los restos del arco en 2021. Consta de un archivo comprimido que incluye el modelo 3D en formato OBJ con dos ficheros JPEG correspondientes a la textura fotográfica, un archivo de mapeado y un archivo adjunto XML con los metadatos / virtual model of the state in 2021. It consist of a compressed ZIP file with the 3D model in OBJ format, two JPEG files with the photographic textures, a file with the mapping a a XML file with metadata. 	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU) –LDGP-. <i>Documentación geométrica de los restos de arco derecho del puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja).</i> 2021	:CITATION

Comentarios / Feedback		
NOTA:	<p>Este documento forma parte del contenido generado en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU y ha sido publicado con fines docentes y/o de investigación, atendiendo a los objetivos del Laboratorio. Es muy importante para nosotros conocer la utilidad del material suministrado a los usuarios finales así como las posibilidades de mejora en el servicio que podemos realizar; por lo tanto, agradecemos cualquier comentario o sugerencia que nos quiera hacer llegar, para lo cual, ponemos a su disposición nuestra dirección de correo electrónico ldgp@ehu.eus /</p> <p>This document is part of the content generated by the Laboratory for Geometrical Documentation of Heritage (UPV/EHU). It was published for teaching purposes and research, in relation with the goals of the Laboratory. Feedback about the real utility of this information is most important for us, therefore, we appreciate any comment or suggestion for improvements (please, do refer to the following e-mail address: ldgp@ehu.eus).</p>	:NOTE

Documentación geométrica de los restos de arco derecho del puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja)

Vitoria-Gasteiz, septiembre de 2021



Equipo:

Álvaro Rodríguez Miranda
José Manuel Valle Melón



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido - GPAC (UPV-EHU)



UPV EHU

Centro de Investigación Micaela Portilla
Justo Vélez de Elorriaga, 1 - 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).

Tfno: +34 945 013 264

e-mail: ldgp@ehu.es web: <http://www.ldgp.es>

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	3
2.- OBJETIVOS.....	8
3.- LOCALIZACIÓN.....	10
4.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	11
4.1.- Esquema de trabajo	11
4.2.- Trabajos de campo.....	12
4.2.1.- Red topográfica, volumétrico y apoyo fotogramétrico	12
4.2.2.- Registro fotográfico	15
4.3.- Trabajos de gabinete.....	15
4.3.1.- Cálculo de la red topográfica	15
4.3.2.- Modelado 3D con textura fotográfica.....	16
4.3.3.- Productos derivados del modelo 3D.....	19
4.3.4.- Modelo CAD y planos.....	20
4.3.5.- Evolución geométrica en el periodo 2017 a 2021.....	23
5.- CONTENIDO DIGITAL.....	25
ANEXOS	26
Anexo I: Instrumental empleado.....	27
PLANOS.....	32

1.- INTRODUCCIÓN

Los restos del puente de Mantible se sitúan en un pronunciado meandro del río Ebro que deja a la izquierda el barrio de Laserna —municipio de Laguardia (Álava)— y a la derecha el barrio del Cortijo —Logroño (La Rioja)—, se trata de una obra de controvertido origen, existiendo autores que lo consideran romano (siglo II d.C.) y otros que prefieren situar su construcción en época medieval. Fue declarado monumento nacional mediante el Real Decreto 430/1983.

En origen, pudo haber sido una construcción de unos 164 metros de longitud con siete arcos de medio punto de diferentes luces construidos en sillería¹. A mediados del siglo XIX se sabe que sólo conservaba dos arcos², los cuales se identifican con los arcos 1 y 3 del supuesto trazado, enumerados de derecha a izquierda visto el puente desde aguas arriba. De estos arcos, el identificado como 1 se encuentra en territorio riojano mientras que el número 3 está situado en Álava.

Ésta era la situación en que se encontraba en el año 2017, momento en el que el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU presentó una propuesta de proyecto al Instituto de Estudios Riojanos (IER) para la realización del modelado tridimensional y cartografía vectorial de los restos del puente³. Este primer trabajo permitió conocer con precisión el estado de los arcos en ese momento y ha sido fundamental para la realización de pliegos de condiciones técnicas, nuevos trabajos y proyectos⁴, así como para el seguimiento de los cambios sucedidos desde ese momento.

¹ Información extraída de la obra: Arrúe, B. & Moya, J.G. (coord.), 1998. Catálogo de puentes anteriores a 1800: La Rioja. Gobierno de La Rioja, Instituto de Estudios Riojanos; Ministerio de Fomento, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

² Gómez, Antero (1857). Logroño y sus alrededores descripción de los edificios principales, ruinas, muros y demás notable que la ciudad... (disponible en la Biblioteca Virtual de La Rioja: <http://bibliotecavirtual.larioja.org/bvrioja/es/consulta/registro.do?id=17>).

³ Proyecto titulado: «Estudio fotogramétrico sobre el Puente Mantible», financiado en la convocatoria de Planes 2017 del Instituto de Estudios Riojanos. El informe presentado, así como los planos y modelos 3D están disponibles en el repositorio de la UPV/EHU (<http://hdl.handle.net/10810/34923>).

⁴ Entre los que se pueden destacar el informe titulado: «Informe de evaluación de cargas, diagnóstico y propuesta de actuación de consolidación estructural del puente de Mantible de Logroño», elaborado por el arquitecto Manuel Fortea de la empresa Vault Zafra en enero de 2019 y el «Proyecto básico. Consolidación y restauración del puente Mantible: arco de la margen derecha del río Ebro. Logroño (La Rioja)», elaborado por la empresa Arenas & Asociados en agosto de 2020.

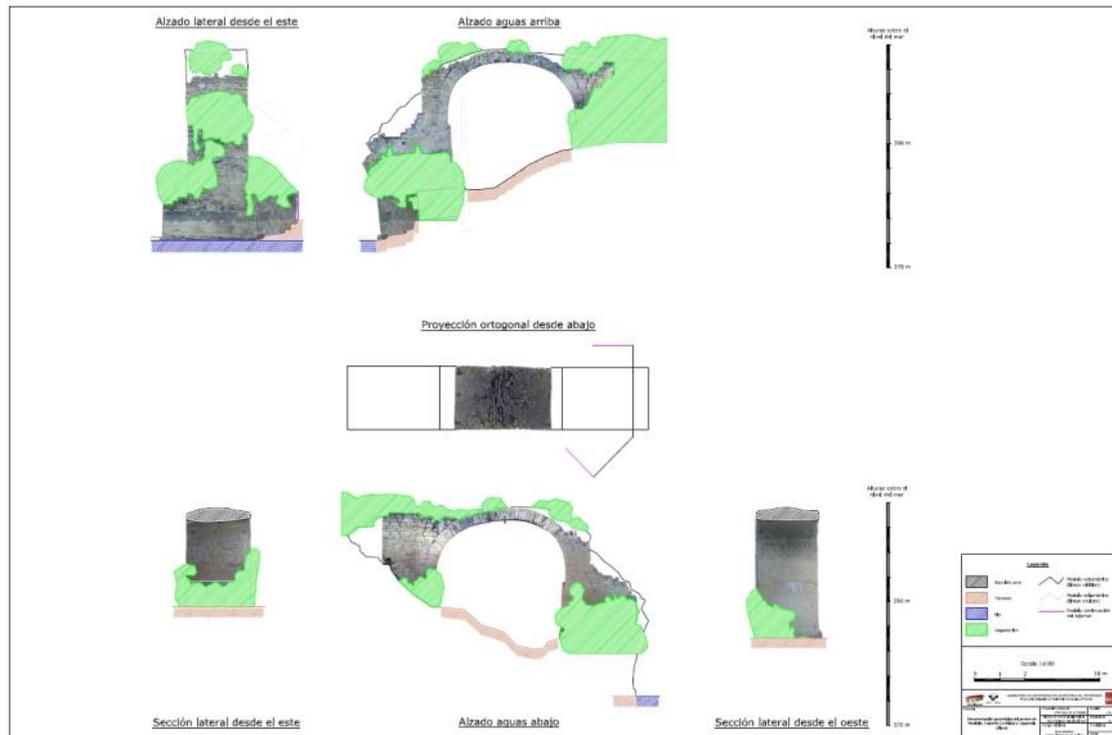


Fig. 1.- Plano maquetado con las vistas ortogonales principales del arco de la margen derecha (escala 1:100). Cartografía realizada en 2017.

Uno de los aspectos más notables de la cartografía elaborada en 2017 es que mostraba con claridad la deformación del arco 1.

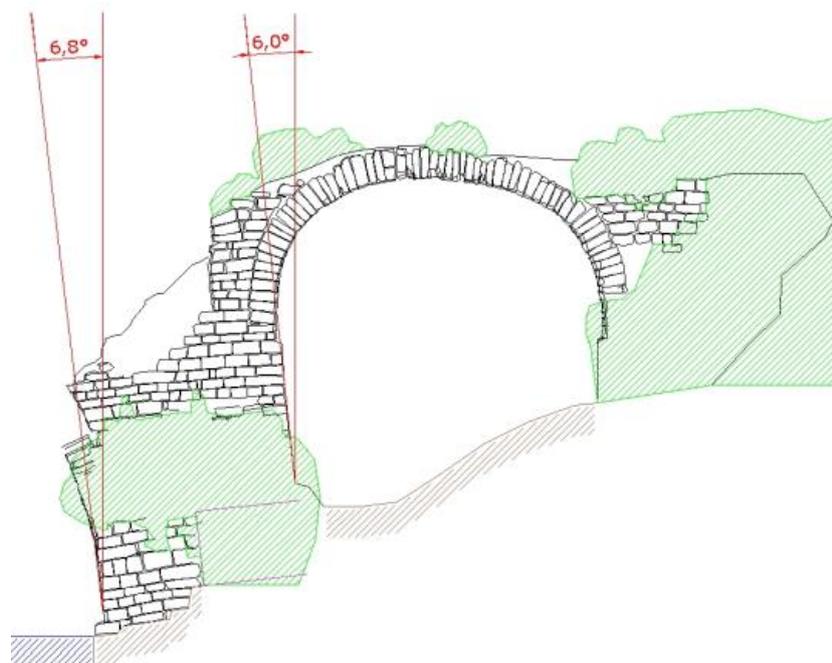


Fig. 2.- Inclinación del pilar junto al río del arco derecho en la cartografía del año 2017, medida sobre el alzado aguas arriba (en grados sexagesimales).

Sin embargo, en aquel momento, aún no era posible determinar si esta deformación había sido ocasionada en el pasado y estaba estabilizada o si era una consecuencia de movimientos activos que podrían conllevar al colapso de la estructura. Por este motivo, por parte del Laboratorio, se acometieron dos tipos de estudios complementarios que permitiesen arrojar luz sobre la evolución de la geometría del arco:

- a) Con carácter retrospectivo, se solicitaron fotografías antiguas del puente⁵ y se analizaron con el fin de ver si existían cambios apreciables en la forma del arco. En concreto, se consiguió disponer de imágenes desde la década de 1970, lo que permitió extender el análisis a un periodo de unos 40-50 años hacia atrás. En este análisis, que fue realizado utilizando la geometría perspectiva de las imágenes, se apreció un rebaje claro del arco pasando de una forma prácticamente semicircular en las primeras tomas disponibles hasta una forma de arco rebajado en las últimas. En total, el rebaje de la fecha del arco en este periodo se estimó en unos 60 cm.

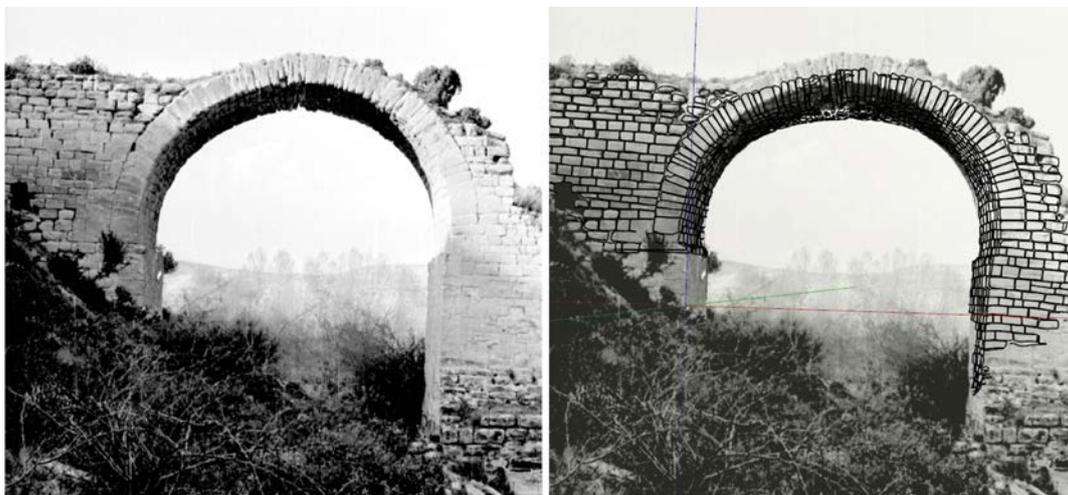


Fig. 3.- Estudio retrospectivo utilizando una fotografía de la década de 1970 (a la izquierda) sobre la que se ha proyectado el despiece de sillares de 2017 (a la derecha), apreciándose claramente la deformación experimentada en este periodo.

- b) Con vista a realizar la monitorización de la evolución actual, se realizaron inspecciones visuales en los meses siguientes, detectándose un incremento notable de las grietas (en particular la situada en la base del pilar junto al río) y nuevas caídas de dovelas del arco tanto en el verano del 2018 como en el de 2019. La situación este último año era tan evidente que se decidió realizar una nueva campaña fotogramétrica para realizar un modelo parcial del arco y compararlo con el disponible de 2017, detectándose un empeoramiento muy significativo del estado en esos dos últimos años.

⁵ Agradecemos nuevamente la ayuda e imágenes proporcionadas a los historiadores José Gabriel Moya Valgañón, Begoña Arrúe Ugarte y al arquitecto municipal Jesús María González Menorca.

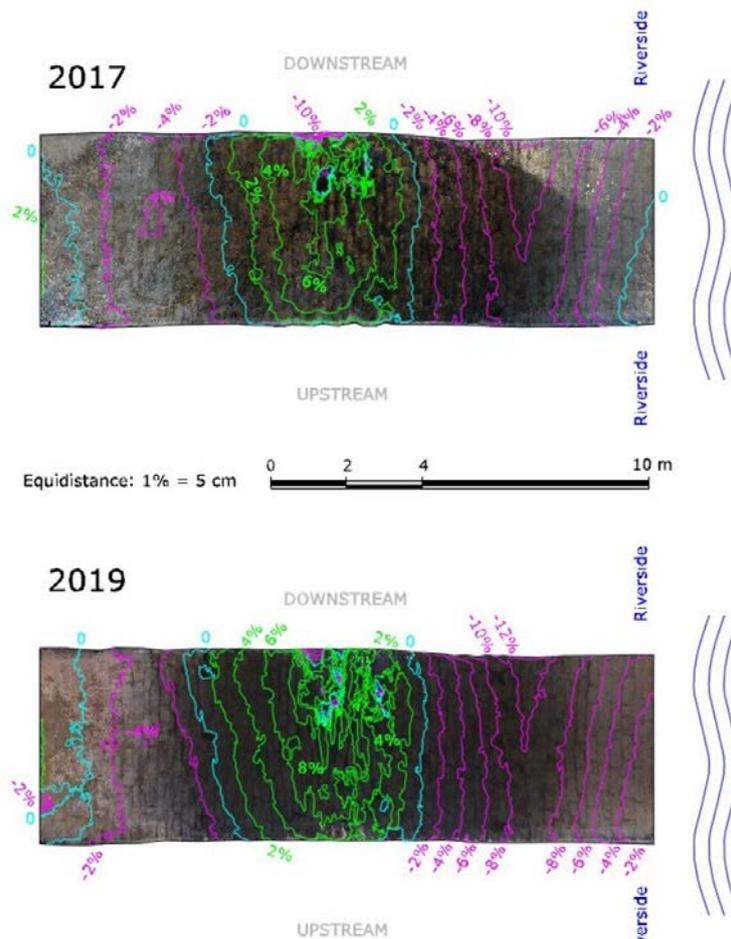


Fig. 4.- Variación en la geometría del intradós del arco de la margen riojana⁶ (analizado en una vista en desarrollo) en el periodo 2017-2019.

En resumen, la conclusión que se obtuvo de estos estudios fue que el arco número 1 había sufrido una fuerte deformación desde los años 70 que seguía activa en el periodo 2017-2019, momento en el cual la estructura presentaba claros signos (grietas caídas de piezas, etc.) que alertaban de un riesgo de colapso inminente. De todos estos pasos, así como de los resultados que se iban obteniendo se enviaron notificaciones tanto al Ayuntamiento de Logroño como a la Consejería de Cultura de la Comunidad de La Rioja.

Asimismo, se procuró dar a conocer esta situación por todos los medios y en todos los ámbitos en los que se pudo, por destacar sólo algunos: se preparó un artículo

⁶ Esta imagen procede del artículo:

Valle Melón, J. M., Rodríguez Miranda, Álvaro, Elorriaga Aguirre, G., & García, B. (2021). Auscultación y prevención de mecanismos secundarios de colapso en puentes históricos en ruinas mediante el uso de valores métricos obtenidos de fotografías de archivo y el análisis geométrico del intradós. *Informes De La Construcción*, 73(562), e391. <https://doi.org/10.3989/ic.75206>

divulgativo en la revista *Belezos*⁷ (octubre de 2019) con el fin de concienciar a la sociedad del estado del puente y la necesidad urgente de actuación y, de forma paralela, se envió un artículo a una revista científica con la metodología empleada en el control geométrico y presentando los resultados obtenidos, de forma que ambos pudieran ser validados (figura 4). En enero de 2020, por mediación de la profesora y académica Begoña Arrúe se presentó toda la información disponible a la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, la cual se había interesado por el estado del puente a causa de las noticias publicadas en la prensa; por otro lado, se participó en varias entrevistas en medios de comunicación (cadena Ser, radio Rioja Alavesa...), etc.

Por su parte, el Ayuntamiento solicitó estudios complementarios (siendo especialmente relevante el presentado por la empresa CIOMAR relativo a la inspección subacuática de la base de la pila del arco 1 que se realizó en agosto de 2019, en el cual se daba cuenta de un importante hueco bajo la misma) y empezó la tramitación para el proyecto de consolidación del arco. Lamentablemente, los procesos administrativos y de elaboración de los proyectos se dilataron más de lo que la estructura consiguió aguantar y, finalmente, en la noche del 24 al 25 de enero de 2021 el arco colapsó, causando una fuerte conmoción en la sociedad logroñesa y del entorno.



Fig. 5.- Imagen del pilar del arco 1 tomada el 31 de enero de 2021, cinco días después del colapso.

⁷ Rodríguez, Á.; Elorriaga, G.; Valle, J.M. (2019) El puente Mantible. Una lucha contrarreloj para la conservación de sus restos. *Belezos*, 41, págs. 46-51.

Desde ese momento, la intención del ayuntamiento ha sido la reconstrucción del arco y, con tal fin, solicitó la modificación del antiguo proyecto de consolidación y restauración a la empresa Arenas & Asociados que había preparado el proyecto previo. La previsión actual es empezar las obras a principios de otoño de 2021 y finalizarlas en el plazo de 10 meses.

Es precisamente en el contexto de las próximas acciones de reconstrucción que el ayuntamiento de Logroño contacta con el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU para generar un modelo actualizado que presente el estado actual de los restos tras el colapso. La toma de datos se realizó durante las primeras semanas del mes de julio de 2020 y cabe indicar que, de manera previa, la empresa Agua y Jardín S.L. había procedido a desbrozar la zona adyacente al arco y el acceso de forma que se pudiera disponer de una visión más completa del monumento.

2.- OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el anteproyecto de documentación geométrica corresponden al registro del estado del estribo y de la pila que formaban el primer arco de la margen derecha del río Ebro del puente Mantible, junto con el estado de los sillares que han quedado esparcidos entre ambos elementos y que conformaban la bóveda del arco. Para ello se proponía realizar el modelado fotogramétrico de los restos indicados. Este modelado tridimensional de precisión permite obtener una serie de productos métricos sobre los que poder analizar su situación actual, posibilita la comparación con las documentaciones previas, y proporciona documentación con la que poder planificar acciones de restauración o consolidación y, en definitiva, de preservación de los restos existentes, permitiendo, a su vez, la difusión de su geometría por medios digitales.

De forma más detallada, los productos que se preveía confeccionar para la consecución de estos fines eran los siguientes:

- a) Como marco para la realización de los diferentes modelos tridimensionales se utilizaría la red de estaciones de referencia implantadas en el entorno en 2017, previa comprobación de su permanencia y buen estado. Dichas referencias se calcularían en el sistema oficial de coordenadas (UTM30 huso 30 en sistema ETRS89). En 2017, se emplearon tanto la red GNSS del Gobierno de La Rioja como la de la Comunidad Autónoma del País Vasco, con el fin de que las actuaciones pudieran tener continuidad en ambas orillas, obteniendo unos resultados muy satisfactorios, por lo que, si la señalización continuaba en buen estado en 2021 se reutilizarían; en caso contrario, se procedería a una nueva observación mediante técnicas GNSS.
- b) Documentación detallada del puente mediante fotografía de alta resolución. Se tomarían imágenes tanto desde el terreno como elevadas utilizando un dron y/o pértigas.

- c) Modelado 3D por métodos fotogramétricos de los restos del estribo, de la pila del puente y del entorno próximo en el que se asientan. Los productos consistirán en modelos de superficies con texturas fotográficas.
- d) Digitalización sobre el modelo del despiece de sillares.
- e) Preparación de las salidas cartográficas que se considerasen de interés (vistas en planta, alzados, perspectivas, etc.).
- f) Toda la información se presentaría documentada, organizada y en formatos estándar con el fin de permitir su incorporación a las bases de datos gráficas y otras Infraestructuras de Datos Espaciales del Ayuntamiento de Logroño y Gobierno de La Rioja, atendiendo a las necesidades del resto de usuarios posteriores, así como su preservación a lo largo del tiempo, por medio de repositorios institucionales. En esta misma línea, una copia de la información quedaría depositada en el repositorio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU)⁸.

Como se indica en el desarrollo de los trabajos que se describe en los siguientes apartados, la comprobación del estado de los restos en el momento de la toma de datos nos llevó a tener que replantear el apartado (a) ya que la red topográfica de 2017 no resultó utilizable. Todos los apartados relativos al registro fotogramétrico, modelado, generación de cartografía y presentación de la información pudieron cumplirse, a excepción del punto (d), ya que no se consideró oportuno repetir el dibujo vectorial de sillares al poderse analizar los desplazamientos y cambios mejor sobre los modelos 3D de superficies.

⁸ Archivo Digital para la Docencia y la Investigación, ADDI. <https://addi.ehu.es/>

3.- LOCALIZACIÓN

Los restos del puente de Mantible se sitúan a ambos márgenes del río Ebro a unos 7 km al noroeste de Logroño en un pronunciado meandro en las proximidades del barrio del Cortijo (en la margen riojana) y del barrio de Laserna (Laguardia) en la parte alavesa. Las coordenadas UTM (ETRS89, huso 30) son X=540.450 e Y=4.706.500.

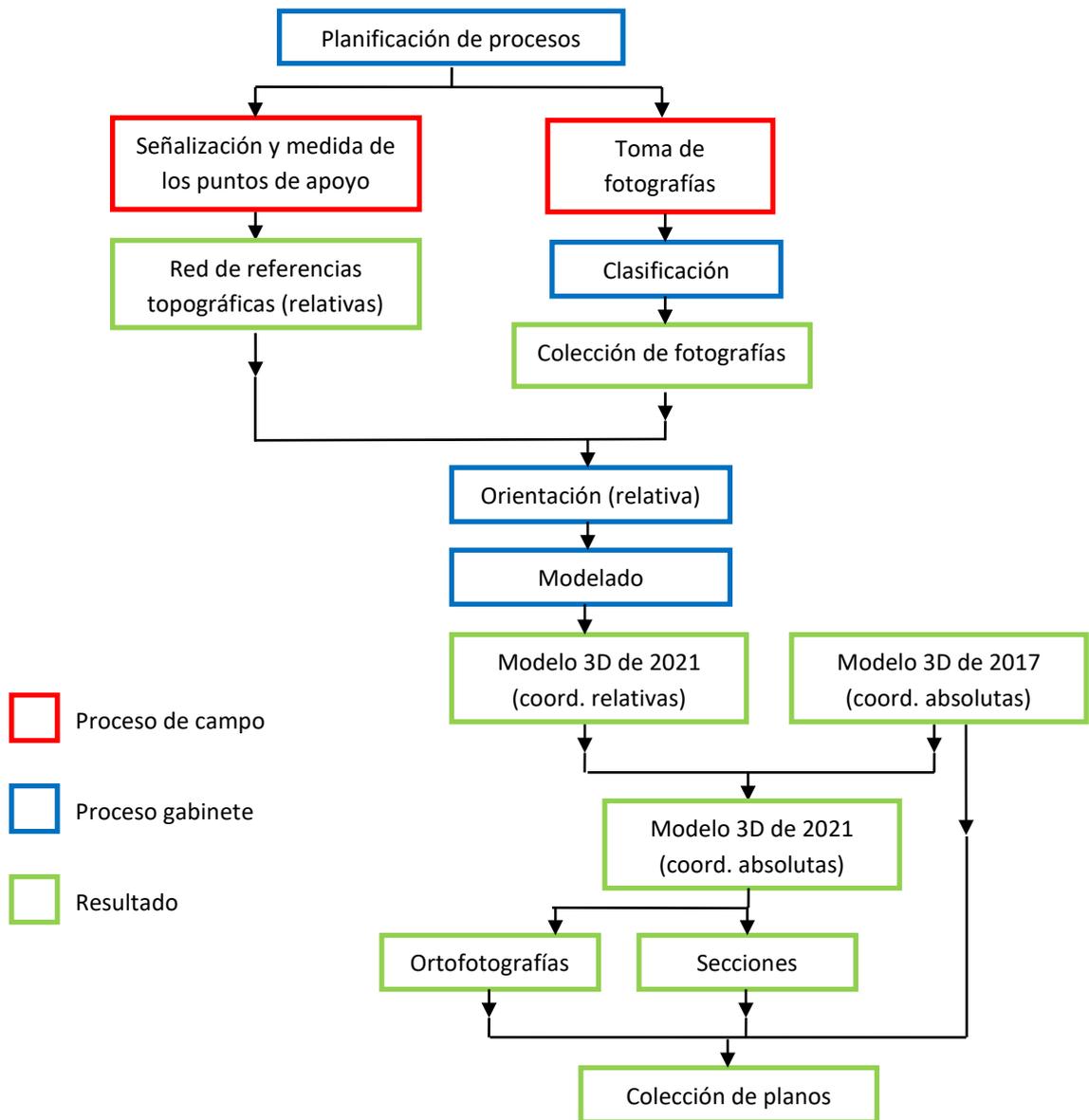


Fig. 7.- Localización de los restos del puente de Mantible (imagen de base: IDErioja).

4.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

4.1.- Esquema de trabajo

El siguiente esquema muestra el flujo de la información desde los registros hasta la obtención de los resultados a través de los diferentes procesos desarrollados. En él, los procesos de campo se marcan en color rojo, los de gabinete en azul y los productos en color verde.



4.2.- Trabajos de campo

4.2.1.- Red topográfica, volumétrico y apoyo fotogramétrico

Como se indicó en el anteproyecto, existían diferentes opciones para establecer la red de referencia topográfica a emplear en el proyecto, considerando la parte que fuera recuperable de la campaña realizada el año 2017 y teniendo siempre en mente el interés en poder comparar los resultados actuales con los que se obtuvieron entonces, con el fin de poder obtener información sobre los desplazamientos producidos en este periodo.

En la campaña de 2017 se estableció una red GNSS relativamente densa en la parte alavesa que, en aquel momento, estaba más despejada y accesible; mientras que la imposibilidad de acceso en la parte riojana se solventó con dos estaciones al borde del camino de acceso, otra a media ladera aguas abajo y una cuarta sobre el estribo.



Fig. 8.- Distribución de las bases principales de la red topográfica establecida en 2017.

La idea inicial era aprovechar las bases 3 y 4 situadas en la margen del arco colapsado para disponer de los resultados en este mismo sistema y poder así hacer las comparaciones de desplazamientos de manera directa. Sin embargo, ninguna de estas estaciones ha permanecido o está en condiciones de uso para la presente campaña por lo que no fue posible reutilizarlas.

Así las cosas, se optó por realizar el modelo 3D en coordenadas relativas y situarlo en el sistema de coordenadas de 2017 en una fase posterior mediante la identificación de referencias comunes que —dado el movimiento producido en el pilar de este arco— se localizarían en el estribo y en la parte de la base del arco bajo la grieta. En cualquier caso, aprovechando las labores de desbroce en el entorno que han permitido disponer de una mejor visibilidad de los restos, se ha procedido a situar un conjunto de señales de puntería (dianas) de 4x4 cm, que se han adherido a las piedras utilizando silicona neutra. Para lograr situar señales hasta una altura de 5 metros sobre el terreno se utilizó un jalón extensible.



Fig. 9.- Preseñalización de la zona a modelar utilizando dianas de puntería de 4x4 cm.

Estas dianas se han dotado de coordenadas utilizando una estación total Leica TCR-1205 (en el Anexo I se presentan la descripción y certificados de calibración del instrumental empleado) utilizando medida de distancia directa (sin prisma) con lo que se obtiene una precisión relativa de las coordenadas en el entorno de los 3 mm.



Fig. 10.- Medida de las coordenadas tridimensionales de las dianas utilizando una estación total topográfica.

Por lo tanto, con esta red de referencias se tendrá un modelo 3D que se genere dentro de la precisión relativa indicada de unos pocos milímetros. En una fase posterior, se relacionará este modelo con el de la campaña 2017 (que se encuentra en el sistema oficial UTM huso 30, ETRS89) para lo cual se utilizarán puntos comunes situados en zonas que no hayan sufrido desplazamientos.

4.2.2.- Registro fotográfico

La documentación fotográfica combina fotografías tomadas desde el terreno —bien sujetándola directamente o con ayuda de un jalón telescópico para obtener vistas hasta una altura de 8 metros sobre el suelo— con una cámara Panasonic Lumix modelo DC-GX800, con posibilidad de accionamiento remoto mediante WIFI y tomas aéreas desde un dron DJI Mini II. Las características del instrumental empleado están disponibles en el Anexo I.



Fig. 11.- Registro fotográfico mediante cámara gobernada por wifi y jalón telescópico.

Las fotografías se obtuvieron los días 12, 13 y 14 de julio de 2021, aprovechando las horas en que se contase con mejor iluminación (sin incidencia directa del sol ni sombras proyectadas). Teniendo en cuenta que se trata de un elemento inestable que puede estar experimentando movimientos adicionales, se ha de considerar que el momento al que hace referencia la documentación que aquí se presenta corresponde a estas fechas.

4.3.- Trabajos de gabinete

4.3.1.- Cálculo de la red topográfica

Como se ha indicado, para la generación del modelo 3D de la presente campaña se estableció una red local materializada mediante dianas de puntería cuyas coordenadas se obtuvieron con estación total topográfica. Todas las señales se midieron por duplicado (círculo directo y círculo inverso) por lo que, en el laboratorio, se procedió a promediar los valores de cada coordenada con el fin de obtener los resultados definitivos.

Una vez realizado el modelo 3D en sistema relativo dentro del programa de modelado fotogramétrico (*Agisoft Metashape*®), éste se exportó al software *Cloud Compare*®, donde se importó también el modelo de 2017. Utilizando 17 puntos comunes entre ambos modelos en las zonas que se ha considerado que no han sufrido desplazamientos. Los puntos se dispusieron de la siguiente manera: 7 en el alzado aguas debajo del estribo, 6 en el alzado interior, 2 en el alzado aguas arriba (que en 2017 se encontraba prácticamente cubierto de vegetación), y 2 en la parte aparentemente inmóvil de la base de la pila. El valor proporcionado por el programa como indicador de la bondad del ajuste se sitúa en los 2 cm, lo que se ha considerado adecuado para el presente trabajo.

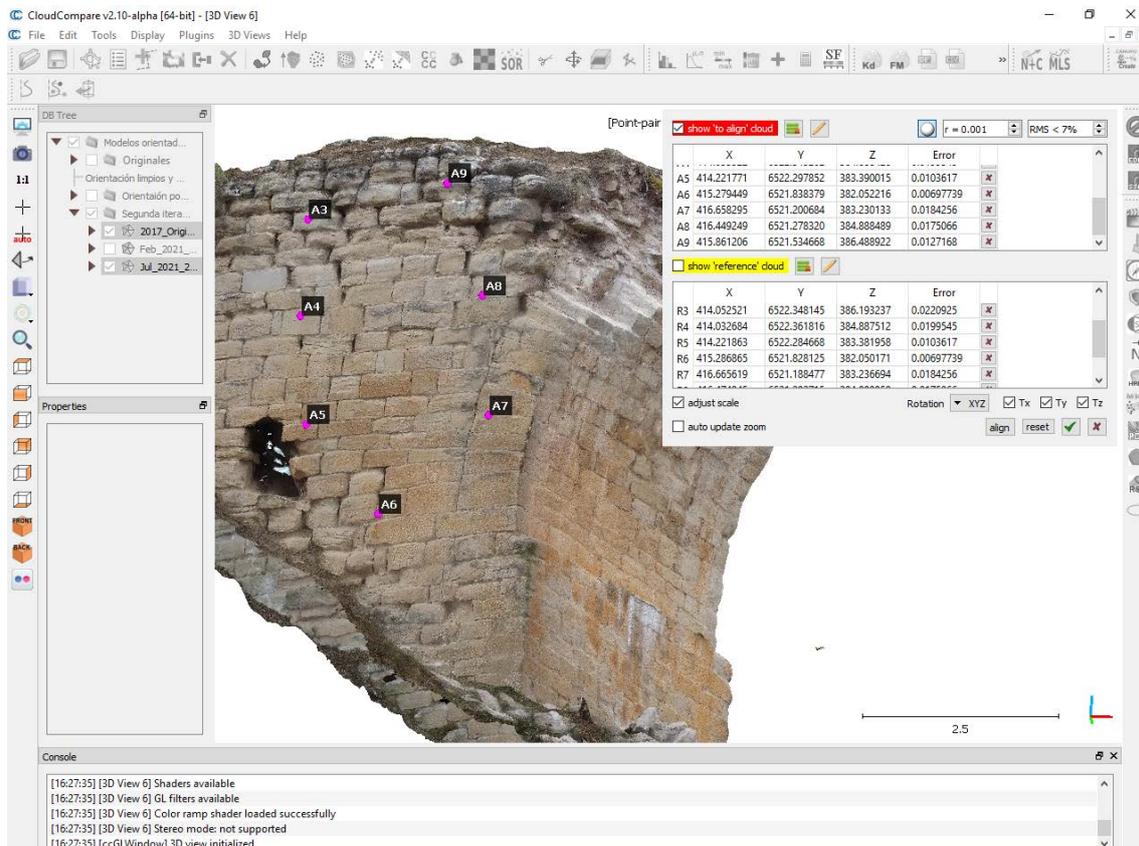


Fig. 12.- Puntos de enlace utilizados para transformar el sistema relativo de 2021 al sistema de coordenadas del proyecto de 2017.

4.3.2.- Modelado 3D con textura fotográfica

Para el modelado 3D se ha utilizado el software de fotogrametría convergente denominado *Agisoft Metashape*®. El proceso comienza con la carga de las imágenes que se van a utilizar en el proceso, las cuales han sido previamente seleccionadas, renombradas y descritas mediante metadatos. El siguiente paso consiste en la búsqueda de puntos comunes en las imágenes que se emparejan mediante un algoritmo que permite además reconstruir la geometría 3D de estos puntos, así como

la posición y orientación de las cámaras; en todo caso, estas geometrías 3D todavía están en un sistema de coordenadas relativo definido por el propio programa de manera arbitraria.

A continuación, se procede a densificar y limpiar la nube de puntos, generar la malla y aplicar las texturas fotográficas desde las propias fotografías, tras lo que se obtiene la representación tridimensional fotorrealista de los elementos fotografiados.



Fig. 13.- Vista perspectiva del modelo 3D de superficies correspondiente a los restos del arco y derrumbe, con texturas fotográficas ya aplicadas.

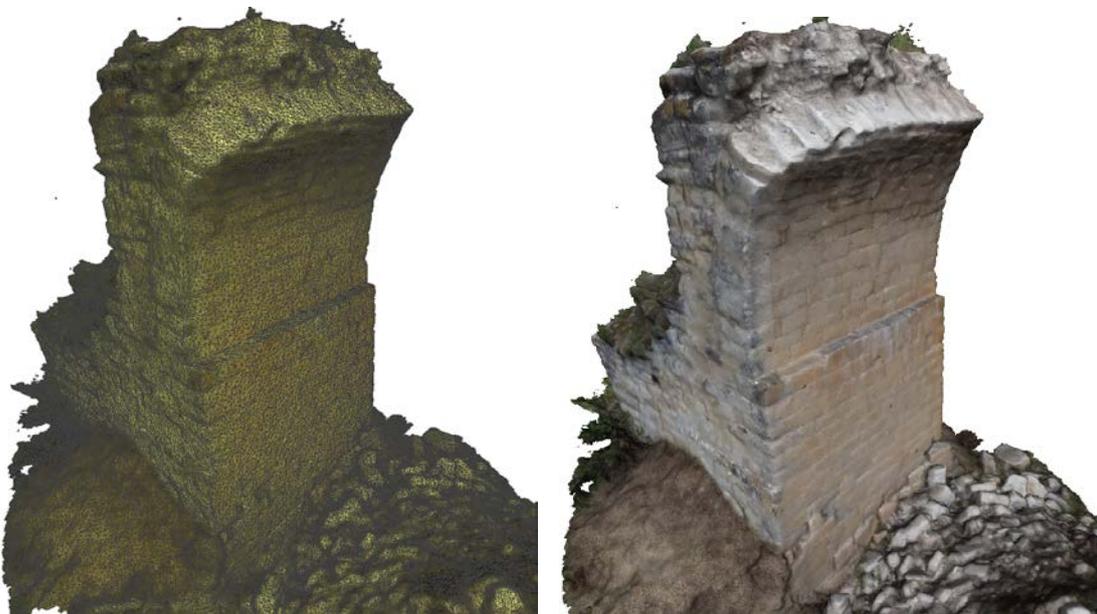


Fig. 14.- Vista perspectiva de detalle del modelo 3D. A la izquierda, se muestra la malla subyacente, a la derecha, el aspecto del modelo con las texturas fotográficas.

Seguidamente, se carga el archivo con las coordenadas de los puntos de apoyo en el sistema local definido en campo y se procede a identificar sobre las fotografías las dianas. Se implantaron y observaron 21 dianas, de las que se identificaron en al menos 8 fotografías 19 dianas y se utilizaron para el cálculo 14. Tras esto, se procede a realizar el ajuste obteniéndose los siguientes residuos 8 mm en X, 4 mm en Y, y 9 mm en Z, que son indicativos de la calidad geométrica del modelo generado.

En todo caso, como se ha comentado, se quiere poner en relación este modelo con el realizado en 2017 por lo que, una vez analizada la calidad interna (con el apoyo topográfico realizado en 2021), se procede nuevamente a desplazarlo para que coincida con el sistema establecido en 2017, proceso que ya ha sido descrito en el apartado anterior

El modelo 3D se puede exportar a diferentes formatos de intercambio para su uso con programas de CAD, impresión 3D, etc. Con el fin de facilitar su uso con múltiples aplicaciones se ha exportado en formato OBJ⁹. Asimismo, estos modelos llevan incorporados metadatos en un fichero adjunto que se empaqueta con el archivo que presenta la geometría y el que corresponde a la textura fotográfica. El contenido de los metadatos es el siguiente:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!--Metadatos generated with CatMDEdit version 4.6.6-->
<rdf:RDF xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:skos="http://www.w3.org/2004/02/skos/core#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/" xmlns:fgdc="http://www.fgdc.gov/metadata/FGDC-STD-001-1998/" xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <rdf:Description rdf:about="ldgp_MAN2021_modelo3D_Mantible-Arco1">
    <dc:title>Modelo 3D de los restos del arco 1 del puente de Mantible, en Logroño (La Rioja) tras su colapso en 2021</dc:title>
    <dc:creator>Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV/EHU)</dc:creator>
    <dc:subject>
      <skos:Concept>
        <skos:prefLabel xml:lang="spa">puente</skos:prefLabel>
      </skos:Concept>
    </dc:subject>
    <dc:subject>
      <skos:Concept>
        <skos:prefLabel xml:lang="spa">arquitectura</skos:prefLabel>
      </skos:Concept>
    </dc:subject>
    <dc:description> Los restos del puente de Mantible se sitúan a ambos márgenes del río Ebro a unos 7 km al noroeste de Logroño en un pronunciado meandro en las proximidades del barrio del Cortijo (en la margen riojana) y del barrio de Laserna (Laguardia) en la parte alavesa. Se trata de una obra de controvertido origen, existiendo autores que lo consideran romano (siglo II d.C.) y otros que prefieren situar su construcción en época medieval. Fue declarado monumento nacional mediante el Real Decreto 430/1983. En origen, pudo haber sido una construcción de unos 164 metros de longitud con siete arcos de medio punto de diferentes luces construidos en sillería. A mediados del siglo XIX se sabe que sólo conservaba dos arcos, los cuales se identifican con los arcos 1 y 3 del supuesto trazado, enumerados de derecha a izquierda visto el puente desde aguas arriba. De estos arcos, el identificado como 1 se encuentra en territorio riojano mientras que el número 3 está situado en Álava. En la noche del 24 al 25 de enero de 2021 el arco colapsó, quedando en el estado que se muestra en el modelo. </dc:description>
    <dc:publisher>
      <foaf:Association>Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV/EHU)</foaf:Association>
    </dc:publisher>
    <dc:contributor>
      <foaf:Association>Ayuntamiento de Logroño</foaf:Association>
    </dc:contributor>
    <dc:date>2021-07-14</dc:date>
    <dc:type>
      <skos:Concept>
        <skos:prefLabel xml:lang="eng">3D model</skos:prefLabel>
      </skos:Concept>
    </dc:type>
    <dc:coverage.spatial>http://maps.google.com/maps?q=42.5100,-2.5080</dc:coverage.spatial>
    <dc:coverage.spatial>http://vocab.getty.edu/tgn/7007928</dc:coverage.spatial>
    <dc:format>
      <skos:Concept rdf:about="PLY"></skos:Concept>
    </dc:format>
    <dc:identifier>ldgp_MAN2021_modelo3D_Mantible-Arco1</dc:identifier>
    <dc:source>Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (2019). Documentación geométrica de los restos de arco derecho del puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja)</dc:source>
    <dc:language>
      <skos:Concept rdf:about="https://iso639-3.sil.org/code/spa">
        <skos:inScheme rdf:resource="http://purl.org/dc/terms/ISO639"/>
        <skos:prefLabel xml:lang="en">Spanish</skos:prefLabel>
      </skos:Concept>
    </dc:language>
    <dc:relation>
      <foaf:Association>http://www.ldgp.es</foaf:Association>
    </dc:relation>
    <rdf:type rdf:resource="http://dublincore.org/documents/dces/" />
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Fig. 15.- Fichero XML con metadatos relativos a los modelos 3D.

⁹ Objet File Format.

4.3.3.- Productos derivados del modelo 3D

Por un lado, a partir de los modelos 3D se han generado las diferentes vistas ortogonales tanto en planta como los diferentes alzados, con una resolución de salida entorno a los 5 mm de tamaño de píxel, que se utilizarán en los planos a escala 1:100 que representan el estado actual del puente y su comparación con la situación de 2017 (ver apartado siguiente).

Estas ortoimágenes se generan con el programa *Cloud Compare*[®], indicando una dirección de la proyección (numéricamente, lo que permite conocerla de manera precisa e introducirla en otros programas, como el CAD en el que se generarán los planos para situar exactamente las ortoimágenes de 2021 con respecto a los elementos vectoriales 2017).

Dado que, en este software, se pueden cargar varios modelos, es posible generar vistas en las que se muestre la comparativa entre 2017 y 2021, utilizando para ello recursos gráficos para diferenciar los modelos como el empleo de diferentes colores, o nivel de transparencia.

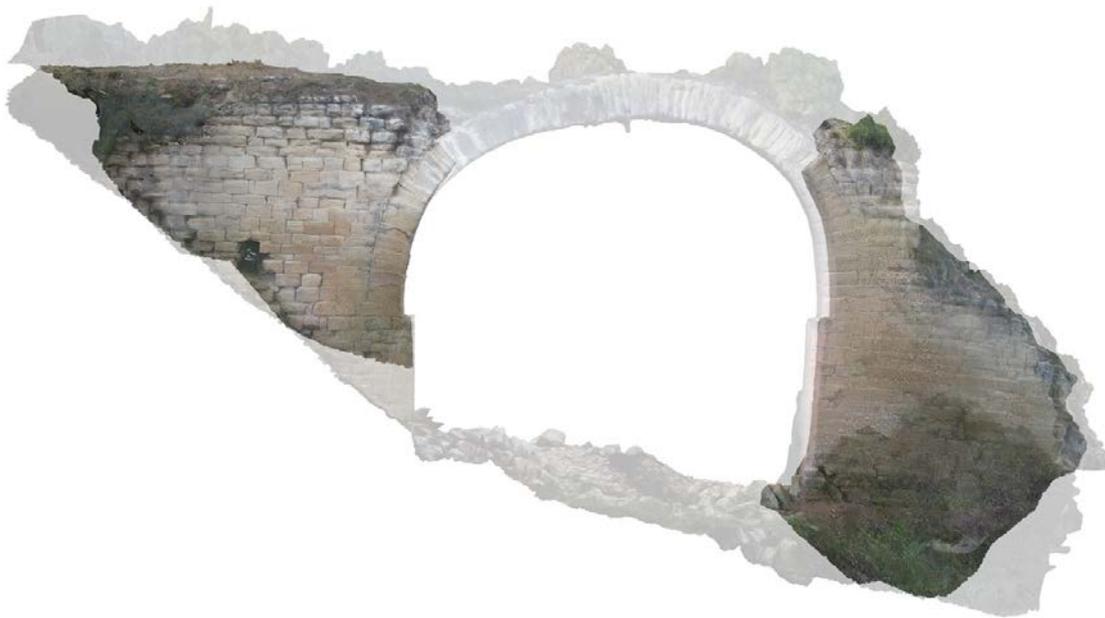


Fig. 16.- Vista combinada de las ortoimágenes semitransparentes aguas abajo del puente en 2017 y en 2021, en la que se aprecia claramente el desplazamiento sufrido por el pilar junto al río.

En todo caso, las ortoimágenes que se han generado para el modelo CAD sólo incluyen el modelo de 2021, ya que, en el CAD se dispone de las entidades vectoriales de 2017 (dibujo de sillares) que se pueden superponer sobre la ortoimagen de 2021 para mostrar la variación temporal, quedando un resultado visualmente más claro.

4.3.4.- Modelo CAD y planos

Partiendo del modelo CAD de 2017 como referencia, se han incluido las ortoimágenes correspondientes al año 2021. Por un lado, la ortoimagen en planta se ha insertado en el espacio modelo.

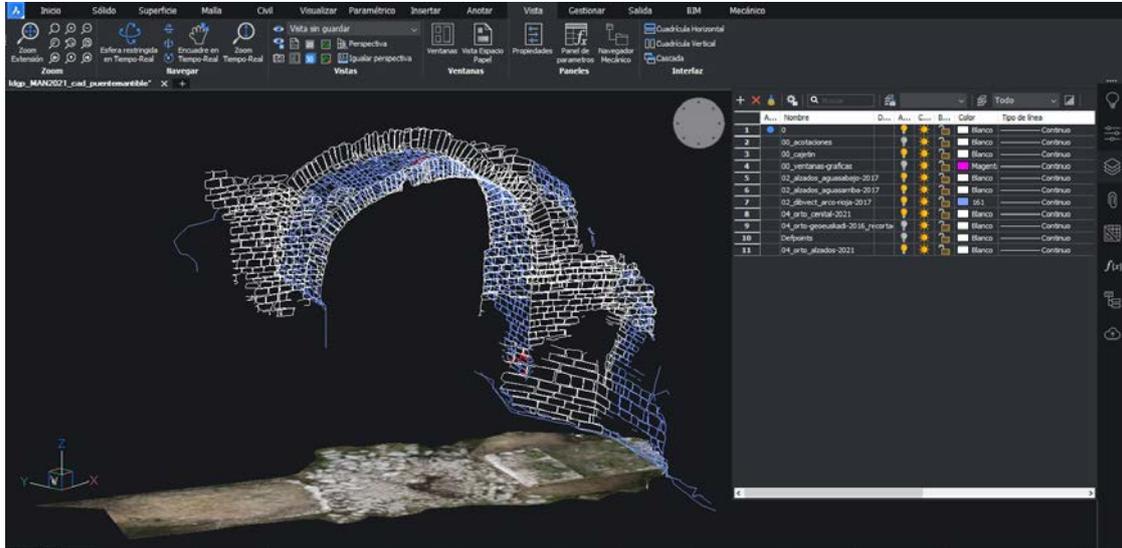


Fig. 17.- Perspectiva del modelo vectorial de 2017 y ortofotografía en planta del año 2021 en el entorno CAD.

Por otro lado, los diferentes alzados, en los que se muestra la inclinación hacia el río y hacia el frente aguas arriba, se han incluido en el espacio papel, dentro de la maquetación de los planos.

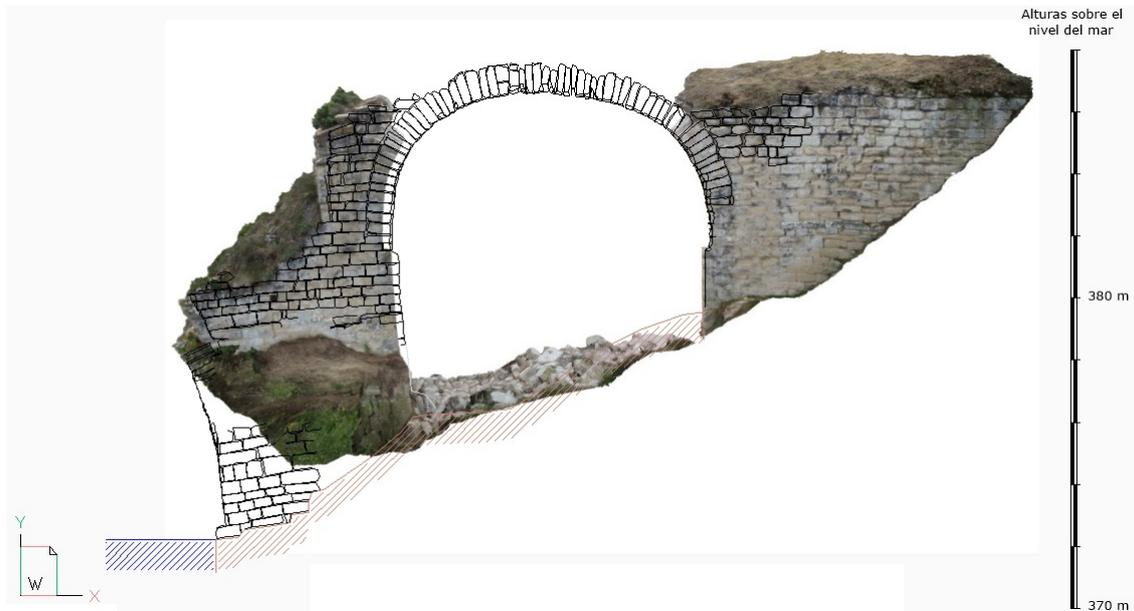


Fig. 18.- Alzado aguas arriba con el dibujo vectorial de 2017 en el que se ha incluido la ortoimagen de 2021, apreciándose claramente las diferencias.

En este mismo fichero CAD se ha insertado el modelo 3D de superficies correspondiente a la situación de 2021 (en este caso el modelo presenta la geometría sin texturas, ya que el entorno CAD no las maneja).

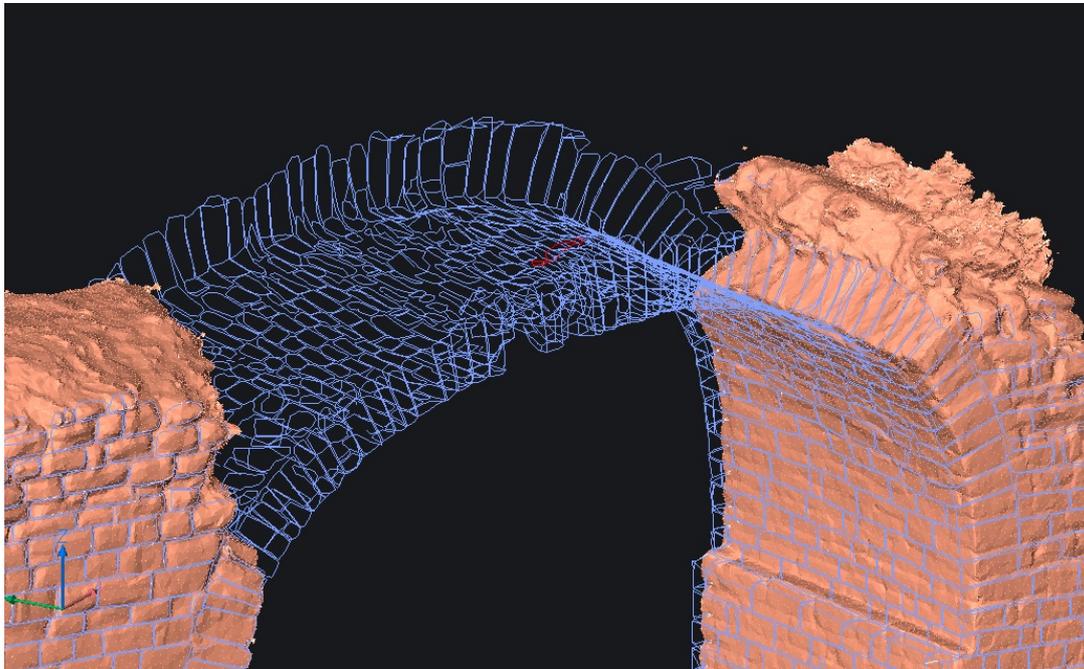


Fig. 19.- Perspectiva del modelo vectorial de 2017 y el modelo de superficies del año 2021 en el entorno CAD.

Sobre estas entidades, pueden realizarse las medidas, secciones, etc. que se consideren oportunas, así como la generación de vistas y planos de proyecto. A modo de ejemplo, se ha realizado un conjunto de secciones obtenidas a cuatro alturas seleccionadas que permiten apreciar el desplazamiento sufrido por el pilar junto al río en el periodo 2017 a 2021.

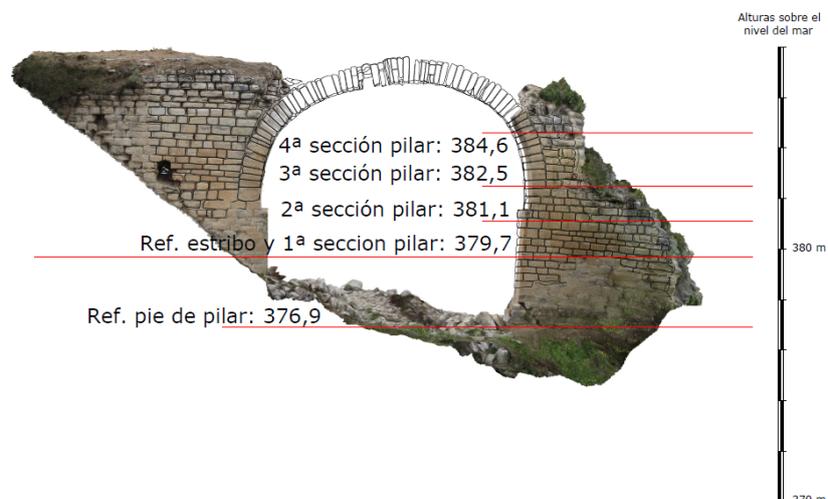


Fig. 20.- Alturas de las secciones de los modelos de 2017 y 2021 (representadas sobre la ortoimagen aguas abajo).

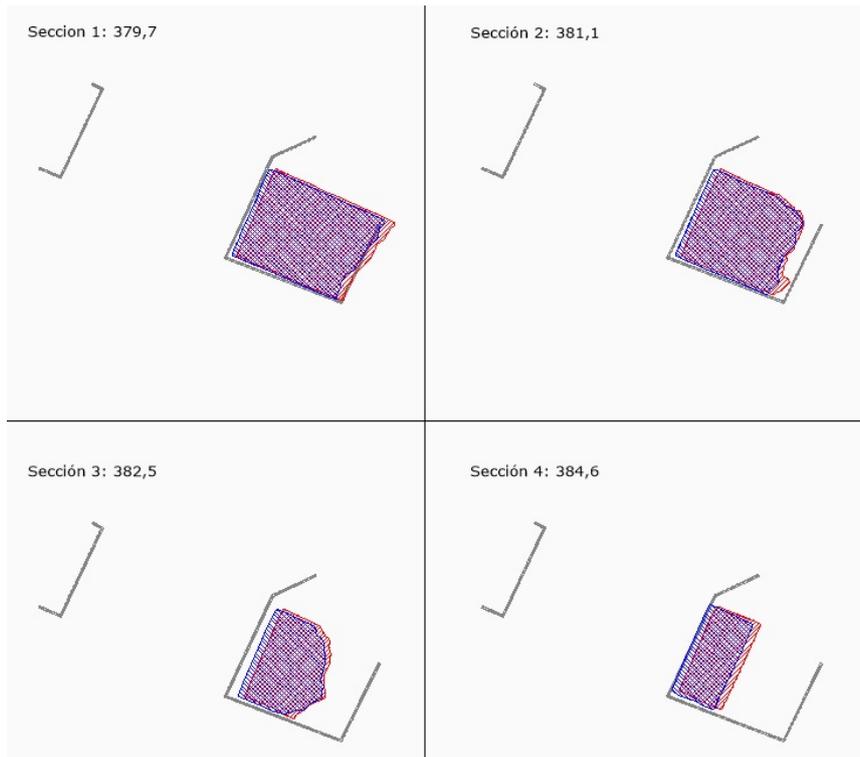


Fig. 21.- Diferencias en las secciones entre 2017 (en azul) y 2021 (en rojo) respecto a la base fija del estribo y el pilar (en color gris).

La información del fichero CAD se organiza en las siguientes capas:

00_acotaciones
00_cajetin
00_ventanas-graficas
02_alzados_aguasabajo-2017
02_alzados_aguasarriba-2017
02_dibvect_arco-rioja-2017
03_modelo3D-2021
04_orto-geoeskadi-2016_recortada
04_orto_alzados-2021
04_orto_cenital-2021

Fig. 22.- Lista de capas del fichero CAD.

En las que, como puede apreciarse, el tipo de entidad se identifica con un código numérico al comienzo del título, en concreto:

- 00_: corresponde a entidades auxiliares de dibujo que se utilizan sobre el espacio papel (en la maquetación de los planos), como los elementos del cajetín, las acotaciones sobre los planos y las ventanas gráficas.
- 02_: entidades vectoriales en el modelo 3D, corresponden al dibujo del despiece de sillares de 2017.

- 03_: modelo 3D de superficies (del año 2021).
- 04_: ortoimágenes. En este grupo se presenta la ortofotografía de la cartografía de 2016 (espacio modelo) y la ortoimagen cenital de 2021 (también en el espacio modelo), así como las ortoimágenes de los alzados (en el espacio papel).

El fichero está almacenado en formato DWG (de uso generalizado para los ficheros CAD) y en el formato de intercambio DXF (ambos en versión 2013). Además del modelo 3D incluye dos planos a escala 1:100 que representan, respectivamente: la planta (incluyendo las secciones a diferentes alturas) y los alzados.

4.3.5.- Evolución geométrica en el periodo 2017 a 2021

Las siguientes imágenes muestran la comparación de las inclinaciones medidas sobre los alzados aguas arriba y abajo del estribo en 2017 (señaladas en color rojo, tomando como referencia el dibujo vectorial) y en 2021 (señaladas en azul, tomando como referencia la ortoimagen).

Los valores más extremos que se detectaron en 2017 (del orden de los 6^o) aparecían en el alzado aguas arriba. Debido al desplazamiento del muro a causa de la grieta abierta (para la parte interior del pilar) y la falta de visibilidad en la zona del río (para la parte exterior del pilar) no ha sido posible obtener nuevas medidas que correspondan exactamente a las medidas en 2017 para proceder a su comparación. Se ofrece, sin embargo, una nueva medida de la inclinación del interior de los restos del pilar desde la altura en que pudo registrarse el muro por encima de la línea de rotura y que presenta una inclinación algo inferior a los 5^o.

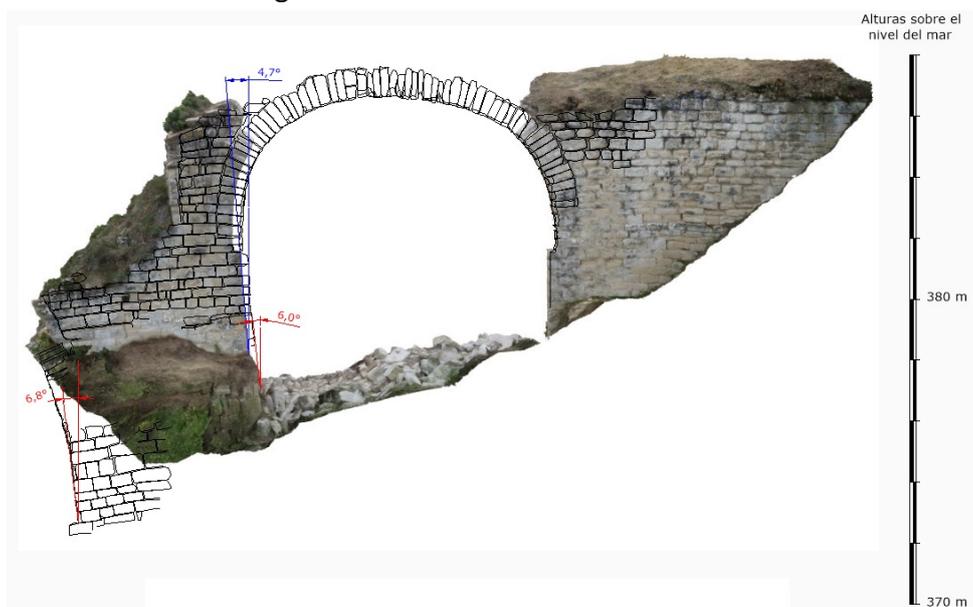


Fig. 23.- Valores angulares de la inclinación del pilar (aguas arriba).

Una situación similar se presenta en el alzado aguas abajo. La estimación que se puede realizar con los datos de 2017 (3.4°) está medida desde el pie de la pila en el momento actual, pero en el modelo de 2021, al existir un importante desplazamiento a partir de la grieta, la inclinación que se proporciona corresponde a las hiladas a partir de esta cota. Como puede verse, el valor medido en este punto es de 4.5° .

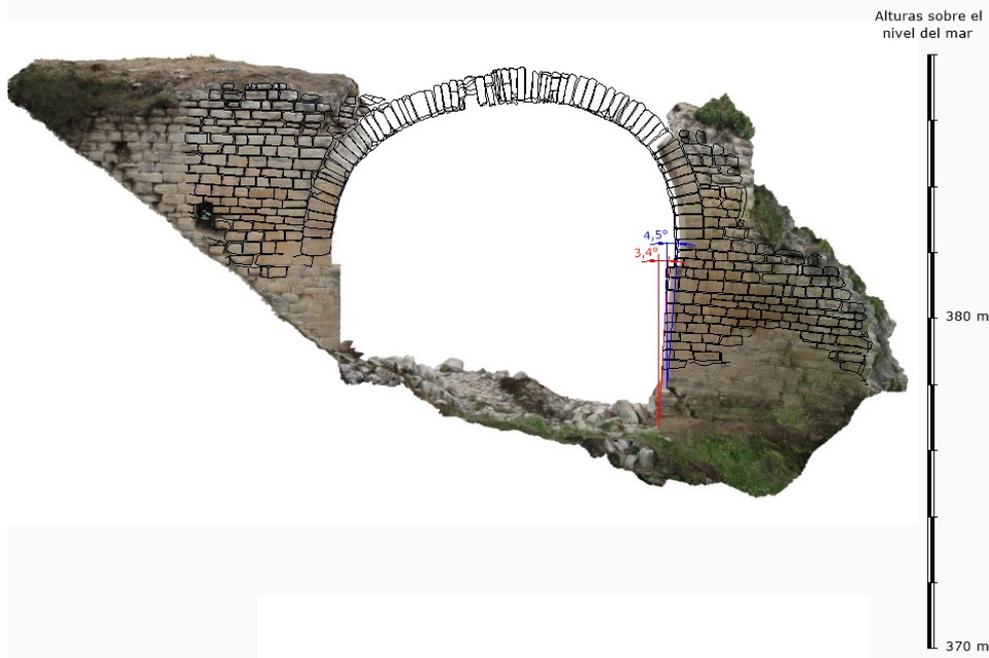


Fig. 23.- Valores angulares de la inclinación del pilar (aguas abajo).

En todo caso, estas estimaciones de la inclinación deben manejarse con cautela y considerarse sólo como valores de referencia. En efecto, el comportamiento del pilar incluye rotaciones no sólo en la dirección perpendicular al arco (es decir: «hacia el río») sino también en otros planos (de manera notable, se aprecia también una inclinación «hacia adelante») a los que hay que sumar desplazamientos en bloque y diferenciales en diferentes partes de la estructura. Todo lo anterior apunta a un comportamiento mucho más complejo del que se puede expresar con un único valor numérico aplicable al conjunto del pilar.

5.- CONTENIDO DIGITAL

El CD que acompaña este proyecto se organiza según la siguiente estructura de carpetas:

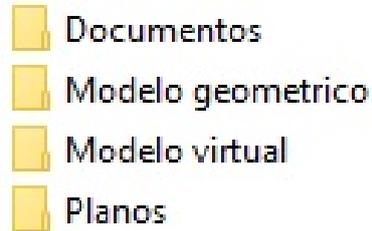


Fig. 24.- Contenido digital que acompaña esta memoria.

La información contenida es la siguiente:

- Documentos: copia de la presente memoria en formato PDF.
- Modelo geométrico: incluye el fichero con las entidades vectoriales del arco (despiece de sillares de 2017 y modelo de superficies de 2021), ortoimágenes y los planos maquetados en formatos DWG y DXF (ambos en versión 2013).
- Modelo virtual: modelo de superficies con texturas fotográficas de los restos del arco en el formato de intercambio OBJ.
- Planos: copias en formato PDF de los 2 planos (formato A1).

ANEXOS

Anexo I: Instrumental empleado

Las características técnicas y el certificado de calibración de la estación total utilizada se presentan a continuación:


GLOBALGEOSYSTEMS

Certificado de Verificación y Control

Emitido por laboratorio de Global Geosystems

Cliente	UNIVERSIDAD PAIS VASCO 01006 – Vitoria (Alava)	Nº de Certificado	2021-N-061
		Fecha Inspección	15.03.2021
Producto	TCR1205 R300	Nº Serie	213379
Nº Artículo	737436	Nº Equipo	1756827

Identificación de patrones

Ángulos: Colimador de ejes Leica modelo 381546 N° 0009945 con certificado CEM número 180320001.
Distancias: Línea base con centrado forzoso, 1 reflector y 1 diana de puntería con certificado CEM número 180320002.

Los certificados de nuestros patrones pueden ser descargados en el siguiente link:
http://www.global-geosystems.com/wp-content/uploads/2017/11/CEM_BILBAO.pdf

Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada por un factor de cobertura K=2, aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-PT-001
Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Global Geosystems PGG-TPS-002

Condiciones ambientales

Temperatura durante la revisión 22°C +/- 3°C.
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

Cálculo de resultados

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

GLOBAL Geosystems, S.L.
CIF B70140439
Calle Butroi, 1
48.160 – Derio Vizcaya
Teléfono 944676203

Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.
Página 1/2

Rúa da Xesta, 77 A
15.895 // Milladoiro // Ames
T: +34 902 922 564
info@global-geosystems.com
www.global-geosystems.com

- when it has to be right


■ Authorised Leica Geosystems Service Partner



GLOBALGEOSYSTEMS

Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto.
 No Valido Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto.

Mediciones

Error de entrada:

	M1
Desviación Hz (Gon)	0.0018
Desviación V (Gon)	0.0034
Desviación D1 (mm)	0.3
Desviación D2 (mm)	0.6

Error de salida:

	M1	M2	M3	M4	M5
Desviación Hz (Gon)	0.0003	0	0.0004	0.0005	0.0001
Desviación V (Gon)	0.0001	0.0003	0.0004	0.0005	0.0002
Desviación D1 (mm)	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4
Desviación D2 (mm)	0.5	0.6	0.4	0.7	0.6

Resultados:

	Entrada	Tolerancia	Salida	Incertidumbre
Desviación Hz (Gon)	0.0018	0.0015	0.0015	0.0006
Desviación V (Gon)	0.0034	0.0015	0.0015	0.0004
Desviación distancia (mm)				
Distanciómetro Infrarrojo	0.3	1 mm + 1,5 ppm	1	0.2
Distanciómetro Láser	0.6	2 mm + 2 ppm	2	0.3

Notas

- Terminología V: valor ángulo vertical.
Hz: valor ángulo horizontal.
D1: distancia conocida y certificada por el CEM (Distanciómetro Infrarrojo).
D2: distancia conocida y certificada por el CEM (Distanciómetro Láser).
Mx: número de medida realizada.

Global Geosystems S.L.

15.03.2021

Saray González
Técnico

GLOBAL Geosystems, S.L.
CIF: B76429439
Calle Buro, 1
48.160 - Dorio Vizcaya
Teléfono 944678203

Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin previa aprobación escrita de la entidad emisora.
Página 2/2

Rúa da Xesta, 77 A
15.895 // Milladoiro // Ames
T: +34 902 922 564
info@global-geosystems.com
www.global-geosystems.com

- when it has to be right

Leica
Geosystems

■ Authorised Leica Geosystems Service Partner

La cámara fotográfica utilizada para el registro desde el terreno tiene las siguientes características:



> Cámaras y Videocámaras > Cámaras LumixG

Cámara LUMIX GX800

COPIA EL URL
IMPRIMIR
X

Tipo	Tipo	Cámara sin espejo de objetivo único digital	
	Formato de grabación	Tarjeta de memoria microSD, tarjeta de memoria microSDHC, tarjeta de memoria microSDXC (compatible con las tarjetas de memoria SDHC/SDXC con estándar UHS-I)	
	Tamaño Sensor Imagen	17,3 x 13 mm (en relación de aspecto 4:3)	
	Soporte del objetivo	Montura para sistema de Micro Cuatro Tercios	
Sensor de imagen	Tipo	Live MOS Sensor	
	Píxeles totales	16,84 megapíxeles	
	Píxeles efectivos de cámara	16,00 megapíxeles	
	Filtro de color	Filtro de color primario	
	Filtro de ondas supersónico	Filtro de ondas supersónicas	
Sistema de grabación	Formato de grabación de ficheros	Imagen fija	JPEG (DCF, Exif 2.3), RAW, MPO (al acoplar un objetivo 3D en el estándar del sistema Micro Cuatro Tercios)
		Película	AVCHD (formato de audio: Dolby Audio de 2 canales), MP4 (formato de audio: AAC 2 canales)
	Relación de aspecto	4:3, 3:2, 16:9, 1:1	
	Calidad de imagen	RAW, RAW+Fino, RAW+Estándar, Fino, Estándar/MPO+Fino / MPO+Estándar (con objetivo 3D en estándar del sistema Micro Cuatro Tercios)	
	Espacio de color	sRGB, AdobeRGB	

En cuanto a la cámara portada por el dron DJI Mini 2 que se ha empleado, sus características son las siguientes:

Cámara

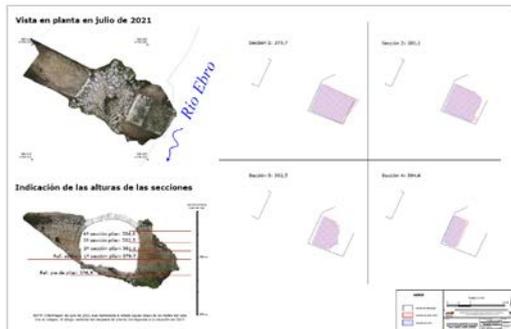
- **Sensor**
 - 1/2.3" CMOS
Píxeles efectivos: 12 MP
- **Objetivo**
 - FOV: 83°
Formato equivalente a 35 mm: 24 mm
Apertura: f/2.8
Rango de enfoque: 1 m a ∞
- **ISO**
 - Vídeo:
100-3200 (Auto)
100-3200 (Manual)
Fotos:
100-3200 (Auto)
100-3200 (Manual)
- **Velocidad de obturación**
 - Obturador electrónico: 4-1/8000 s
- **Tamaño máx. de imagen**
 - 4:3: 4000x3000
16:9: 4000x2250
- **Modos de fotografía**
 - Disparo único
Intervalo: JPEG: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
JPEG+RAW: 5/7/10/15/20/30/60 s
Exposición automática en horquillado (AEB): 3 horquillas de exposición a 2/3 EV bias
Panorámica: Esfera, 180° y Gran angular
- **Resolución de vídeo**
 - 4K: 3840x2160 a 24/25/30 fps
2.7K: 2720x1530 a 24/25/30/48/50/60 fps
FHD: 1920x1080 a 24/25/30/48/50/60 fps
- **Tasa máx. de bits de vídeo**
 - 100 Mbps

- **Rango de zoom**
 - 4K: 2x
 - 2.7K: 3x
 - FHD: 4x
- **Modos QuickShot**
 - Dronie, Espiral, Cohete, Órbita y Boomerang
- **Formatos de archivo compatibles**
 - FAT32 (≤ 32 GB)
 - exFAT (> 32 GB)
- **Formatos fotográficos**
 - JPEG/DNG (RAW)
- **Formatos de vídeo**
 - MP4 (H.264/MPEG-4 AVC)

PLANOS

Planos

Se han generado dos planos a escala 1:100 (formato A1), el primero de ellos incluye la planta y un conjunto de secciones a cuatro alturas significativas que muestran la variación sufrida entre 2017 y julio de 2021. El segundo plano presenta las vistas en alzado con ortofotografías de la situación de 2021 (aguas arriba, aguas abajo y alzado del interior del pilar) con el dibujo vectorial de 2017 sobreimpuesto para mostrar las variaciones.

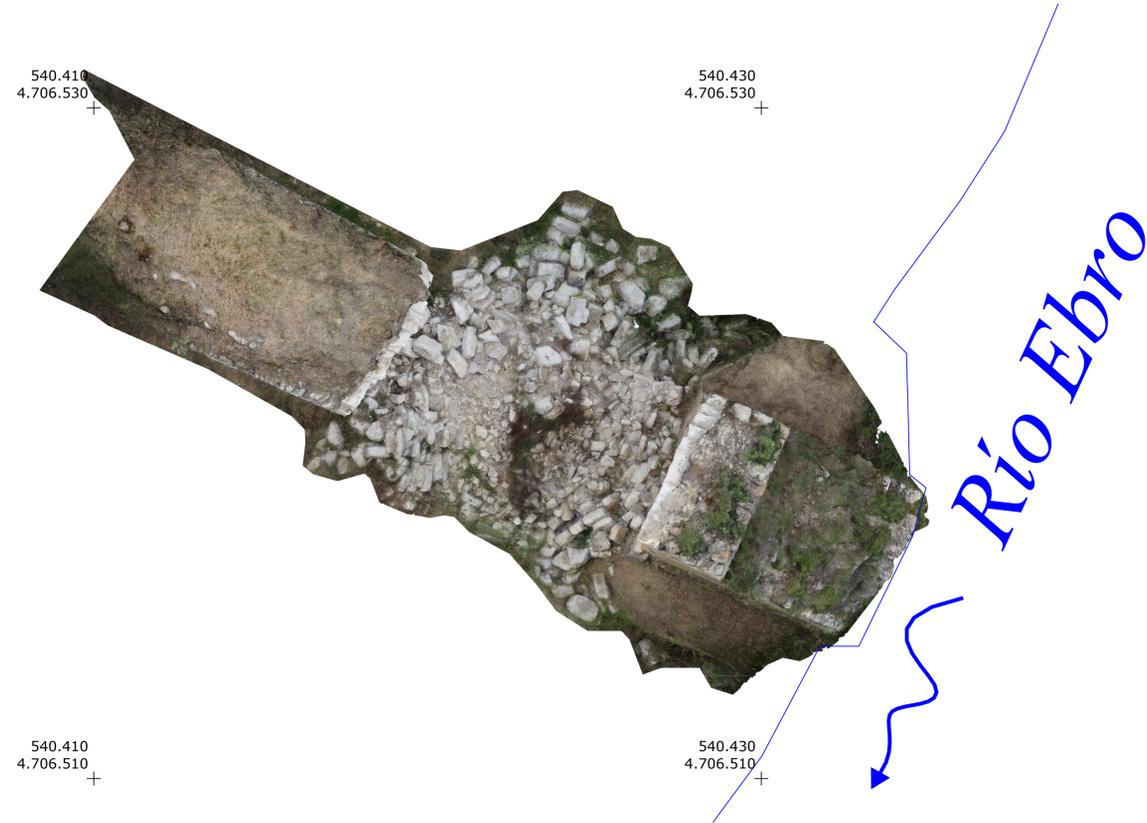


01.- Planta (1:100)

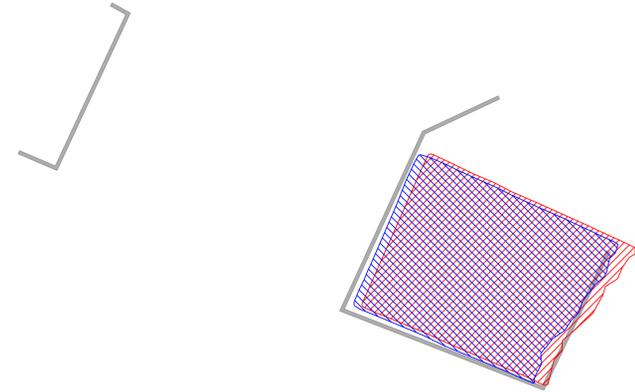


01b.- Planta (1:250)

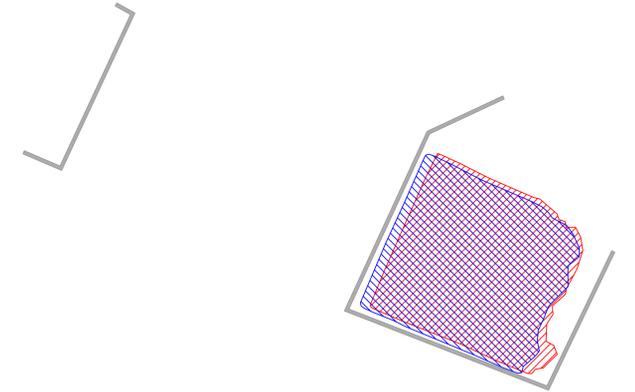
Vista en planta en julio de 2021



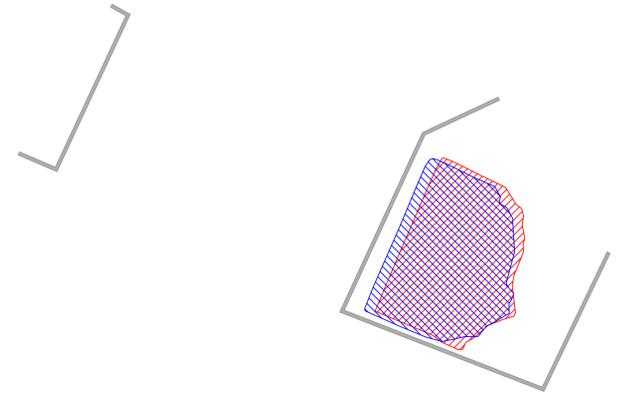
Sección 1: 379,7



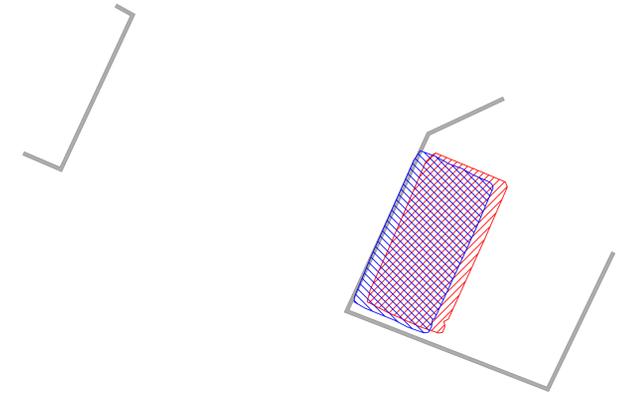
Sección 2: 381,1



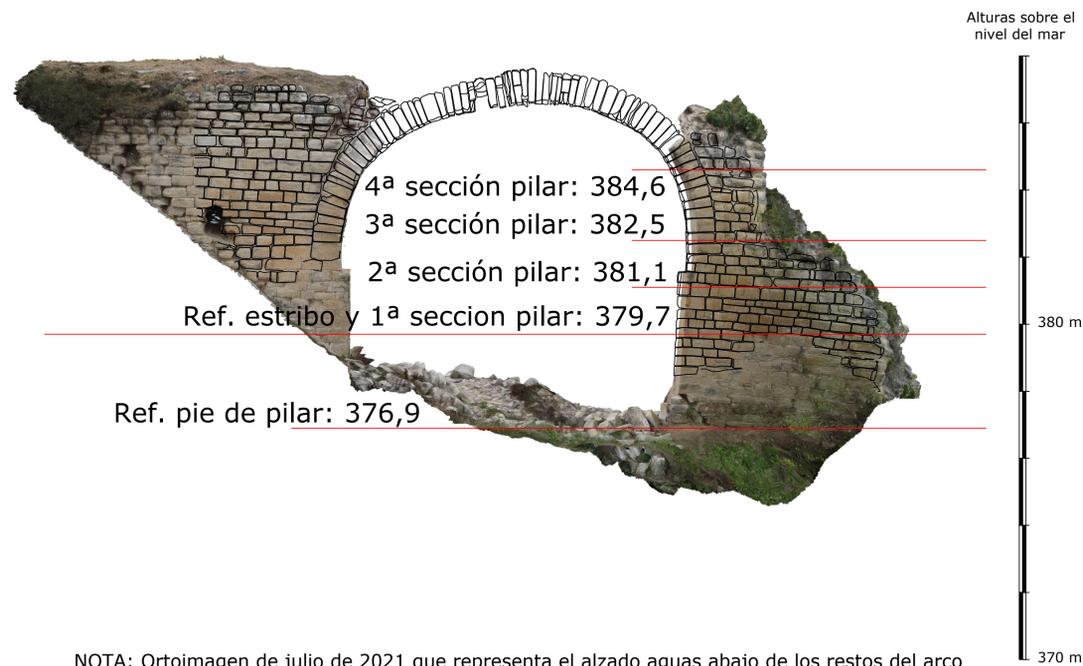
Sección 3: 382,5



Sección 4: 384,6



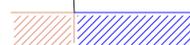
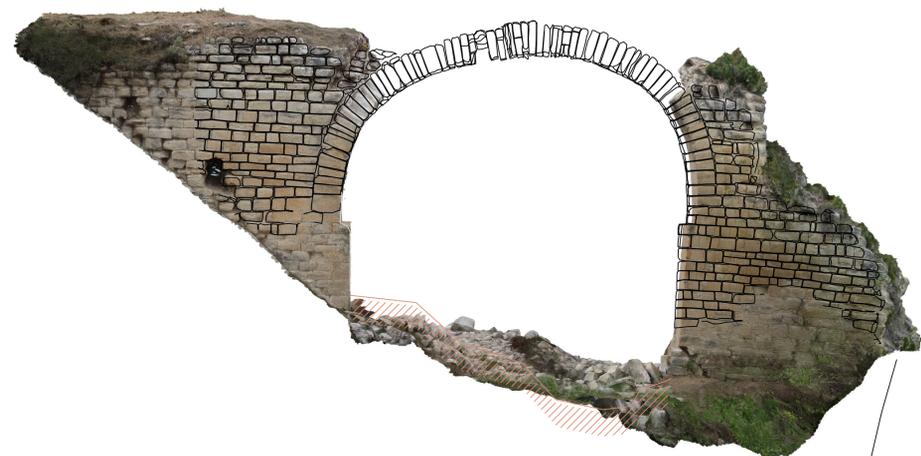
Indicación de las alturas de las secciones



NOTA: Ortoimagen de julio de 2021 que representa el alzado aguas abajo de los restos del arco tras el colapso. El dibujo vectorial del despiece de sillares corresponde a la situación en 2017.

Leyenda		Escala 1:100	
	Muros de referencia		
	Sección en julio 2021		
	Sección en 2017	LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU	
Proyecto: Documentación geométrica de los restos del arco derecho del puente de Mantible tras su colapso, Logroño (La Rioja)		Proyección y Datum: UTM huso 30 (ETRS89) Sistema de referencias alimétrico: Ortométricas (nivel del mar)	Resolución: 5 mm
Nombre del plano: Planta y secciones horizontales actuales y comparación con el estado en 2017		Nº del plano: 1	Fecha: Septiembre 2021

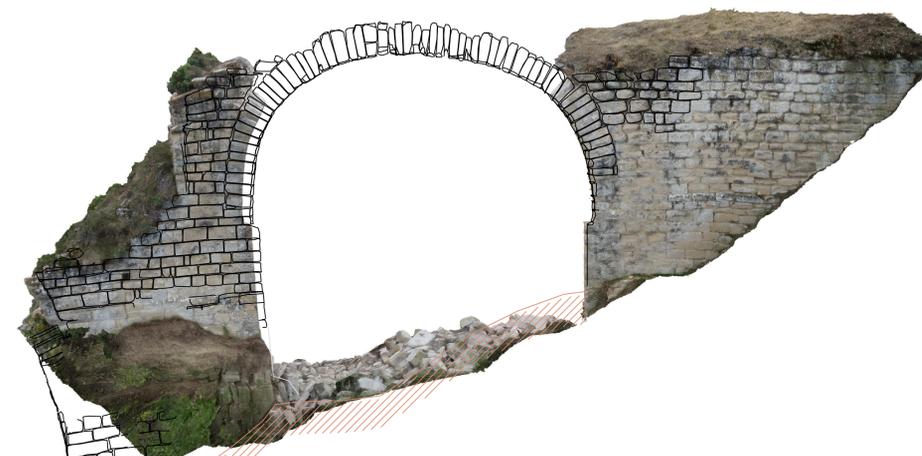
Ortoimágenes de julio de 2021 y dibujo vectorial de 2017



Alzado aguas abajo

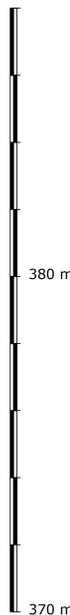


Alzado interior del arco del pilar

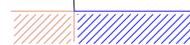


Alzado aguas arriba

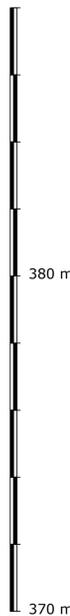
Alturas sobre el nivel del mar



Ortoimágenes de julio de 2021



Alturas sobre el nivel del mar



Leyenda (volumétrico de 2017)		Escala 1:100	
	Terreno		0 1 2 10 m
	Río		Modelo volumétrico (líneas visibles)
			Modelo volumétrico (líneas ocultas)

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU			
Proyecto: www.fgg.es	Proyección y Datum: UTM huso 30 (ETRS89)	Escala: 1 : 100	Resolución: 5 mm
Sistema de referencia altimétrico: Ortométricas (nivel del mar)		Nº del plano: 2	
Nombre del plano: Alzados del arco tras el colapso de 2021 y referenciado a la situación en 2017		Fecha: Septiembre 2021	



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV/EHU)

Centro de investigación Micaela Portilla
C/ Justo Vélez de Elorriaga 1, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).
Tfno: +34 945 013222 / 013264
e-mail: ldgp@ehu.es web: <http://www.ldgp.es>

