

Digitalización 3D en patrimonio industrial: retos metodológicos en el marco de una propuesta participativa

Olivia Lucia Sokol¹, Julia Servera²



© de las autoras

Recibido: 25/8/2024

Aceptado: 4/1/2025

Publicado: 2/5/2025

Resumen

Este artículo explora la aplicación de digitalización 3D en un proyecto de arqueología contemporánea en el hospital de cartón, un edificio de patrimonio industrial situado en La Vall Fosca (Lleida, España) y asociado con el desarrollo de una central hidroeléctrica en 1912. Desde el año 2017 se viene desarrollando un proyecto de recuperación y documentación en clave interdisciplinar, empleando hasta el momento dos técnicas de digitalización 3D para el registro y la conservación de artefactos y estructuras. El presente trabajo busca evaluar las capacidades y el impacto metodológico de estas herramientas, en tanto pueden contribuir a enriquecer distintos momentos de un proyecto de investigación propiciando el intercambio con actores locales. Así, a partir de la comparación entre el uso de fotogrametría y escáner de luz estructurada, evaluamos aspectos relevantes como su efectividad en términos de costos, precisión y tiempo insumido, en relación con una propuesta marco que tiene como norte la conservación comunitaria y la participación local, promoviendo una recuperación del patrimonio que es tanto inclusiva como sostenible. Finalmente, reflexionamos sobre el potencial de estas tecnologías para transformar la arqueología pública y la comunicación del patrimonio en contextos contemporáneos.

Palabras clave: fotogrametría; escáner de luz estructurada; modelos 3D; patrimonio cultural industrial; Vall Fosca; conservación; comunicación

Abstract. *3D digitization in industrial heritage: Methodological challenges in the context of a participatory approach*

This paper explores the use of 3D scanning techniques for a contemporary archaeology project at the Hospital de Cartón, an industrial heritage site in Vall Fosca (Lleida, Spain) linked to the construction of a hydroelectric power plant in 1912. Since 2017 an interdisciplinary recovery and documentation project has been underway, so far employing two 3D scanning techniques to scan and record various artifacts and structures. This paper aims to evaluate the capabilities and methodological impact of these digital tools, as they contribute to enriching various phases of a

1. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Arqueología (UBA, FFyL, IA). olivia.sokol@uba.ar; <https://orcid.org/0000-0001-5085-853X>.
2. Arqueóloga, conservadora y restauradora independiente. juliaservera94@gmail.com.

research project, including promoting exchanges with local actors. Through comparison between photogrammetry and structured light scanning, we assess essential aspects such as cost-effectiveness, accuracy and time taken against a framework that prioritizes local conservation and the involvement of the community. This aims to ensure heritage is preserved in a way that is both inclusive and sustainable. Finally, we reflect on the potential of these technologies to transform public archaeology and heritage management in contemporary contexts.

Keywords: photogrammetry; structured light scanner; 3D models; industrial cultural heritage; Vall Fosca; conservation; communication

SOKOL, Olivia Lucia y SERVERA, Julia (2024). «Digitalización 3D en patrimonio industrial: retos metodológicos en el marco de una propuesta participativa». *Treballs d'Arqueologia*, 27, 263-287. DOI: 10.5565/rev/tda.161

1. Introducción

La digitalización 3D es una herramienta relevante en la práctica arqueológica contemporánea, puesto que no solo permite la documentación y la preservación del patrimonio, sino también la creación de nuevas formas de comunicación y acceso al conocimiento. Estos avances tienen un desarrollo muy visible y estudiado a nivel tecnológico o didáctico (Arias et al., 2022; Champion y Rahaman, 2019; Daly y Evans, 2006; Reilly, 1991, 1992; Štular y Štuhec, 2015; Torres et al., 2010, entre otros). Sin embargo, los estudios vinculados a la vertiente más comunitaria o participativa de la arqueología digital son aún incipientes, por lo que consideramos necesario profundizar en esta línea de investigación. Nuestro enfoque busca contribuir a nivel metodológico añadiendo una nueva capa en clave sostenible en este campo (Bonacchi y Moshenska, 2015; Da Silva Martiré y Carvalheiro Porto, 2022; Peinado-Santana et al., 2021). Así, este trabajo se inscribe en el debate actual sobre los retos y las potencialidades sociales de la arqueología digital, destacando su capacidad como herramienta para hacer

más accesible el conocimiento arqueológico y su competencia para generar propuestas participativas (Huggett et al., 2018; Richardson, 2013, 2014a; Wichers et al., 2017).

Presentamos un análisis comparativo de la digitalización de materiales arqueológicos mediante fotogrametría y escáner de luz estructurada, a partir de la experiencia realizada en el hospital de cartón de Capdella, un edificio de patrimonio industrial (Boneta i Carrera, 2003; Remacha Acebrón, 2021) y sus colecciones (Pastor Pérez y Remacha Acebrón, 2024a, 2024b), actualmente bajo el resguardo del Museo Hidroeléctrico de Capdella (ambos ubicados en La Vall Fosca, Lleida). La digitalización en particular es un proceso continuo que llevamos adelante desde el año 2022, vinculado al desarrollo del proyecto comunitario, que incluyó etapas de excavación, conservación, diálogo y participación comunitaria en distintas instancias, como talleres. La comparación de las técnicas de fotogrametría y escáner tiene como objetivo optimizar la implementación de ambas técnicas. Este análisis parte de la evaluación de factores como el tipo de material, el método de captura de

datos (escaneo o fotografías), los tiempos y los requerimientos de posprocesamiento y los recursos económicos y los materiales necesarios para su ejecución. Ponderando cada técnica, este estudio invita a pensar acerca de las instancias de sostenibilidad en la digitalización en sitios de arqueología contemporánea, desarrollados con un enfoque en la conservación, la restauración y la participación activa de la comunidad local en la promoción y la valorización del patrimonio.

Este análisis metodológico busca ser un punto de partida para reflexionar sobre las implicaciones de estas prácticas en la gestión y la conservación del patrimonio industrial y la memoria histórica en contextos contemporáneos (González Ruibal y Ayán Vila, 2018). Así, nos preguntamos sobre los vínculos entre la arqueología pública, la democratización del conocimiento arqueológico a través de la participación comunitaria, la comunicación y la preservación de los recursos. Abordamos cómo estos recursos arqueológicos pueden pensarse poniendo a las comunidades locales en foco y actuando en beneficio de los actores involucrados y su patrimonio. En este sentido, la digitalización 3D representa un avance tecnológico, al mismo tiempo que su acercamiento procesual y sus distintos usos con y para la sociedad se presentan como una herramienta para la inclusión y el empoderamiento comunitario a corto y largo plazo. Esto se manifiesta en primer lugar a través de actividades de participación directa en los procesos de digitalización, donde los miembros de la comunidad aprenden técnicas de digitalización y contribuyen activamente a promover la documentación de su propio patrimonio. Y a su vez, aumenta la participación y la capacidad de incidir en la práctica de conservación digital y los conecta

de manera práctica y vivencial con el patrimonio, lo que puede conllevar nuevas formas de apropiación del pasado.

La digitalización 3D, más allá de ser una herramienta técnica que permite obtener nuevas visualizaciones, puede evochar en el espectador las acciones y las experiencias que dieron origen a los objetos, proporcionando una visión más amplia y profunda de ese pasado (Wichers et al., 2017). En esta línea, nos interesa resaltar las potencialidades para un campo emergente como es la arqueología pública digital, que se encuentra en la intersección de ambas propuestas (Bonacchi y Moshenska, 2015). Este campo promueve la participación pública en el proceso arqueológico a través de medios interactivos y accesibles, cuestiona la unidireccional de la comunicación, busca democratizar la producción y el acceso al conocimiento arqueológico y promueve que tanto profesionales como aficionados colaboren en la creación y la difusión de datos.

Sin embargo, la implementación de propuestas de arqueología pública digital enfrenta diversos desafíos, lo que resalta la necesidad de realizar una evaluación crítica de su impacto y su sostenibilidad a largo plazo (Bonacchi y Moshenska, 2015). A pesar de las promesas de apertura y democratización del conocimiento que suponen las nuevas tecnologías para hacer accesible el patrimonio (Hodder, 2008; Richardson, 2014a), persisten distintos niveles de desigualdades en el acceso efectivo a las herramientas digitales. Especialmente se ve rerudecido en regiones con infraestructura limitada o en comunidades marginadas (Vinelli y Suárez, 2023), en donde, en ocasiones, su implementación termina por generar incluso más asimetrías sociales (Di Tullio, 2023).

Además, su desarrollo en espacios con pasados invisibilizados o en museos locales con colecciones pequeñas requieren mayores esfuerzos, ya que los recursos generalmente son limitados y reducidos, lo que restringe la capacidad de las instituciones y las personas investigadoras para llevar a cabo proyectos en el ámbito digital (Pastor Pérez y Ruiz Martínez, 2020; Prats, 2011, 2005; Salerno, 2014; Sokol y Salerno, 2023; etc.). Frente a este contexto, muchos estados implementan políticas y marcos legales que promueven iniciativas (por ejemplo: repositorios abiertos), con el objetivo de dar mayor visibilidad y alcance a la producción científica, tecnológica y académica, que cabe aclarar, si son interrumpidas o se planifican sin visión de largo plazo, también ponen en riesgo la sostenibilidad de los proyectos, así como el mantenimiento y la actualización de las infraestructuras necesarias (Del Río Riande, 2022).

En este marco, asumimos que el papel transformador de la arqueología digital (Huggett et al., 2018) puede desafiar y renovar la teoría y la práctica de la disciplina, especialmente a nivel de arqueología comunitaria, contribuyendo así a practicar una arqueología más inclusiva, accesible y «desde abajo» (Faulkner, 2000). Para ello es necesario desarrollar estrategias en arqueología digital que sean adaptables y contextualizadas, enfocadas a una participación pública más amplia que involucre a todos los actores interesados en el patrimonio y que avance hacia los objetivos de democratización del conocimiento (Hodder, 2008).

De este modo, exponemos este trabajo en tres partes. En primer lugar, analizamos el papel de lo digital en arqueología en el marco de propuestas de comunicación pública del pasado y proyectos parti-

cipativos. En segundo lugar, desarrollamos las distintas instancias de digitalización en el proyecto marco del hospital de cartón de Capdella. En tercer lugar, comparamos las técnicas de fotogrametría y escáner para la digitalización de materiales arqueológicos contemporáneos. Finalmente, problematizamos las distintas aplicaciones digitales realizadas hasta el momento, sus ventajas y desventajas, para cerrar explorando otras proyecciones en el marco de estas y de futuras aplicaciones de este sitio y su extrapolación a otros proyectos.

2. ¿Digitalizar para qué y para quién? Comunicación pública, participación y arqueología digital

Abordar propuestas de digitalización en los estudios del pasado requiere una planificación clara y fundamentada que justifique la inversión de tiempo y recursos en su aplicación. Actualmente podemos hablar de una arqueología digital integrada en todos los aspectos de nuestro quehacer arqueológico —ya que casi todos los procesos de investigación están digitalizados, desde las libretas de campo virtual hasta el uso de SIG, pasando por la digitalización de sitios, objetos, estructuras, etc.—, puesto que ahora los arqueólogos «hacemos arqueología digitalmente» (Opgenhaffen, 2021). Todo ello requiere de conocimiento y habilidades variadas, pero, en particular, la digitalización 3D de materiales arqueológicos demanda capacitación específica y recursos que, a menudo, son difíciles de sostener en el tiempo (hardware de alta capacidad, software actualizado, formación continua en disciplinas ajenas como diseño 3D, animación, fotografía, etc.).

En este contexto, además de ser una herramienta que permite actualizar y visualizar el pasado de otros modos, también se convierte en un recurso que puede incidir en aspectos teórico-metodológicos de la disciplina arqueológica (Huggett, 2012; Morgan, 2022; Stobiecka, 2018). El mayor uso de visualizaciones digitales está cambiando el modo de hacer arqueología en la actualidad (ver, por ejemplo, Mazzacca et al., 2023), y esta empieza a requerir la fusión de distintos tipos de realidades al tiempo que amplía la participación (Zubrow, 2006). En este sentido, creemos necesario considerar la digitalización en arqueología desde un enfoque más amplio, en particular, como elemento que puede nutrir el diálogo y la comunicación con diversos actores en torno a la construcción de narrativas sobre el pasado (Richardson, 2013; Sokol y Salerno, 2023).

Destacamos así la relevancia de integrar propuestas de digitalización en iniciativas de arqueología pública y arqueología comunitaria, ya que estas buscan democratizar el conocimiento y establecer puentes entre la investigación académica y las comunidades locales. Dichas iniciativas se proponen como procesos de comunicación bidireccionales, donde el conocimiento arqueológico se construye y se negocia en conjunto con una pluralidad de actores que pueden aportar interpretaciones multivocales (García Canclini, 1999; Hodder, 2008; Holtorf, 2002). De esta manera el patrimonio puede ser entendido más allá de un objeto físico, un sitio específico o un evento intangible, como una representación, una construcción o un proceso cultural que implica la negociación, la creación y la recreación de recuerdos, valores y significados culturales (Smith, 2011). Este proceso a menudo se ve oscurecido por el discurso patrimonial

autorizado (y, dentro de este, el académico), que simplifica el patrimonio como aquellos elementos que representan el pasado y una identidad cultural (Pastor Pérez y Ruiz Martínez, 2020; Richardson, 2014b; Stobiecka, 2020). Nos alejamos de estas últimas perspectivas y sus consecuentes recortes sobre qué preservar, qué recordar, cómo gestionar o exhibir o narrar ese pasado. Por el contrario, nos preguntamos acerca de las implicancias de las aplicaciones tecnológicas en procesos participativos, en donde se establecen interacciones entre personas e instituciones interesadas en el patrimonio. Desde nuestro punto de vista, estos procesos suponen generar nuevos instrumentos conceptuales y metodológicos para analizar las interacciones entre lo público y lo privado; lo tradicional y lo moderno, y lo gratuito y lo comercial en el marco de la digitalización del patrimonio arqueológico.

El enfoque al que suscribe este trabajo radica en asegurar que el cuidado del patrimonio cultural e histórico sea inclusivo y promueva su apropiación colectiva, en propuestas donde la participación sea estructurada pensando a los actores involucrados como sujetos activos y no como objetos pasivos de las implementaciones. Cuando el participante lo es en calidad de objeto, o cuando su participación tiene solo carácter consultivo (Delfino y Rodríguez, 1991), es muy difícil que se creen condiciones para compartir y significar el presente a través de la recuperación y la relectura del pasado. En este sentido, adoptamos una perspectiva que subraya la importancia del intercambio y el diálogo en todos los procesos que dan forma al patrimonio, involucrando tanto a expertos como a la comunidad, permitiendo así que los actores y los públicos involucrados reconozcan y se apropien del patrimonio en

su propio contexto social, histórico, político y económico (Harrison, 2018). Es crucial desafiar las «duras convenciones» que ocultan el contexto de las luchas académicas y cuestionar críticamente las certezas y la construcción de hechos científicos, así como también abrir espacios para que colectivos diversos se organicen, propongan nuevas interpretaciones y participen en una arqueología que se descentralice para enfrentar problemas reales (Roca, 2011). En este sentido, consideramos que es posible ser críticos y reflexivos sobre la función social y política de la arqueología, sin caracterizar a los públicos como una masa homogénea a la cual debemos incluir forzosamente en el intercambio en nuestra búsqueda de multivocalidad. Abrir estos espacios a diferentes actores no implica desempoderar a la arqueología (González Ruibal, 2017); consideramos que, por el contrario, abordar con prudencia los desafíos de la participación comunitaria para evitar simplificaciones e idealizaciones tiende a enriquecer su rol en debates públicos que superan los límites del patrimonio tradicional.

La arqueología digital, en línea con lo anterior, emerge como un campo de gran impacto para la conservación del patrimonio mediante tecnologías innovadoras (De Guichen, 2021), así como una herramienta facilitadora de la participación activa de una variedad de actores interesados en conocer un aspecto de la materialidad del pasado. La digitalización 3D, en particular, permite la creación de narrativas conjuntas, promoviendo en muchos casos un acceso abierto a los modelos digitales y fomentando un diálogo inclusivo sobre el patrimonio cultural. Así, la arqueología pública digital (Bonacchi y Moshenska, 2015; Richardson, 2013) se posiciona en la intersección entre arqueo-

logía, tecnología y sociedad, impulsando un enfoque inclusivo y accesible para la gestión del patrimonio y la comunicación del pasado. Asimismo, la dimensión colaborativa se fortalece con el uso de tecnologías digitales que promueven la creación de espacios participativos donde el pasado se reinterpreta colectivamente (Pastor Pérez y Remacha Acebrón, 2024a, 2024b), facilitando así una comprensión más inclusiva y diversa del patrimonio.

El uso de la digitalización 3D en la arqueología contemporánea amplía las posibilidades, tanto para la investigación como para la participación del conocimiento del pasado. Las representaciones digitales permiten acceder a materiales que de otro modo serían inaccesibles o invisibles. Estas herramientas acercan el patrimonio a una audiencia más amplia, a la vez que evocan a la complejidad cultural que dio origen a estos objetos (Wichers et al., 2017), ofreciendo una experiencia inmersiva en el pasado a través de una vivencia sensorial más rica (Eve, 2012; Forte y Gallese, 2014; Price y Koontz, 2013). En este sentido, a través de la digitalización se puede fomentar la multivocalidad y el pluralismo, al tiempo que cambia la definición misma de cómo pueden estructurarse y presentarse los datos, redefiniendo quién puede participar en un proceso interpretativo e informado del pasado (Daly y Evans, 2006).

La inversión de tiempo, recursos y aprendizaje en la digitalización 3D ha sido fundamental para fomentar una participación y una construcción conjunta del conocimiento sobre el pasado reciente. Este enfoque es central en el proyecto marco desde sus inicios. Aquí presentamos las digitalizaciones realizadas en el hospital de cartón de Capdella, utilizando un enfoque comparativo para evaluar

la utilidad de diferentes metodologías, como el escaneo 3D y la fotogrametría. Nuestro análisis considera tanto aspectos técnicos como los desafíos específicos del sitio y el contexto de colaboración con actores locales en actividades de restauración, conservación y digitalización.

Partiendo de estas ideas, la digitalización que venimos implementando en el caso del hospital de cartón de Capdella no se limita a ser una herramienta técnica para alcanzar un fin, sino que se convierte en un medio para lograr objetivos más amplios. Estos buscan recuperar el pasado, revalorizar lo invisible y construir una participación activa con diversos actores locales, como los pobladores del valle, los segundos residentes, los museos de la zona, las asociaciones culturales, así como las escuelas y los investigadores locales y no locales, entre otros. Así, el proceso de digitalización se integra de manera significativa en un esfuerzo colaborativo documental y genera nuevas formas de interpretar y relacionarse con el patrimonio cultural de La Vall Fosca, como veremos en la siguiente sección, donde explicamos algunos aspectos fundamentales del proyecto.

3. El proyecto del hospital de cartón de Capdella

Desde el año 2021 se desarrolla un proyecto de restauración y arqueología comunitaria en La Vall Fosca, un valle rural del Pirineo catalán caracterizado por profundas transformaciones socioculturales en los últimos cien años (Boneta i Carrera, 2003) (figura 1). En este contexto, se encuentra el hospital de cartón, un edificio prefabricado de principios del siglo

xx, destinado a asistir a los obreros que trabajaron en la construcción de la central hidroeléctrica y sus infraestructuras, y que se sitúa en el antiguo campamento obrero de la Central de Capdella (figura 2). A lo largo de su historia, el hospital pasó por diferentes etapas y usos, lo que generó un rico legado de memorias colectivas en la comunidad de La Vall Fosca. Este representa un ejemplo único de arquitectura modular de la época, que fue pionera en Europa (Remacha Acebrón, 2021).

El proyecto actual, iniciado por el Museo Nacional de la Ciencia y la Técnica de Cataluña (MNACTEC), el Ayuntamiento de la Torre de Capdella y el Museo Hidroeléctrico de Capdella (dependiente del Ayuntamiento e integrado en la red de museo del MNACTEC), se conforma por un equipo de arquitectas, conservadoras, restauradoras y arqueólogas. Se trata de un proyecto multidisciplinar e integral con dos ejes principales: por un lado, las acciones de conservación y restauración del edificio, y, por otro, un proyecto de arqueología y conservación comunitaria que permita recuperar la memoria viva de las comunidades locales, tanto del edificio como de su contexto sociocultural (Remacha Acebrón y Pastor Pérez, 2023). El objetivo es restaurar el edificio y resignificar su valor cultural mediante una conservación comunitaria que involucre activamente a los habitantes de la región. En este marco se vienen desarrollando acciones participativas como talleres y jornadas de socialización, donde se integran las narrativas locales en el proceso de conservación³, reconociendo la importancia de los objetos y de los recuerdos asociados al hospital para generar un conocimiento cocreado y sostenible que

3. Proyecto HidroPats! Itineraris patrimonials a la Vall Fosca: <<https://hidropats.wordpress.com/>>.

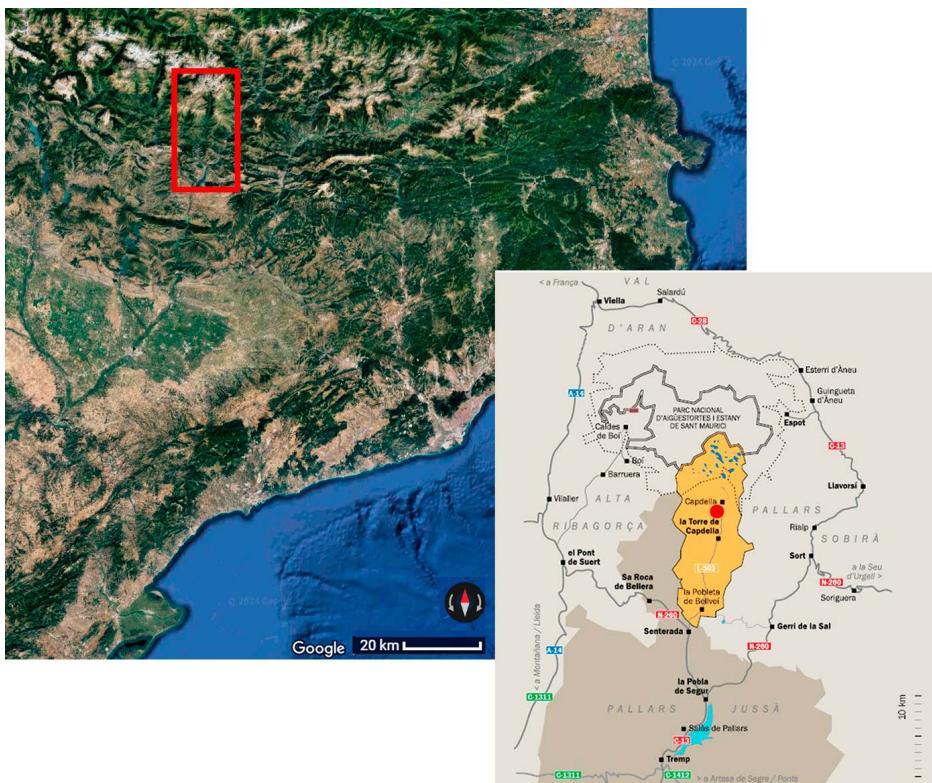


Figura 1. Mapa con la localización del hospital de cartón en La Vall Fosca. Fuente: Google Maps y Refugio Tacita

respete y enriquezca el tejido social de La Vall Fosca. En algunas de estas jornadas se realizaron las primeras digitalizaciones 3D de materiales del presente trabajo.

A partir de julio de 2023, y en el marco de unas jornadas ligadas al proyecto HidroPats! de itinerarios culturales, se desarrollan una serie de trabajos de digitalización, tanto del propio edificio como de los materiales encontrados en las diferentes intervenciones (figura 3). Los objetivos con el uso de estas técnicas fueron dar soporte tanto a las tareas de conservación y restauración como a las de investigaciones arqueológicas, y, a su vez, experimen-

tar y ofrecer, en los talleres comunitarios de arqueología pública, nuevas maneras de divulgar tanto la historia del sitio como las tareas que se están realizando en el marco del proyecto y ofrecer nuevas interacciones y reflexiones en torno a los materiales y al propio hospital.

4. Contexto socioeconómico y cultural de La Vall Fosca

Para entender las características y la metodología aplicadas en dicho proyecto, es importante realizar unos breves apuntes



Figura 2. Foto del hospital de cartón tomada en mayo de 2024. Fuente: A. Pastor

sobre las características socioeconómicas y culturales de La Vall Fosca que determinan su carácter marcadamente rural y, en algunas cuestiones, aislado.

Su situación en la comarca del Pallars Jussà, en la provincia de Lleida, lo convierte en un territorio singular que combina paisajes de alta montaña con un rico patrimonio cultural, resultado de siglos de interacción entre sus habitantes y su entorno natural de difícil acceso, pero de gran riqueza en recursos. Este valle, cuyo nombre evoca la escasez de luz en sus recónditos rincones, ofrece una ventana única para explorar la evolución socioeconómica y cultural de una comunidad que osciló entre las actividades tradicionales de subsistencia y las transformaciones impuestas por la industrialización (Boneta i Carrera, 2003).

La economía de La Vall Fosca estuvo dominada históricamente por la agricultura de montaña basada en los cultivos de subsistencia y la ganadería extensiva. Estas actividades definieron el modo de vida de

las pequeñas comunidades, organizadas en núcleos dispersos y autosuficientes. Sin embargo, a finales del siglo XIX y principios del XX, la industrialización llegó a La Vall Fosca en forma de proyectos hidroeléctricos. Este proceso marcó un cambio radical en la estructura socioeconómica de la región. El inicio de las obras de construcción de la central hidroeléctrica de Capdella, inaugurada en 1914, transformó no solo el paisaje natural, sino también el social y económico. La llegada de trabajadores de diversas regiones de España para participar en la construcción de infraestructuras como presas, canales y centrales generó un aumento demográfico temporal. Estas nuevas comunidades obreras, organizadas en torno a las necesidades de las obras, son un testimonio tangible de cómo la industrialización intervino en territorios rurales de difícil acceso (Boneta i Carrera, 2003).

Cabe destacar también, y aún se produce en la actualidad, que la explotación hidroeléctrica supuso una fuente importante de ingresos para los municipios de La



Figura 3. Jornada de transferencia sobre fotogrametría en el marco del proyecto HidroPats!
Fuente: Sandra Luque. Ajuntament de la Torre de Capdella

Vall Fosca, aunque también acarreó conflictos derivados del control de los recursos hídricos y el impacto ambiental sobre los pastos y el paisaje. Este contexto económico dual (entre la tradición agrícola y la modernidad industrial) sigue marcando la memoria colectiva del valle. En la actualidad, La Vall Fosca enfrenta retos asociados al despoblamiento rural y al abandono de las actividades agrícolas tradicionales, fenómenos comunes en zonas de alta montaña. Sin embargo, el creciente interés por

el patrimonio industrial y la puesta en valor de sus paisajes y de sus tradiciones culturales representan una oportunidad para revitalizar la economía local a través del turismo sostenible y proyectos de digitalización y difusión del patrimonio (Pastor Pérez y Remacha Acebrón, 2024a, 2024b).

4.1. La experiencia colaborativa

Como mencionamos en la introducción, la digitalización del patrimonio cultural

está generando debates que van más allá de las cuestiones metodológicas y en los que se abordan aspectos como su utilidad, su accesibilidad y su sostenibilidad a medio y largo plazo, así como los desafíos derivados de su rápida obsolescencia (Gómez Cruz, 2022). El contexto sociocultural, de corte rural, que presentan La Vall Fosca y sus habitantes permite explorar, analizar y abordar de forma integral la cuestión de la socialización de la digitalización. Desde el año 2017 (figura 4), se vienen realizando una serie de trabajos de digitalización relacionados con las tareas de conservación y restauración, que se centran principalmente en el edificio y que desde el comienzo se concibieron como un soporte más para las profesionales que intervienen directa o indirectamente en el sitio: se documenta de manera progresiva y en función de las necesidades y siempre adaptándose a la propia estructura (el hospital de cartón se encuentra y

se encontraba en el inicio de los trabajos en un estado delicado de conversación que ha dificultado en algunos casos la correcta toma de datos). Esto llevó a la imposibilidad de plantear un proyecto de digitalización integral de todo el edificio. En su lugar se desarrolló en un proceso paulatino, por etapas, adaptado y de la mano de las acciones de conservación y restauración mencionadas.

En este marco se desarrollaron diversos talleres abiertos a pobladores locales, donde se prepararon una serie de herramientas como platos fotográficos de diferente tipo, gafas de realidad virtual, ordenadores con los que la gente pudiese interactuar, gestionar imágenes y crear sus propios modelos 3D. El objetivo fue que conocieran el funcionamiento de estas herramientas, entendieran qué recursos digitales podrían obtener y, principalmente, que participaran en la construcción de nuevas formas de conocer y experimentar



Figura 4. Taller comunitario de fotogrametría en una de las salas del Museo Hidroeléctrico de Capdella. Fuente: A. Pastor

en relación con su propio patrimonio cultural. Paralelamente se continuaron las digitalizaciones y más recientemente se incorporaron modelos realizados a partir de escáner de luz estructurada, las cuales se realizaron a partir de una colaboración entre Buenos Aires y Barcelona (una experiencia de intercambio de investigación), en el espacio de los OpenLab de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).

Es importante recalcar el marcado carácter rural de la zona y, por lo tanto, la limitación de recursos por lo que respecta a cobertura, medios digitales, etc.; todo ello sumado a un elevado nivel de edad media de la población. Estos factores marcaron la manera en que planteamos estos primeros talleres y los resultados digitales de los mismos: gran parte de los asistentes desconocía por completo la técnica de la fotogrametría, su utilidad o funcionamiento, muy pocos habían experimentado el uso de gafas de realidad virtual y su aplicación en el patrimonio cultural, a pesar de conocer su existencia. En los siguientes apartados hacemos una revisión y una comparación de las dos técnicas empleadas en el momento de realizar el proyecto.

5. Digitalización en el hospital de cartón: fotogrametría y escáner de luz estructurada

Existe una abundante literatura que documenta diversos usos e impactos de aplicaciones y técnicas 3D en arqueología (Costopoulos, 2016; Forte y Gallesse,

2014; François et al., 2021; Kantaros et al., 2023; Reilly, 1992; Rodríguez López, 2014; Torres et al., 2010, entre muchos otros). En particular, el presente análisis se enfoca en su aplicación dentro del ámbito del patrimonio arqueológico contemporáneo y en un proyecto que, como mencionamos, se distingue por tener como eje central la participación en la construcción del conocimiento, enfatizando en la participación de actores locales. A través de estas instancias de intercambio, se generan modelos digitales y se promueven procesos de memoria colectiva que fortalecen la comunicación pública de la arqueología, subrayando la dimensión participativa como base fundamental del proyecto.

Entre 2021 y 2024 se llevaron adelante más de 40 digitalizaciones de objetos provenientes de diversos contextos y se obtuvieron distintos resultados⁴. Así, 9 piezas fueron digitalizadas a partir de fotogrametría en talleres participativos, y 35 piezas, a partir de escáner de luz estructurada en OpenLab (UAB)⁵. Se trata de materiales mobiliarios, elementos relacionados con el día a día de las distintas personas que fueron ocupando este espacio. Por ejemplo, encontramos objetos que pertenecen al ámbito de la medicina contemporánea (no la relacionada con el periodo de uso del hospital de principios de siglo), cartelería de eventos, pintura de exteriores y algunos juguetes. Como se observa, los materiales son de distinta composición (plástico, metal, papel, aluminio).

A partir de estas experiencias proponemos comparar las metodologías de di-

4. Las piezas digitalizadas están siendo seleccionadas para definir las que se publicarán en línea en función de las propuestas del proyecto marco. Algunas de ellas se encuentran disponibles en <<https://sketchfab.com/search?q=hidropats&type=models>>.
5. Son ecosistemas de innovación abierta, con enfoque sistemático de cocreación entre usuarios, para resolver retos sociales del territorio. Más información en <<https://www.uab.cat/open-labs/>>.

gitalización implementadas teniendo en cuenta las ventajas y las desventajas técnicas, de costos, de mantenimiento, de aplicabilidad a las propuestas de este proyecto, ponderando su utilización como productos finalizados para diversas actividades y con un análisis transversal de la sostenibilidad de los mismos. A continuación, presentamos distintas instancias del trabajo realizado y de sus especificidades, como la toma de datos, el procesado, el posprocesado y la optimización de modelos 3D.

5.1. Toma de datos

Para la fotogrametría la toma de datos se realizó con una cámara Canon EOS 6D Mark II, con un objetivo Canon 50mm y un filtro polarizado, en unas condiciones de luz controladas mediante una caja de luz y un foco LED y una mesa rotatoria con movimiento programado (figura 5). Este sistema permite una toma de datos sistemática, con una imagen cada 15° y un ángulo de elevación de 60° en anverso y reverso, creando una esfera de imágenes

alrededor del objeto. Las características materiales, las medidas y el estado de conservación óptimo de las piezas a digitalizar permitieron realizar dicho proceso sin dificultad. En el caso del escaneo, se realizó a partir de Escáner 3D Portátil GoSCAN (Go! SCAN 20 y 50, piezas más pequeñas y más grandes respectivamente). La captura se hizo con el paquete de aplicaciones y la plataforma de software de medición 3D VXElements[®], se trata de un software de pago al que tiene acceso el proyecto de investigación a través del OpenLab de la UAB (figura 6).

5.2. Procesado

En el caso de la fotogrametría, debido a una toma de datos sencilla y de buena calidad, no fue necesario ningún tipo de procesado a nivel de imagen de las fotos tomadas, lo que aceleró y facilitó la generación de los modelos. Para la creación del modelo 3D (malla y textura) se escogió el software fotogramétrico Reality Capture[®], propiedad de la empresa Epic Games[®].



Figura 5. Toma de datos mediante fotografía en la caja de luz, con el procesado posterior para generar el modelo 3D. Izquierda: toma de datos de la lámpara pieza 4 (en la tabla 1). Derecha: procesado de fotografías. Fuente: A. Pastor

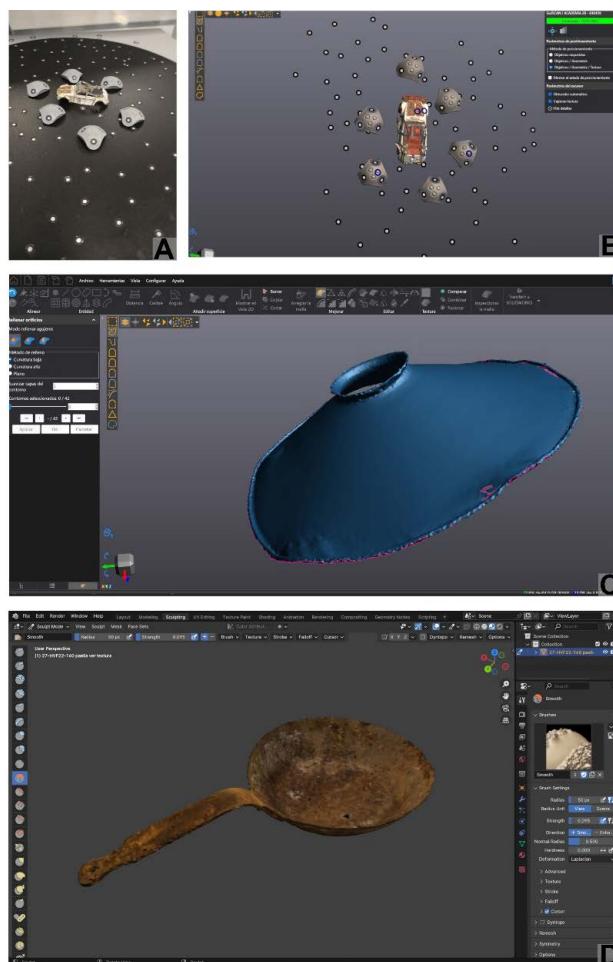


Figura 6. Modelos 3D con escáner. A y B: captura de fotos y procesamiento y optimización de malla y texturas. C: lámpara, pieza 4 (en la tabla 1) procesada en VXModels. D: paella, pieza 2 (en la tabla 1), posprocesado en Blender

Esta elección se debe a dos motivos, en primer lugar, dicho software tenía una licencia⁶ de la que, en el momento de realizar dicho proyecto, disponía el propio MNACTEC, por lo que se cedió para los

trabajos sin problema. En segundo lugar, se observó que en otras experiencias de digitalización este software crea una serie de modelos con una mayor calidad de textura, sobre todo comparado con el software

6. En la actualidad es de uso gratuito con condiciones. Ver <<https://www.capturingreality.com/DownloadNow>> [fecha de consulta: 25/08/2024].

de competencia, Agisoft Metashape®. Los resultados de estos procesados resultaron óptimos en prácticamente todos los objetos digitalizados con esta técnica, puesto que se obtuvieron unas calidades de malla y de textura que no requirieron de nuevas tomas fotográficas.

En el caso del escáner se trabajó con el programa VXElements® (VXscan y VXModel), el cual también es una licencia a la que tiene acceso el OpenLab UAB. Este permite el procesado a partir de VX-Model, la unión de partes, la confección y la optimización de la malla, así como algunos detalles de aspecto de las piezas. En el caso de las texturas, a diferencia de lo sucedido con la fotogrametría, se terminaron de pulir con Blender. Las ventajas de este software de pago radican en su interfaz simple y fácil de aprender a usar, que otorga modelos con mallas óptimas para su impresión después de seguir pocos pasos.

5.3. Posprocesado y optimización de modelos 3D

Los modelos 3D obtenidos, aunque de alta calidad visual, presentan un inconveniente a nivel de accesibilidad: su elevado peso dificulta o incluso imposibilita su visualización en dispositivos móviles de gama media o no profesionales. Con el fin de garantizar la accesibilidad digital y maximizar la interacción del público con estos modelos, se decide optimizarlos. Esta optimización no facilita tanto su visualización en diversos dispositivos como la preparación de los modelos para su potencial uso en otros recursos, como son las animaciones, la realidad aumentada, la realidad virtual u otros medios digitales de divulgación. El objetivo principal de la optimización de modelos 3D es claro: re-

ducir el peso de la malla sin comprometer la calidad de la textura. Este proceso incluye la ordenación y la reducción de la malla utilizando el software Instant Meshes, seguido de un *bakeado* de la textura, en el que se transfiere la textura de alta calidad del modelo original al modelo optimizado. Finalmente, se realizan ajustes de escala y retoques adicionales en Blender®. El resultado de este proceso es un modelo cuyo peso puede reducirse a menos de la mitad del original, lo que facilita su visualización en línea en dispositivos de todo tipo. Además, se conserva un modelo optimizado que puede ser fácilmente manipulado para futuros desarrollos.

Si bien a partir de ambas técnicas se necesitan posprocesados, en el caso del escáner podemos agregar que, debido a la baja calidad en la toma de algunas texturas, requiere un uso de programas adicionales mencionados para mejorar los acabados, lo que requiere un tiempo sustancial extra a diferencia de la fotogrametría. Por su parte, en ambas técnicas se presentan dificultades con texturas que reflejan brillos o que contienen detalles complejos, en el caso del escáner esto es más sensible. En las digitalizaciones presentadas, por ejemplo, tuvimos resoluciones de peor calidad en las piezas que presentaban alteraciones cromáticas con óxidos o combinaciones de metal y óxido, que requieren mayor tiempo de posprocesado.

6. Resultados y discusión

En nuestro análisis de los modelos 3D generados desarrollamos una categorización específica analizando puntualmente cuatro piezas que fueron digitalizadas con las dos técnicas que comparamos. Buscamos

evaluar su calidad y su posible aplicación, tanto en visualización como en impresión, que nos permitiera ponderar una u otra técnica en nuestro trabajo (tabla 1). Estas categorías permiten identificar la utilidad del modelo final en función de su propósito. La categoría +V se asigna a aquellos modelos que, si bien pueden no presentar una malla de la más alta calidad, son adecuados para fines de visualización. Por otro lado, la categoría +I se refiere a modelos que, aunque su visualización podría no ser óptima, poseen una malla adecuada para la impresión 3D. En los casos donde el modelo cumple con los

estándares, tanto para visualización como para impresión, se clasifica bajo ++, lo que indica que es un modelo final de alta calidad en ambas aplicaciones. Finalmente, la categoría - se utiliza para aquellos modelos que no alcanzan la calidad mínima requerida ni para visualización ni para impresión, siendo considerados inadecuados como producto final.

En líneas generales observamos que la fotogrametría ofrece texturas de mayor calidad y una mejor definición de colores, pero muestra dificultades para unificar partes digitalizadas por separado y manejar superficies muy detalladas o brillantes.

Tabla 1. Comparación de técnicas de digitalización, donde verde son las ventajas y rojo las desventajas. Resultado final: +I: adecuado para impresión; +V: adecuado para visualización; -: no alcanza suficiente calidad de visualización e impresión, y ++: modelo de buena calidad

Pieza	Material	Técnica de fotogrametría	Técnica de escáner
1 Caja de té	Metal	Errores de nitidez en pequeñas zonas con superficies brillantes.	Errores de la malla en los extremos de la pieza, errores de nitidez en las texturas de los extremos de la pieza.
		Textura de alta calidad y nitidez de colores.	Rápido armado del modelo.
2 Paella	Metal oxidado	++	-
		No se consiguió unir las dos caras digitalizadas.	Texturas poco nítidas.
3 Interruptor	Plástico	Textura de alta calidad.	La unión de las partes fue automática.
		-	+I
4 Lámpara	Metal	Dificultad en la definición de malla de partes pequeñas.	Errores en malla y texturas, especialmente en áreas pequeñas.
		Textura de alta calidad y buena definición de detalles pequeños.	La unión de las partes fue automática.
		++	+V
		No se consiguió unir las dos caras digitalizadas.	La unión de las partes fue manual, con extremos oxidados problemáticos.
		Buena textura a pesar de los brillos superficiales.	Cierre automático de los agujeros en la unión.
		-	++

Por otro lado, el escaneado enfrenta algunos desafíos en la formación de la malla en algunos tipos de materiales y en la claridad de las texturas en general, pero se destaca en la creación de modelos sin fisuras, sin agujeros y en la rápida integración de diferentes partes de las distintas piezas arqueológicas (tabla 1). En términos de costo-beneficio, la fotogrametría se destaca por ser más accesible y universal, lo que permite a participantes no expertos crear modelos con sus propios dispositivos móviles o cámaras. Por otro lado, el uso de escáneres, aunque más costoso y demandante, ofrece una experiencia única de visualización, lo que permite comprender y materializar la digitalización de los objetos en una experiencia realizada en tiempo real.

En el caso de la fotogrametría, esta técnica demostró ser rápida, sencilla y capaz de producir digitalizaciones de alta calidad, sin necesidad de trasladar materiales y utilizando herramientas accesibles como una cámara fotográfica. Para el procesamiento de los datos, se decidió emplear el software Reality Capture®, actualmente disponible de forma gratuita para descarga y uso. Estos programas, que hasta hace poco requerían ordenadores de alto rendimiento y largos tiempos de procesamiento, han evolucionado considerablemente, reduciendo tanto los tiempos como los requisitos técnicos, lo que ha aumentado su accesibilidad al público general, incluso mediante aplicaciones móviles que permiten la generación de modelos 3D. Es importante destacar que, paralelamente a la evolución del software, también creció el conocimiento sobre esta técnica, lo que dio lugar a una comunidad en línea basada en el autoaprendizaje y el intercambio de proyectos y conocimientos.

Por otro lado, el uso de escáneres presenta ventajas técnicas notables, como la rapidez en la digitalización y la visualización en tiempo real del modelo en proceso, así como una mayor eficiencia en la unión de partes de los materiales y la creación de las mallas. Esto permite afirmar que el escáner es eficiente en términos de calidad y rapidez en la generación de modelos, que suelen ser óptimos para la impresión. Sin embargo, la capacidad de visualizar la captura de datos en tiempo real no garantiza que el modelo final sea óptimo, especialmente en lo que respecta a la resolución de las texturas. A menudo se requiere un mayor tiempo para generar texturas que sean lo más fieles posible al original, lo que plantea la cuestión de si se trata de copias exactas o de reconstrucciones visuales (Galeazzi, 2018). En este contexto se pueden tomar decisiones como mantener las texturas que presentan errores, señalando a estos como parte del modelo, o retocarlas para corregir las imperfecciones, aunque esto implique una alteración de la captura original (Ventura, 2022). Consideraremos que esta es una decisión metodológica que debe estar atada a los objetivos del proyecto que lleva adelante las digitalizaciones, y que debemos indagar más en profundidad sobre alternativas que permitan dejar los modelos en abierto, creando instancias para discutirlos y revisarlos.

En relación con el tipo de material, es importante mencionar que los objetos reflectantes, brillantes o transparentes no pueden ser digitalizados adecuadamente, ya que no permiten que los rayos de luz reboten en su superficie (aunque destacamos que existen tecnologías que están ofreciendo soluciones a este tipo de problemas; Méndez, 2024). En particular, para la fotogrametría, el éxito de una digi-

talización depende en gran medida de una correcta toma de datos, la cual, a su vez, está condicionada por las características del objeto en cuestión (como su tamaño, posición y estado de conservación). Por ello, es indispensable poseer un conocimiento previo y detallado del objeto a digitalizar, incluyendo su capacidad de manipulación, las características de sus partes y materiales, su movilidad y su estado de conservación. Conocer permite planificar la toma de datos de manera eficiente y precisa, evitando así la pérdida de información y tiempo, y garantizando la preservación de la integridad del objeto patrimonial. Por su parte, en la digitalización de documentos de archivo de este yacimiento, por ejemplo, el uso de un escáner de mesa puede resultar excesivo en comparación con una fotografía de alta calidad, que podría ser suficiente. Puntualmente, en el caso de cartelería o de diarios presentes en la colección del hospital de cartón, el costo y el tiempo asociados con el uso de un escáner no se justifican. En cambio, en la digitalización de restos óseos el uso de un escáner permite obtener modelos de alta calidad, que pueden ser impresos y usados como materiales didácticos.

En síntesis, a nivel técnico y a partir de los materiales digitalizados hasta el momento, observamos que la fotogrametría se destaca por ofrecer texturas de alta calidad y una mejor definición de colores, aunque presenta dificultades para unificar partes digitalizadas por separado y manejar superficies muy detalladas o brillantes. Por su parte, el escaneado enfrenta retos en la formación de la malla en ciertos materiales y en la claridad general de las texturas, pero sobresale en la creación de modelos sin fisuras, sin agujeros y en la integración rápida de diferentes partes de

las piezas arqueológicas del pasado reciente. En términos de costo-beneficio y socialización, la fotogrametría es más accesible y universal, lo que permite a participantes no expertos crear modelos con dispositivos móviles o cámaras personales. En cambio, los escáneres, aunque más costosos y demandantes, ofrecen una experiencia única de visualización en tiempo real, lo que facilita la comprensión y la materialización de la digitalización de objetos como parte de nuevos mundos digitales. La elección de una u otra técnica siempre debe ser evaluada en función del contexto de nuestros proyectos, la capacidad económica para su desarrollo y los objetivos de socialización que tengamos.

En el contexto de los costos de equipamiento y el software necesarios para la digitalización, enfrentamos múltiples desafíos, especialmente en proyectos de patrimonio industrial, de bajo presupuesto y con un enfoque comunitario. Estos incluyen la ya mencionada obsolescencia programada, los presupuestos limitados y la necesidad de evaluar la relación entre el costo, el beneficio y el tiempo de digitalización. El software de pago, aunque facilita la rapidez en la obtención de modelos, suele ser caro y requiere una inversión significativa de tiempo, a menudo autodidacta, para su manejo. Esto plantea la pregunta de si la inversión se justifica en términos del beneficio que aporta, especialmente en proyectos colaborativos como el presente. Por ejemplo, los escáneres utilizados en este trabajo tienen un costo superior a los 20.000 euros, mientras que una cámara adecuada para fotogrametría, junto con los elementos asociados, puede adquirirse por menos de la mitad de ese valor.

En relación con lo anterior, otro aspecto relevante es la necesidad de espacios de almacenamiento que suponen los ar-

chivos digitales generados. En este sentido se plantean preguntas como «¿qué conservar?». Idealmente, se deberían almacenar las fotografías o los archivos originales escaneados, además del modelo procesado en alta calidad. Sin embargo, surgen desafíos sobre la utilidad futura de estos archivos y la viabilidad de su conservación a largo plazo, así como la necesidad de crear espacios de almacenamiento cada vez más grandes, lo que supondría costos añadidos que deben afrontarse eventualmente.

Respecto de la accesibilidad a estos modelos, como punto de partida es importante considerar las políticas y las prácticas relacionadas con los subsidios con que trabajamos, por ejemplo en casos en que el acceso abierto sea un principio rector y deban considerarse aspectos que impliquen la apertura de nuestros modelos digitales. Si bien no es el eje de este trabajo, entendemos que debemos planificar y conocer los peligros y las virtudes de accesibilizar a públicos más amplios los bienes patrimoniales digitalizados (teniendo en cuenta sus posibles usos, los derechos de autor a los que suscribimos, etc.).

7. Comentarios finales

Las diversas instancias de digitalización 3D en el proyecto del hospital de cartón de Capdella nos invitan a reflexionar sobre su impacto comunitario actual y sus futuras aplicaciones. Desde un enfoque de cocreación, estas tecnologías proponen una nueva vía de apropiación del pasado y de fortalecimiento de las estrategias de custodia compartida, a través de la creación de modelos que otorgan nueva vida en contextos digitales emergentes. Las interacciones entre los participantes de los talleres y los recursos digitales fue-

ron particularmente valiosas para el proyecto a nivel etnográfico, ya que permitieron observar de primera mano sus reacciones, intereses y necesidades. Buscamos seguir desarrollando diferentes maneras de medir los usos y los impactos de las propuestas digitales en el contexto del sitio, ya que estos datos nos permiten reflexionar sobre nuevos recursos y medios para los talleres, así como explorar posibles usos didácticos y divulgativos del contenido digital generado. Como mencionamos previamente, en contextos rurales, la instancia de uso de lo digital en la que se encuentran puede intensificar las asimetrías sociales existentes. Las experiencias cara a cara en los talleres nos permitieron visibilizar en una primera instancia quién tiene acceso, qué se requiere para tener acceso y qué es lo que diferentes participantes fueron capaces de extraer de la experiencia de digitalización. Entendemos que nuestro trabajo no puede abstenerse de las desigualdades que el uso de nuevas tecnologías genera, por este motivo subrayamos la importancia de desarrollar estrategias que, junto con la aplicación de herramientas digitales, también integren medidas para mitigar sus efectos potencialmente desequilibrantes. Por ejemplo, a través del registro de cada una de las intervenciones en talleres, las dificultades y las potencialidades que emergen, y tomando en cuenta las inquietudes, las necesidades y las sugerencias de los actores locales que participan en las propuestas para la toma de decisiones en torno a qué digitalizar y para qué hacerlo.

En particular, la experiencia participativa con fotogrametría brindó a los participantes la oportunidad de conocer una nueva tecnología y visualizar el patrimonio de manera accesible. En el caso del escáner, proyectamos usarlo en instancias

participativas, porque consideramos que estas experiencias que abren la posibilidad de captar datos en tiempo real permiten imaginar y repensar nuevos mundos digitales mientras observan la construcción de un modelo. A su vez, nos cuestionamos sobre estos «nuevos mundos» y sus posibles aplicaciones: ¿Cómo podemos generar instancias de uso significativo, ya sea a través de lentes de realidad virtual o dispositivos de realidad aumentada? ¿Cómo crear espacios digitales de intercambio que sean relevantes para todos los interesados en el patrimonio del hospital de cartón? Aunque actualmente los modelos se suben a plataformas como Sketchfab, nos preguntamos cómo asegurar un retorno significativo para la comunidad. Si bien es posible publicar todo el contenido, surge la necesidad de trabajar con la comunidad para construir una narrativa coherente que evite la saturación de datos y, a la vez, promueva la divulgación digital y el acceso ampliado a los recursos cocreados con la propia comunidad.

A partir de estas experiencias, consideramos útil generar dispositivos con impacto tangible, como herramientas de realidad virtual y metaverso, siempre con un enfoque participativo. Estos modelos pueden utilizarse en diversos formatos, como videos, impresiones 3D para actividades específicas, cajas didácticas, o incluso como parte integral del sitio a través de estaciones de realidad virtual una vez que se implemente el plan de conservación y manejo del lugar. Además, debemos pensar desde las instancias de planificación de esas experiencias en la inclusión de estrategias que integren a personas con discapacidades o dificultades en la experiencia del sitio. Esto conlleva planificar recursos audiovisuales y sensoriales, como gafas de realidad virtual y aplicaciones de realidad

aumentada, para explorar la viabilidad de estos espacios inclusivos.

En esta propuesta buscamos tener en cuenta estrategias que propendan a la sostenibilidad local, tanto en términos económicos como en la participación de las personas interesadas. Para ello, resaltamos la importancia de que las decisiones sobre el uso de estos recursos digitales involucren activamente a los actores locales y a las instituciones interesadas, en línea con el enfoque del proyecto y garantizando que los recursos funcionen en el contexto rural, adaptándose a las necesidades específicas de la comunidad. Como señala Prats (2011: 77): «A pequeña escala, a nivel de una pequeña localidad, no se necesita más que la voluntad del vecindario y el apoyo de un técnico o una técnica en gestión patrimonial para convertir aquello que se decida patrimonializar en un instrumento de encuentro y debate de personas y grupos sociales, de reflexión y construcción de identidades y todo tipo de proyectos colectivos». Así, la revisión y discusión de propuestas de digitalización con la participación local puede asegurar una implicación activa y significativa de la comunidad.

Para finalizar, destacamos que la digitalización de los materiales no debe llevar al olvido o al abandono del objeto físico. Por el contrario, estas digitalizaciones deben integrarse en nuevos recursos, imaginarios y narrativas que se actualicen constantemente, ampliando las posibilidades de experiencias donde tocar y ver los objetos en el espacio digital se conviertan en vivencias sensoriales significativas. Esto, a su vez, fomenta una mayor apropiación del pasado y la construcción de narrativas colectivas. El uso de tecnologías como la fotogrametría y el escaneo en proyectos como el del hospital de cartón de

Capdella demuestra cómo la digitalización puede enriquecer las iniciativas de salvaguardia y cocreación de discursos patrimoniales locales, fomentando el diálogo y la retroalimentación entre los arqueólogos y la comunidad, y superando las barreras tradicionales, de arriba a abajo, de la comunicación arqueológica. Así, el enfoque participativo puede asegurar que el patrimonio cultural del pasado reciente no solo se conserve de forma más sostenible, sino que también se mantenga relevante y accesible para las generaciones futuras.

Agradecimientos

A las editoras del dossier, por la invitación a participar en el número. Al Open-Lab de la UAB, por brindarnos el espacio, la orientación y los recursos para llevar ade-

lante las digitalizaciones. Al Museu de la Ciència i la Tècnica de Catalunya (MNACTEC), especialmente a su director Jaume Perarnau y a la conservadora restauradora Mercè Gual, por el apoyo y la confianza. A Eva Perisé, directora del Museo Hidroeléctrico de Capdella, y a Sandra Luque, técnica del Ayuntamiento de Torre de Capdella, por la ayuda brindada en todos los trabajos en el valle. A Sígrid Remacha y Ana Pastor, por ser el alma de este proyecto. Estas digitalizaciones se llevaron adelante en el marco de proyecto Hidropats!, financiado por Ajuts Joan Oró 2023, de la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació. La experiencia de intercambio para la realización de modelos 3D en la UAB se realizó en el marco de la obtención de una beca de investigación (UBAINT doctoral 2023-2024) entre FFyL, UBA, Argentina y el DIDPATRI, UB.

Referencias bibliográficas

- ARIAS, F.; ENRÍQUEZ, C.; JURADO, J. M.; ORTEGA, L.; ROMERO-MANCHADO, A.; CUBILLAS, J. J. (2022). «Use of 3D models as a didactic resource in archaeology: A case study analysis». *Heritage Science*, 10(112), 1-15.
- BONACCHI, C.; MOSHENSKA, G. (2015). «Critical Reflections on Digital Public Archaeology». *Internet Archaeology*, 40. <<https://doi.org/10.11141/ia.40.7.1>>
- BONETA I CARRERA, M. (2003). *La Vall Fosca: els llacs de la llum. Desenvolupament socioeconòmic a començament del segle xx*. Tremp: Garsineu Edicions.
- CHAMPION, E.; RAHAMAN, H. (2019). «3D Digital Heritage Models as Sustainable Scholarly Resources». *Sustainability*, 11(8), 2425. <<https://doi.org/10.3390/su11082425>>
- COSTOPOULOS, A. (2016). «Digital Archeology Is Here (and Has Been for a While)». *Frontiers in Digital Humanities*, 3 (marzo), 3-5. <<https://doi.org/10.3389/fdigh.2016.00004>>
- DALY, P.; EVANS, T. L. (2006). «Introduction: Archaeological theory an digital pasts». En: EVANS, T. L.; DALY, P. (eds.). *Digital Archaeology: Bridging method and theory*. Londres: Routledge.

- DA SILVA MARTIRE, A.; CARVALHEIRO PORTO, V. (eds.) (2022). *(Des)construindo arqueologias digitais*. Universidade de São Paulo. Museu de Arqueologia e Etnologia.
<<https://doi.org/10.11606/9786599306235>>
- DELFINO, D.; RODRÍGUEZ, P. G. (1991). *Crítica de la arqueología «pura»: De la defensa del patrimonio hacia una arqueología socialmente útil*. Guayaquil: Centro de Estudios Arqueológicos y Antropológicos, 1-113.
- DI TULLIO, M. (2023). «Un futuro para la Puna de Jujuy: Discursos e imaginarios estatales sobre el desarrollo digital». *Publicar*, 35, 18-37.
- EVE, S. (2012). «Augmenting phenomenology: Using augmented reality to aid archaeological phenomenology in the landscape». *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19(4), 582-600.
<<https://doi.org/10.1007/s10816-012-9142-7>>
- FAULKNER, N. (2000). «Archaeology from Below». *Public Archaeology*, 1(1), 21-33.
- FORTE, M.; GALLESE, V. (2014). «Embodiment and 3D Archaeology: A Neolithic House at Çatalhöyük». *Breaking Barriers: 47th Annual Chamaol Archaeological Conference*, 35-55.
- FRANÇOIS, P.; LEICHMAN, J.; LAROCHE, F.; RUBELLIN, R. (2021). «Virtual reality as a versatile tool for research, dissemination and mediation in the humanities». *Virtual Archaeology Review*, 12(25), 1-15.
- GALEAZZI, F. (2018). «3-D Virtual Replicas and Simulations of the Past: “Real” or “Fake” Representations?». *Current Anthropology*, 59(3), 268-286.
<<https://doi.org/10.1086/697489>>
- GARCÍA CANCLINI, N. (1999). «Los usos sociales del patrimonio cultural». En: AGUILAR CRIADO, E. (ed.). *Patrimonio etnológico: Nuevas perspectivas de estudio*. Junta de Andalucía. Consejería de Cultura, 16-33.
- GÓMEZ CRUZ, E. (2022). *Tecnologías Vitales: Pensar las culturas digitales Latinoamérica*. México: Universidad Panamericana y Puerta Abierta Editores.
- GONZÁLEZ RUIBAL, A. (2017). «Etnoarqueología, arqueología etnográfica y cultura material». *Complutum*, 28(2), 267-283.
<<https://doi.org/10.5209/CMPL.58430>>
- GONZÁLEZ RUIBAL, A. G.; AYÁN VILA, X. A. (2018). *Arqueología: Una introducción al estudio de la materialidad del pasado*. Madrid: Alianza Editorial.
- GONZÁLEZ RUIBAL, A.; GONZÁLEZ, P. A.; CRIADO-BOADO, F. (2018). «Against reactionary populism: Towards a new public archaeology». *Antiquity*, 92(362), 507-515.
<<https://doi.org/10.15184/aqy.2017.227>>
- GUICHEN, G. de (2021). «La conservación preventiva en la actualidad. Proyectos de preservación digital. Conferencia magistral». En: *III Jornadas Nacionales de Conservación Preventiva y Gestión de Riesgos*. Montevideo: Facultad de Información y Comunicación – FIC. Universidad de la República. Asociación Uruguaya de Archivólogos AUA.
- HARRISON, R. (2018). «Critical heritage studies beyond epistemic popularism». *Antiquity*, 92(365), e9.
<<https://doi.org/10.15184/aqy.2018.223>>
- HODDER, I. (2008). «Multivocality and Social Archaeology». En: HABU, J.; FAWCETT, C.; MATSUNAGA, J. M. (eds.). *Evaluating Multiple Narratives: Beyond Nationalist, Colonialist, Imperialist Archaeologies*. Nueva York: Springer, 196-212.
- HOLTORF, C. (2002). «Notes on the Life History of a Pot Sherd». *Journal of Material Culture*, 7(1), 49-71.
- HUGGETT, J. (2012). «Core or Periphery?: Digital Humanities from an Archaeological Perspective». *Historical Social Research, Controversies around the Digital Humanities*, 37(3), 86-105.
- HUGGETT, J.; REILLY, P.; LOCK, G. (2018). «Whither digital archaeological knowledge?: The challenge of unstable futures». *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 1(1), 42-54.
<<https://doi.org/10.5334/jcaa.7>>

- KANTAROS, A.; GANETSOS, T.; PETRESCU, F. I. T. (2023). «Three-Dimensional Printing and 3D Scanning: Emerging Technologies Exhibiting High Potential in the Field of Cultural Heritage». *Applied Sciences*, 13(8), 4777. <<https://doi.org/10.3390/APP13084777>>
- LONDOÑO, W. (2014). «Más allá del patrimonio». En: RIVOLTA, M. C.; MONTENEGRO, M.; MENEZES FERREIRA, L.; NASTRI, J. (eds.). *Multivocalidad y activaciones patrimoniales en Arqueología*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de la Provincia de Buenos Aires, 155-167.
- MAZZACCA, G.; KARAMI, A.; RIGON, S.; FARELLA, E. M.; TRYBALA, P.; REMONDINO, F. (2023). «Nerf for heritage 3D reconstruction». *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-2-2023, 1051-1058. <<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1051-2023>>
- MÉNDEZ, V. (2024). «Evaluación de digitalización con Neural Radiance Fields y Gaussian Splatting en arqueología». En: LABARCA, R.; MOYA, F.; MÉNDEZ, V.; VIDAL, A.; McROSTIE, V. (eds.). *Libro de resúmenes del XXIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*. Villarrica, Chile, del 2 al 6 de diciembre de 2024, 36.
- MERRIMAN, N. (2004). «Introduction: Diversity and Dissonance in Public Archaeology». En: MEERIMAN, N. (ed.). *Public Archaeology*. Londres: Routledge.
- MORGAN, C. (2022). «Current Digital Archaeology». *Annual Review of Anthropology*, 51, 213-231.
- OPGENHAFFEN, L. (2021). «Visualizing Archaeologists: A Reflexive History of Visualization Practice in Archaeology». *Open Archaeology*, 7(1), 353-377. <<https://doi.org/10.1515/opar-2020-0138>>
- PASTOR PÉREZ, A.; REMACHA ACEBRÓN, S. (2024a). «“Conservando objetos, conservando memorias”: Conservación comunitaria y cuidadora en un yacimiento del pasado reciente». *Revista PH*, 112, 393-395. <<https://doi.org/10.33349/2024.112.5616>>
- (2024b). «Recovering the Memories of the Capdella Cardboard Hospital through Community Archaeology». *Archaeologies*, 20(3), 541-567. <<https://doi.org/10.1007/s11759-024-09504-w>>
- PASTOR PÉREZ, A.; RUIZ MARTÍNEZ, A. (2020). «¿Somos el Discurso Académico Autorizado Patrimonial?». En: PASTOR PÉREZ, A.; PICAS, M.; RUIZ MARTÍNEZ, A. (eds.). *21 Assajos al voluntariado del Patrimonio Cultural*. Madrid: AS Arqueología, 63-67.
- PEINADO-SANTANA, S.; HERNÁNDEZ-LAMAS, P.; BERNABÉU-LARENA, J.; CABAU-ANCHUELO, B.; MARTÍN-CARO, J. A. (2021). «Public Works Heritage 3D Model Digitisation, Optimisation and Dissemination with Free and Open-Source Software and Platforms and Low-Cost Tools». *Sustainability*, 13(23), 13020. <<https://doi.org/10.3390/su132313020>>
- PRATS, Llorenç (2005). «Concepto y gestión del patrimonio local». *Cuadernos de Antropología Social*, 21, 17-35.
- (2011). «El patrimonio en tiempos de crisis». *Revista Andaluza de Antropología*, 2, 68-85.
- PRICE, D.; KOONTZ, R. (2013). «Curating Digital Spaces, Making Visual Arguments: A Case Study in New Media Presentations of Ancient Objects». *DHQ: Digital Humanities Quarterly*, 7(2).
- REILLY, P. (1991). «Towards a virtual archaeology». En: LOCKYEAR, R.; RAHTZ, S. (eds.) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*. Oxford: Tempus Reparatum, 133-139. BAR International Series.
- (1992). «Three-dimensional modelling and primary archaeological data». En: REILLY, P.; RAHTZ, S. (eds.). *Archaeology and the information age: A global perspective*. Londres: Routledge, 92-108.

- REMACHA ACEBRÓN, S. (2021). *L'hospital de cartró de Capdella: Una icona de l'arquitectura prefabricada*. Vic: Eumo Editorial.
- REMACHA ACEBRÓN, S.; PASTOR PÉREZ, A. (2023). «Reflexions al voltant d'una conservació més social i participada: El cas de l'Hospital de Cartró de la Vall Fosca». En: *XVII Reunió Tècnica de Conservació i Restauració. L'evolució de les especialitats en conservació-restauració: nous reptes i perfils professionals, Barcelona, 23-24 de novembre de 2023*. Barcelona: Conservadors-Restauradors Associats de Catalunya (CRAC), 67-81.
- RICHARDSON, L. J. (2013). «A Digital Public Archaeology?». *Papers from the Institute of Archaeology*, 23(1), 10.
<<https://doi.org/10.5334/pia.431>>
- (2014a). *Public Archaeology in a Digital Age* [Tesis doctoral.] University College London. Recuperado de <<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1436367/>>
- (2014b). «Understanding Archaeological Authority in a Digital Context». *Internet Archaeology*, 38(38).
<<https://doi.org/10.11114/ia.38.1>>
- RFO RIANDE, G. del (2022). «Humanidades Digitales o las Humanidades en la intersección de lo digital, lo público, lo mínimo y lo abierto». *Publicaciones de La Asociación Argentina de Humanidades Digitales*, 3, 1-16.
<<https://doi.org/10.24215/27187470e038>>
- ROCA, A. (2011). «Todo conocimiento es político: Sólo se trata de saber quién es el amo». *Revista Espacios*, 48, 1-14
- RODRÍGUEZ LÓPEZ, I. F. (2014). *Representación 3D de petroglifos: Propuesta de metodología de modelización de los grabados del Valle de Tamanart, Marruecos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- SALERNO, V. (2014). *Trabajo arqueológico y representaciones del pasado en la provincia de Buenos Aires*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras.
- SÁNCHEZ CARRETERO, C.; MUÑOZ-ALBALADEJO, J.; RUIZ-BLANCH, A.; ROURA-EXPÓSITO, J. (eds.) (2019). *El imperativo de la participación en la gestión patrimonial*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- SMITH, L. (2011). «El espejo patrimonial: ¿Ilusión narcisista o reflexiones múltiples?». *Antípoda: Revista de Antropología y Arqueología*, 12, 39-63.
- SOKOL, O. L.; SALERNO, V. (2023). «Bienes “públicos” y lo digital en la arqueología argentina». *Revista del Museo de Antropología*, 16(2), 363-376.
<<https://doi.org/10.31048/1852.4826.v16.n2.41245>>
- STOBIECKA, M. (2018). «Digital escapism: How objects become deprived of matter». *Journal of Contemporary Archaeology*, 5(2), 194-212.
<<https://doi.org/10.1558/JCA.34353>>
- (2020). «Archaeological heritage in the age of digital colonialism». *Archaeological Dialogues*, 27(2), 113-125.
<<https://doi.org/10.1017/S1380203820000239>>
- ŠTULAR, B.; ŠTUHEC, S. (2015). *3D Archaeology: Early Medieval Earrings from Kranj*. Liubliana: ZRC SAZU, ZRC Publishing.
- TORRES, J. C.; CANO, P.; MELERO, J.; ESPAÑA, M.; MORENO, J. (2010). «Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio». *Virtual Archaeology Review*, 1(1), 51-54.
- VENTURA, Y. (2022). «Diseño de protocolo para digitalización del patrimonio cultural salvadoreño, implementando realidad virtual, fotogrametría y procesos de manufactura aditiva». *Ciencia, Cultura y Sociedad*, 8(1).
- VINELLI, N.; SUÁREZ, M. (eds.) (2023). *Los desconectados: Políticas públicas para el acceso a internet en barrios populares y parajes rurales*. Buenos Aires: Mil Campanas.

- WICHERS, C. A. de M.; ZANETTI, P.; TEGA, G. (2017). «Entre seres e coisas: A aplicação de tecnologias 3D como ponte entre patrimônio arqueológico e sociedade. Estígios». *Revista Latino-Americana de Arqueología Histórica*, 11(1), 80-106.
[<https://doi.org/10.31239/vtg.v11i1.10552>](https://doi.org/10.31239/vtg.v11i1.10552)
- ZUBROW, E. (2006). «Digital archaeology: A historical context». En: EVANS, T. L.; DALY, P. (eds.). *Digital Archaeology: Bridging Method and Theory*. Londres: Routledge, 8-26.

