



## Trabajo de Fin de Grado

# Las técnicas de digitalización y diseño 3D aplicadas a la Epigrafía



Autor: Pablo Serrano Basterra

Tutora: María Ángeles Alonso Alonso

Curso: 2022-2023

## Índice

1. Introducción.....	3
2. Arqueología virtual y epigrafía digital: conceptos y carácter instrumental.....	4
3. La digitalización como método de documentación y registro .....	6
4. Edición 3D para el análisis e interpretación de documentos epigráficos .....	14
5. Técnicas aplicadas a la socialización.....	20
Conclusiones.....	26
Bibliografía.....	28
Anexo: Imágenes .....	36

## Resumen

Las técnicas de virtualización (digitalización y diseño 3D) aplicadas al patrimonio aportan ya valiosas herramientas para la documentación, investigación y difusión. Siguiendo el principio de finalidad, su empleo debe servir a los principios, métodos y objeto de la disciplina a la que asisten. En el caso de la Epigrafía, ello supone servir a los compromisos de completar, datar, interpretar y describir el monumento epigráfico, contemplado de forma integral como la suma de soporte, texto y contexto de la inscripción. Con este principio como horizonte y meta, las acciones deben comenzar con una adecuada documentación del objeto, por lo que analizamos la idoneidad de diferentes técnicas de digitalización tridimensional (particularmente, la fotogrametría). Contando como materia prima con modelos 3D adecuados, detallamos distintos procedimientos para, mediante su edición, proporcionar al investigador materiales que faciliten su labor, especialmente favoreciendo las capacidades lectoras en el caso de inscripciones deterioradas. Por último, en el ámbito de la socialización, atendemos a las posibilidades que proporcionan dichos modelos – por sí mismos, o como punto de partida de una recreación – para transmitir información, tanto a la comunidad científica como al público en general, gracias a la potencia comunicativa y didáctica de las imágenes. Describir y categorizar las experiencias realizadas en todos estos ámbitos supone la primera aproximación para una necesaria estandarización de la actividad, que pueda desembocar en el enunciado de protocolos y normas de buenas prácticas que sirvan de guía a profesionales capaces de gestionar proyectos necesariamente interdisciplinares.

## Palabras clave

Epigrafía, Virtualización Patrimonial, Arqueología Virtual, digitalización, diseño 3D.

## 1. Introducción

El uso de técnicas de documentación geométrica y edición en 3D en el campo de la Arqueología y los estudios patrimoniales se ha propagado, cumpliendo las predicciones<sup>1</sup>, hasta el punto de que ya apenas podemos referirnos a ellas como “nuevas tecnologías”. No obstante, y dejando a un lado algunos principios generales<sup>2</sup> y valiosas tentativas – a las que nos referiremos más adelante –, sigue siendo escaso el desarrollo de protocolos y el enunciado de buenas prácticas que guíen su aplicación de forma correcta y rigurosa.

El objetivo de este trabajo es analizar la utilidad de las técnicas de virtualización patrimonial como herramienta auxiliar de los estudios epigráficos. A partir de las experiencias documentadas, trataremos de extraer, describir y categorizar diferentes procesos que pueden contribuir a facilitar o mejorar la actividad del epigrafista, teniendo en cuenta que deben ser los principios, métodos y objetivos de la Epigrafía los que determinen la elección de las técnicas más apropiadas y su forma aplicación.

El principal obstáculo que encontramos es la escasa normalización en la documentación, clasificación e investigación del patrimonio cultural, que provoca la ausencia de protocolos de trabajo para homogeneizar resultados dentro de un lenguaje común entre el conjunto de profesionales. Es decir, en la documentación gráfica y geométrica del patrimonio, así como en su investigación y difusión, se percibe la necesidad de alcanzar un consenso acerca de la creación y uso de un protocolo de documentación globalmente aceptado<sup>3</sup>.

El estudio comienza con un apartado en el que pretendemos precisar los conceptos implicados, comenzando por la Epigrafía, como ciencia sólo aparentemente “auxiliar” de la Historia<sup>4</sup>, dentro de la categoría más genérica de los estudios patrimoniales. El monumento epigráfico como objeto de la ciencia epigráfica – en su sentido amplio

---

<sup>1</sup> Ledo 2016, 50.

<sup>2</sup> Los Principios de Sevilla (“Principios Internacionales de la Arqueología Virtual”), emitidos por la Sociedad Española de Arqueología Virtual (SEAV) en 2011 y aprobados por la Asamblea General del ICOMOS en 2017, desarrollan la Carta de Londres para la Visualización Computarizada de Patrimonio Cultural de 2009 para su mejor implantación en el campo del patrimonio arqueológico, simplificando y ordenando sus bases y ofreciendo recomendaciones nuevas que consideran la peculiar naturaleza del patrimonio arqueológico con respecto al patrimonio cultural (Principios de Sevilla 2011).

<sup>3</sup> Angás 2019, 203.

<sup>4</sup> Si atribuimos a “auxiliar” un sentido de “secundario o menor” (D’Encarnaçao 2010, 18).

actual – debe atender a su doble carácter de fuente histórica escrita (la inscripción) y objeto arqueológico (el soporte), requiriendo del concurso de otras ciencias y técnicas (Paleografía, Filología, Arqueología, Historia del Arte y de la Tecnología, etc.) para su documentación, conservación, estudio y difusión, con un método integrador<sup>5</sup>. Las técnicas de digitalización deben adaptarse a dicho método, aportando ventajas que faciliten la obtención de sus objetivos. En este sentido, las soluciones provienen de la arqueología virtual, la rama tal vez más desarrollada y prolífica de la más amplia de virtualización patrimonial, conceptos que trataremos de definir y deslindar.

A continuación, realizaremos el compendio de las aplicaciones realizadas, clasificadas en función de la fase en la que se han llevado a cabo: un primer grupo comprende las usadas en la documentación y registro de información; a continuación, las empleadas para el análisis, conservación, interpretación e investigación de los objetos epigráficos; y, por último, las destinadas a la difusión, tanto en el ámbito científico y académico, como hacia el público en general (musealización y didáctica).

Finalmente, las conclusiones nos permitirán comparar el estado de la cuestión en la Epigrafía y en otros campos de los estudios patrimoniales, así como esbozar algunas de las líneas de acción que, a nuestro entender, pueden ser más fructíferas en desarrollos venideros.

## **2. Arqueología virtual y Epigrafía digital: conceptos y carácter instrumental**

Si, como indicamos, es la Epigrafía la que debe señalar la manera en la que las técnicas de informática gráfica pueden concurrir, consideramos necesario delimitar con precisión el concepto y los objetivos de esta disciplina. Para ello, realizaremos una acotación previa: el desarrollo de la Epigrafía como ciencia se ha producido con un notable protagonismo del ámbito europeo y ligado a las inscripciones griegas y, por su mayor extensión y abundancia, a las latinas<sup>6</sup>. Por ello, y aunque ocasionalmente nos refiramos a aplicaciones prácticas realizadas en otros ámbitos (Egipto, Mesopotamia, Mesoamérica, mundo musulmán), centraremos este estudio en la Epigrafía clásica.

---

<sup>5</sup> Ramírez 2015, 62: método integrador, frente a una excesiva especialización y atomización de conocimientos que puede hacer perder al investigador la perspectiva global sobre los avances logrados.

<sup>6</sup> Andreu 2009, 16: un estudio científico que se ha ido forjando históricamente mediante las aportaciones de sabios, eruditos y, finalmente, auténticos epigrafistas.

Etimológicamente, Epigrafía deriva del griego επιγραφήν, que en latín se tradujo como *in-scribere*, de donde proviene la palabra inscripción. Por ello, y siendo el concepto común que la Epigrafía es la “ciencia de las inscripciones”, debemos siquiera someramente referirnos a la evolución histórica del objeto a considerar. Así, frente a la idea tradicional de que se trata de algo parecido a la historia de la escritura, el epigrafista L. Robert proponía en 1952 que debía ocuparse de las “inscripciones en tanto que dotadas de valor intrínseco”, esto es, tanto en su dimensión compositiva y expresiva como en su componente material, lo cual implica, además de los tradicionales compromisos de completar, interpretar y datar la documentación epigráfica, el de describirla<sup>7</sup>. Esto supone que la edición epigráfica debe atender, al menos, a tres componentes: soporte, texto y contexto.

La documentación geométrica digital de las inscripciones puede colaborar a las tareas de edición epigráfica en todos sus compromisos y respecto de los tres elementos. Atendiendo a la definición de buenas prácticas en la Arqueología Virtual, y para elaborar una clasificación funcional, nos basaremos en su finalidad, que debe dirigirse a “mejorar aspectos relacionados o bien con la investigación, o bien con la conservación o bien con la interpretación del patrimonio arqueológico”<sup>8</sup>. Por ello, es adecuado agrupar las técnicas en tres fases, guiadas por principios homogéneos:

- Documentación y registro: se trata de obtener datos geométricos y de color, y se guía por los conceptos de resolución, precisión y fidelidad. En relación con la Epigrafía, nos centraremos en las especificidades de la aplicación de técnicas de digitalización tridimensional para la recogida y procesamiento informático de los datos con el objetivo primordial de producir el modelo 3D texturizado; en las características exigibles a los modelos para proporcionar información útil al epigrafista, y en el correcto almacenamiento y accesibilidad a los datos.
- Análisis, conservación, interpretación e investigación: engloba los materiales que, a partir de los datos registrados, podemos elaborar en apoyo de la actividad del epigrafista. Comporta el empleo de herramientas de edición de modelos 3D y texturas de color (aplicaciones de diseño 3D, edición fotográfica, filtros digitales),

---

<sup>7</sup> Andreu 2009, 41.

<sup>8</sup> Principios de Sevilla 2011, nº 2.1.

producción de materiales gráficos (especialmente los que permiten resaltar determinadas características), medición, comparación y análisis espacial (Sistemas de Información Geográfica) y estadístico (morfometría). Disponer de réplicas virtuales facilita el análisis del soporte, pero también del texto (especialmente en cuanto a la amplificación de las capacidades lectoras en inscripciones deterioradas).

- Difusión: diferenciamos las técnicas en función de su destinatario. Por una parte, el de carácter científico y académico (con especial atención a las bases de datos epigráficas); por otra, el público en general no experto (uso de imágenes para la musealización y didáctica). En el primer grupo, examinamos el uso de modelos 3D para producir materiales gráficos adaptados a las convenciones de la Epigrafía, y la idoneidad de los propios modelos como forma de transmisión (considerando la creciente facilidad para insertar visores 3D en entornos web y documentos digitales). En su aspecto didáctico, las recreaciones virtuales destinadas a diferentes soportes (infografías, video-recorridos, videojuegos, Realidad Virtual o Aumentada) contribuyen a transmitir el contexto de las inscripciones y a interpretarlas como parte de la cultura material de las sociedades que las produjeron.

Por tanto, podemos concluir que la Epigrafía 3D es la rama especializada de la virtualización patrimonial que aporta las técnicas que deben asistir a las tareas propias de la Epigrafía, quedando por tanto subordinadas a sus métodos y objetivos, pero atendiendo a los principios y buenas prácticas de la arqueología virtual.

### **3. La digitalización como método de documentación y registro**

La investigación arqueológica es un proceso de conocimiento destructivo: durante el proceso de excavación, fase crucial, una cantidad relevante de información es removida o destruida<sup>9</sup>. La pérdida de un resto arqueológico no puede ser subsanada: aun conservando un modelo exacto de la superficie, su destrucción física implica perder otras cualidades irre recuperables<sup>10</sup>. Es por tanto prioritario registrar durante el proceso la mayor cantidad posible de datos que puedan ser relevantes para validar o revisar, *a posteriori*, las conclusiones de ellos extraídas. La documentación arqueológica es fundamentalmente gráfica.

---

<sup>9</sup> Caballero 2006, 76 y Forte 2014, 24.

<sup>10</sup> Material, componentes internos, contexto original y relación con el entorno (Aparicio *et al.* 2014).

La tecnología disponible en cada época ha condicionado las posibilidades de dicha labor, que ha evolucionado en consonancia y desarrollado protocolos para garantizar la fidelidad de los datos y su uniforme interpretación<sup>11</sup>. En los orígenes de la investigación arqueológica, el dibujo arqueológico (tanto de objetos como de unidades estratigráficas) permitió el registro de las características relevantes para su estudio, al reproducir con imágenes ciertos aspectos de la realidad, penetrar en las características de los objetos y “modelizarlos” – y por tanto, tipificarlos - para su análisis tipológico. Esta interpretación implica simplificar los datos, hasta el punto de que el aspecto visual del objeto o del entorno se pierde en gran medida. El calco, una variante del dibujo de uso frecuente en la Epigrafía para la representación de inscripciones deterioradas<sup>12</sup>, presenta la ventaja de haberse obtenido directamente en contacto con el objeto, registrando la materialidad de una de sus características (su relieve). La fotografía arqueológica supuso otro notable avance desde finales del siglo XIX (y especialmente con la fotografía en color), al recoger también el aspecto visual del objeto.

En la segunda mitad del siglo XX se fueron desarrollando sistemas para el escaneado y registro tridimensional de superficies sin contacto. Podemos clasificarlos en dos categorías: activos –dispositivos que emiten algún tipo de radiación (emisor) para después recoger (sensor) la reacción de la superficie y generar la medición en base a ella-, y pasivos –instrumentos que no emiten radiación alguna, sino que se limitan a captar la radiación producida por las propias imágenes (es decir, la luz rebotada por el objeto) para medir la posición relativa de los puntos de su superficie<sup>13</sup>.

Entre los primeros se encuentra el escáner láser, término genérico que engloba dispositivos que efectúan la medición dimensional con diferentes métodos (estimación de tiempo de vuelo, medición de fase, triangulación u holografía conoscópica)<sup>14</sup>. Aun siendo el método más preciso, presenta inconvenientes que limitan su uso: el alto coste de los dispositivos, y el hecho de que no registran información de color (aunque los modelos más modernos incorporan una cámara que sincroniza la captación de

---

<sup>11</sup> Para revertir el proceso del trazo y, partiendo de una representación plana que corresponde a una vista tridimensional, extraer las medidas de los objetos representados (Lucet 2017, 58).

<sup>12</sup> Ramírez 2011, 16.

<sup>13</sup> Remondino 2008.

<sup>14</sup> Lerma *et al.* 2010, 501 y Díaz *et al.* 2015, 32.

datos RGB)<sup>15</sup>. Los escáneres de luz estructurada proyectan una imagen con un patrón determinado, cuyas deformaciones sobre la superficie interpreta el sensor para calcular la geometría. Sólo ligeramente inferior en precisión al escáner láser, se ha usado con éxito en la documentación detallada de inscripciones<sup>16</sup>. Entre ellos, los dispositivos de luz azul resultan especialmente indicados para la captación precisa de superficies reflectantes, como las inscripciones sobre soporte marmóreo<sup>17</sup>. Los escáneres de luz modulada son una variante que proyecta un haz de luz variable (generalmente, con un patrón sinusoidal), adecuado para superficies transparentes o traslúcidas<sup>18</sup>, pero poco practicado por las condiciones que requiere su funcionamiento. Por último, los métodos volumétricos (tomografía computarizada) calculan volúmenes a partir de imágenes 2D obtenidas mediante rayos X o resonancia magnética de secciones a intervalos regulares. Empleada en medicina y diseño industrial avanzado de precisión, su aplicación a patrimonio es poco usual, pero notable, en la documentación de restos humanos para su análisis paleopatológico<sup>19</sup>.

Los métodos pasivos son aquellos en los que el dispositivo no emite radiación. Algunos sólo producen imágenes sencillas (siluetas, usado en aplicaciones industriales) o vistas con aspecto tridimensional (estereoscopía), pero no modelos digitales que puedan servir como registro dimensional. Por el contrario, la fotogrametría genera una reproducción virtual a partir de tomas fotográficas desde varios puntos de vista, detectando las características comunes a varias de ellas (de forma automática o asistida por el operador) y calculando sus posiciones relativas para crear puntos clave referenciados espacialmente en un sistema de coordenadas de tres ejes. Permite así documentar una cantidad de datos exorbitantemente mayor que la obtenida por métodos tradicionales. Históricamente, nació a mediados del siglo XIX para su uso en la topografía y se desarrolló por métodos analógicos hasta finales del XX<sup>20</sup>. Su aplicación a la Arqueología no comenzó hasta la década de 1970, siendo pioneros en

---

<sup>15</sup> Así y todo, se ha utilizado con fines de conservación (Uribe *et al.* 2012: patrimonio hidráulico romano en el Bajo Ebro), Arqueología de la Arquitectura (Angás 2019, Böhler 2004, Azkarate *et al.* 2019), estudio de petroglifos (Landon y Seales 2006).

<sup>16</sup> Angás 2009, 120: en la presa de Muel y en las exedras del foro de Los Bañales, Uncastillo (Zaragoza).

<sup>17</sup> Landon y Seales 2006, 12.

<sup>18</sup> Eren 2010.

<sup>19</sup> Así, la efectuada sobre momias guanches del Museo Arqueológico Nacional (Gómez *et al.* 2018), o los mundialmente famosos trabajos sobre la momia de Tutankamón (Hawass *et al.* 2010).

<sup>20</sup> Lucet 2017, 134: Fases analógica (hasta 1970), analítica (1970-1990) y digital (a partir de 1990).

España los levantamientos fotogramétricos de Almagro Gorbea en La Giralda de Sevilla y en el teatro romano de Sagunto<sup>21</sup>.

Pero es en las últimas décadas<sup>22</sup>, ya con medios digitales, cuando ha eclosionado el uso de datos fotogramétricos en la Arqueología, aprovechando la conjunción de varios factores: aparición de paquetes asequibles de *software* de procesamiento fotogramétrico; progreso de las cámaras digitales, con dispositivos económicos capaces de capturar imágenes de alta calidad; mejora en la capacidad de procesamiento de los ordenadores personales; y, en el caso aéreo, uso de aparatos no tripulados (UAV o drones) para la captura en alta resolución de imágenes aéreas. Así, se ha convertido en una herramienta casi imprescindible – a menudo complementaria de otros métodos de documentación – en muchas actividades de investigación, y especialmente en la excavación, por su carácter más evidentemente destructivo, eficiencia en tiempo y coste de equipo, y valor científico<sup>23</sup>. Como reconocen los Principios de Sevilla de la Arqueología Virtual, “las nuevas técnicas como la fotogrametría o los escáneres láser pueden servir para aumentar la calidad de la documentación científica, ya que cuanto mejor sea la documentación del patrimonio arqueológico realizada mayor será rigurosidad histórica obtenida”<sup>24</sup>. Los modelos tridimensionales georreferenciados se incorporan también a la documentación de las intervenciones como medio auxiliar para su análisis y preservación, y a menudo son utilizados como base para acciones de difusión<sup>25</sup>. Así mismo ofrece amplias posibilidades en la conservación y restauración de bienes culturales: comparación entre diferentes momentos de un mismo objeto, reproducción mediante impresión 3D, creación de sistemas expositivos y soportes a medida, reintegración de pérdidas, restauración y restitución virtual, y reintegraciones mediante realidad aumentada o

---

<sup>21</sup> Almagro, 2019.

<sup>22</sup> Podemos citar, como hitos de su aplicación a la documentación arqueológica en España, los trabajos de Caballero Zoreda desde 1996 en la excavación de Santa María de Melque, Toledo (Caballero, 2006), o los realizados sobre las excavaciones de la catedral de Santa María de Vitoria entre 1997 y 2009 (Koroso y Muñoz 2010).

<sup>23</sup> De Reu *et al.* 2013, 1120.

<sup>24</sup> Principio de Sevilla nº 5.4.

<sup>25</sup> A modo de ejemplos, el yacimiento de Castulo en Linares, Jaén (López *et al.* 2017), cuya estratigrafía se documenta desde 2011 fotogramétricamente, se registra telemáticamente y se difunden en visores 3D en el portal Sketchfab (<https://sketchfab.com/Castulo>); o el uso de la fotografía subacuática para la documentación del pecio Bou Ferrer en la Vila Joiosa, Alicante (Aparicio y Marqués 2021).

*video-mapping*<sup>26</sup>. Otros ámbitos pertenecientes a los estudios patrimoniales se han beneficiado de las ventajas de este sistema de registro: la cerámica<sup>27</sup>, los monumentos megalíticos y petroglifos asociados<sup>28</sup>, las pinturas y grabados rupestres<sup>29</sup>, o el registro de estructuras en la Arqueología de la Arquitectura<sup>30</sup>. Incluso es posible producir modelos tridimensionales a partir de fotografías de archivo que no fueron originalmente obtenidas con esa intención, para la documentación de monumentos destruidos: con notable interés mediático, la denominada “fotogrametría involuntaria” surgió con el llamado Proyecto Mosul para reintegrar digitalmente el patrimonio destruido por el DAESH en Oriente Medio, y actualmente ha derivado en la organización no gubernamental *Rekrei* (<https://rekrei.org/>), que acomete empresas similares en todo el mundo<sup>31</sup>. En la misma línea – aunque más bien destinado a la industria creativa – se desarrolla actualmente el proyecto *Replicate*, una curiosa iniciativa que busca recrear monumentos en 3D a partir de fotografías tomadas con *smartphones*<sup>32</sup>.

En el ámbito epigráfico, y pese al esfuerzo digital empeñado en la creación de bases de datos de inscripciones, la documentación tridimensional de éstas tiene un recorrido más limitado. Puede considerarse pionero el proyecto *Epigraphia 3D*, que supuso la digitalización en 2014 de sesenta objetos epigráficos de gran interés, aunque no tanto como labor de documentación y registro, sino más bien con fines de difusión y didácticos<sup>33</sup>. Existen experiencias similares en lo tocante a registro, aunque sin implicar el uso de fotogrametría u otras técnicas de digitalización en 3D, usando como materia prima calcos de inscripciones. En 2017 y en el ámbito de la Egiptología, la institución *Epigraphic Survey* del *Oriental Institute* de la Universidad de Chicago procedió a

---

<sup>26</sup> Barberá 2017, 158-159.

<sup>27</sup> Maldonado y Dorado 2020.

<sup>28</sup> Ledo 2014 y 2016, Forte 2014.

<sup>29</sup> Charquero 2016; Ruiz 2016, 99-110; Lucet 2017, 338-349.

<sup>30</sup> Azkarate *et al.* 2019, 25; Cabezos y Rossi 2017, 52.

<sup>31</sup> A menor escala, pero con la misma técnica, se ha producido modelos fotogramétricos de estructuras destruidas mediante fotografías de archivo de la excavación, como el trabajo realizado sobre un horno de cal en Montesa, Valencia (Aparicio *et al.* 2014).

<sup>32</sup> Nocerino *et al.* 2017.

<sup>33</sup> Impulsado por el profesor Ramírez Sánchez y financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología – Ministerio de Economía y Competitividad, y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Ramírez *et al.* 2015). El proyecto incluye en la actualidad más de cien piezas expuestas mediante visores alojados en Sketchfab y accesibles desde la web del proyecto: <http://www.epigraphia3d.es/>.

digitalizar de sus bancos de datos epigráficos combinando dibujo digital y fotografía<sup>34</sup>. En el mismo campo, la organización *Digital Epigraphy*, de la Universidad de Harvard, ha desarrollado interesantes proyectos de digitalización<sup>35</sup>. Volviendo a la Epigrafía latina, la *University of British Columbia* procedió a la digitalización de los calcos en papel conservados en la *Malcolm Francis McGregor Squeeze Collection*<sup>36</sup>.

Las experiencias locales para crear bancos de modelos 3D de piezas epigráficas, aunque con finalidad divulgativa o didáctica, han producido colecciones de interés en nuestro entorno cercano. Así, destacan los “museos virtuales” de los yacimientos de la ciudad romana de Los Bañales, Uncastillo (Zaragoza)<sup>37</sup>, y de Santa Criz de Eslava (Navarra)<sup>38</sup>, que incluyen, entre otros materiales, amplias colecciones de inscripciones halladas en ambos yacimientos o en sus entornos (Fig.1). Basándose en la experiencia acumulada en estos proyectos, se ha desarrollado entre 2020 y 2022, a iniciativa de la Universidad de Navarra y liderado por el profesor Javier Andreu, el proyecto *Valete vos Viatores!* que, además de otras contribuciones en el ámbito de la difusión – a las que nos referiremos más adelante –, ha permitido producir un banco de datos de casi doscientas piezas epigráficas que han quedado a disposición de los participantes para usos posteriores<sup>39</sup>.

También en tiempos recientes ha comenzado su andadura la iniciativa “*Epigraphica 3.0: Hacia la creación y diseño de un corpus digital de inscripciones latinas de la provincia de Ourense*”. Su novedad radica en su objetivo: la identificación, registro, estudio y difusión de todos los recursos patrimoniales disponibles en la provincia, produciendo un *corpus* resultante (*online* y en *open access*) útil para la toma de

---

<sup>34</sup> Vértes 2017. Si bien sorprende que en fecha tan reciente no se hiciese referencia alguna a las ventajas que la fotogrametría digital podría proporcionar.

<sup>35</sup> Así, un temprano experimento de emulación del relieve mediante la creación de *layers* o capas de dibujo digital para representar detalles pintados, relieve y bajorrelieve (Der Manuelian 2019); el realizado en 2020 para crear modelos tridimensionales a partir de fotografías de archivo de forma similar a la “fotogrametría involuntaria” (Murray 2020), o las convenciones para representar gráficamente en 2D los relieves en el templo de Karnak (Biston-Moulin y Thiers 2018).

<sup>36</sup> Con especial interés en el resalte de detalles y la conservación de las dimensiones de las inscripciones originales, pero, de nuevo, sin referencia a las técnicas de virtualización en 3D (Tveten *et al.* 2016).

<sup>37</sup> Andreu y Serrano 2020. Museo virtual: <https://sketchfab.com/banalesmuseovirtual>.

<sup>38</sup> Andreu y Serrano 2019b. Museo virtual: <https://sketchfab.com/santacruzmy>.

<sup>39</sup> Andreu 2022. Proyecto cofinanciado por Europa Creativa, y con la participación de varias universidades europeas (Navarra, Burdeos, Coimbra, Roma) y museos arqueológicos (*Museo Nazionale Romano*, *Musée d'Aquitaine* y *Museu Epigráfico Egitanense* de Idanha-a-Velha), junto con especialistas en virtualización patrimonial y técnicas audiovisuales.

decisiones científicas, socioeconómicas y culturales, con implicaciones en los campos de localización y registro, análisis y restitución textual, y accesibilidad y socialización<sup>40</sup>.

Las fases del levantamiento fotogramétrico, a grandes rasgos, son tres: toma de datos fotográficos, generación del modelo 3D (alineado, nube de puntos, malla y textura) y postproceso (Fig.2). En la primera, tras una cuidadosa planificación de la estrategia y selección del equipo en base a las características y a la situación del objeto, se trata de obtener fotografías desde ángulos diferentes cumpliendo con varios principios peculiares de esta técnica y usando elementos de referencia de color. Es preciso extremar las precauciones para minimizar la influencia de las dificultades provenientes de la ubicación y el entorno de la pieza (obstáculos, vegetación, iluminación, brillos, transparencias, etc.)<sup>41</sup>. Las fases siguientes se efectúan mediante una aplicación informática de cálculo fotogramétrico, de las que existe una amplia oferta en el mercado, tanto comerciales (Agisoft Metashape, Reality Capture, 3dF Zephyr), como libres (Python Photogrammetry Toolbox, Meshroom), de entre las cuales elegiremos la más adecuada a la finalidad del proyecto. La aplicación realiza un primer cálculo para detectar en cada foto características reconocibles (grupos de píxeles o *features*) para buscarlas en las demás, midiendo el diferencial de distancia entre ellas para estimar cuál fue la posición relativa de la cámara en cada disparo (alineado) y producir una nube dispersa de puntos (llamados *tie points*). En un segundo repaso, detecta otros puntos comunes a más de una foto y calcula su posición respecto de los *tie points*, generando una nube densa que, a continuación, convierte en malla triangular a base de unir con aristas los puntos de la nube densa de forma optimizada. La última fase consiste en construir la textura, una imagen en 2D de resolución personalizable que se despliega (mapeado) sobre la malla para definir el color de cada punto de la superficie<sup>42</sup>. Finalmente, el postproceso comprende todas las operaciones necesarias para los usos previsto del modelo: limpieza, recorte, retoque y corrección, georreferenciado, escalado, retopología y, en su caso, optimizado. Algunas de ellas pueden realizarse con la propia aplicación fotogramétrica, mientras que para otras es necesario emplear aplicaciones de edición y diseño 3D.

---

<sup>40</sup> Espinosa y Carrero 2018. Una iniciativa con vocación integral y orientación epigráfica, cuyos primeros resultados ya pueden verse en su plataforma web (<https://epigraphica30.marsmachine.space/inicio>).

<sup>41</sup> Andreu y Serrano 2021, 34-35.

<sup>42</sup> Lucet 2017, 177-178.

Las ventajas de este método se resumen en proporcionar una notable precisión métrica (aunque inferior a la del escáner láser o la luz estructurada, dependiendo de la cantidad, resolución y calidad de las fotografías, y de la capacidad del equipo informático), a un coste económico moderado<sup>43</sup>, junto con una textura de color de calidad excelente y fiel al original, siempre que hayamos realizado correctamente el tratamiento colorimétrico de las fotografías<sup>44</sup>. A cambio, el coste de la inversión es comedido (cualquier cámara digital y un ordenador personal son suficientes, aunque el resultado varía según sus prestaciones), y también es breve el tiempo de captura de datos, resultando así especialmente adecuado para la Arqueología de intervención (no se precisa detener la actividad más que unos minutos para documentar cada unidad estratigráfica). Más prolongado es el tiempo de procesado, dependiendo del equipo (especialmente su tarjeta gráfica), la aplicación y la resolución geométrica que necesitemos, si bien estos procesos, al realizarse de forma semiautomática, pueden funcionar en segundo plano. Por otra parte, se trata de una herramienta muy flexible, que se puede adaptar a casi cualquier tipo de objeto en la mayoría de las situaciones.

Presenta ciertos inconvenientes a tener en cuenta. En primer lugar, la precisión resultante se altera notablemente en el caso de superficies reflectantes o brillantes. Este problema se puede mitigar utilizando luz polarizada y filtro polarizador, aunque ello tiende a alterar el equilibrio de color y a reducir la fidelidad al original<sup>45</sup>. Las superficies traslúcidas o transparentes (vidrio) también provocan fallos, evitables mediante talco pulverizado, perfectamente probado en la fotografía convencional, pero habitualmente prohibido en objetos arqueológicos por motivos de conservación. Además, la toma de datos fotográficos es especialmente sensible a las condiciones del entorno (iluminación, brillos y sombras), que se pueden controlar mediante accesorios que proporcionan la luz óptima (difusa y multidireccional), pero que son poco operativos al aire libre. Por último, puede resultar complicado documentar correctamente las zonas de “sombra” – áreas que resulta difícil o imposible captar en las fotografías por hallarse ocultas, incluso extremando las precauciones en el diseño de la estrategia de captura. Este inconveniente se produce en igual medida en otras

---

<sup>43</sup> Aparicio *et al.* 2014, 12.

<sup>44</sup> Pereira 2013, 30-32: propósito colorimétrico de conversión, que se obtiene conservando el tono y variando la saturación.

<sup>45</sup> Pereira 2017.

técnicas (por ejemplo, el escáner láser tampoco captará correctamente superficies a las que no impactan los haces proyectados, como orificios, grietas u oquedades).

En resumen, por su excelente relación calidad–coste, sus buenos resultados y su rápida evolución, la fotogrametría se está convirtiendo en el método preferido para la documentación geométrica en las ciencias patrimoniales. Insistamos, no obstante, en que la elección de la técnica debe ir precedida por una planificación, adecuada a la finalidad del proyecto, que defina los objetivos de resolución, precisión geométrica y fidelidad del color, condicionando así los métodos y equipos a utilizar (y, por tanto, el coste de la acción). Su resultado será siempre un conjunto de ficheros digitales que combinan información geométrica y de color. Su contenido, naturaleza y formato pueden ser variados dependiendo de la finalidad (nubes de puntos, mallas triangulares en bruto, mallas optimizadas, texturas de mayor o menor resolución)<sup>46</sup>.

#### **4. Edición 3D para el análisis e interpretación de documentos epigráficos**

La correcta documentación y digitalización geométrica y fotográfica no debe ser una finalidad en sí misma, sino una base para el posterior análisis, investigación, conservación, restauración y socialización del objeto documentado, resultando plenamente pertinentes los principios de finalidad (planificación previa de los objetivos perseguidos por el proyecto, que marcan los niveles de detalle, resolución y precisión necesarios, y no a la inversa) y complementariedad (buscar vías de colaboración con otros métodos y técnicas de distinta naturaleza -gestión integral del patrimonio- para mejorar los actuales procesos de investigación, conservación e interpretación), con su corolario de interdisciplinariedad (involucrando a especialistas de diferentes ramas: Arqueología, Arquitectura, Ingeniería, informática, Historia, interpretación, diseño, medios, etc.)<sup>47</sup>. Para el caso de la Epigrafía, esto se traduce en la participación de epigrafistas en el proyecto – y en condiciones óptimas, su liderazgo –, de tal forma que la colaboración tienda a mejorar los resultados de los métodos epigráficos

---

<sup>46</sup> Para la adecuada gestión de los datos, debe valorarse su accesibilidad -compatibilidad de los ficheros con diferentes aplicaciones- y su preservación por alteración -contrarrestar el riesgo de obsolescencia tecnológica o de administración y asegurar su futura reproducción- (Alonso *et al.* 2022, 328), además de considerar futuras necesidades de mantenimiento económico y tecnológico, y garantizar las más amplias posibilidades de uso en proyectos posteriores evitando la duplicidad, con un criterio de eficiencia (Principio de Sevilla nº 6).

<sup>47</sup> Principios de Sevilla números 1, 2 y 3.

tradicionales de edición y autopsia, en base a los objetivos de la disciplina. Por ello, debemos analizar la forma en que el tratamiento de los modelos tridimensionales puede coadyuvar al análisis de los tres componentes a los que debe atender la edición (soporte, texto y contexto), y a la manera en la que unos y otros se condicionan<sup>48</sup>.

La primera y más evidente utilidad de la fotogrametría se refiere a sus cualidades dimensionales. Disponer del “gemelo digital” de la pieza completa para realizar mediciones detalladas del soporte va a permitir comprender mejor cómo la forma influye en el aspecto final del texto, condiciona su formato y función, y enriquece su contextualización. Puesto que el soporte es la esencia misma del *monumentum epigraphicum*, la ventaja de presentar éste como realmente era se deriva de las mejoradas posibilidades para estudiar el proceso de producción de la pieza, los motivos decorativos o su tipología<sup>49</sup>. La facilidad para practicar mediciones sobre el propio modelo permite análisis dimensionales de los caracteres y sus elementos que hasta hace poco requerían la presencia física de la pieza, y que pueden arrojar luz sobre aspectos como la *ordinatio*, la tipología de los caracteres o la pericia del *lapicida*. Además, las herramientas de cálculo automático, comparación y tratamiento estadístico de los datos, permitirían diversas clasificaciones temáticas, como se ha demostrado en otros campos<sup>50</sup>. Disponer de bancos de datos suficientemente extensos para la aplicación de estas técnicas arrojaría luz sobre cuestiones epigráficas de calado, como la actividad de diferentes *officinae lapidariae*, el territorio sobre el que éstas operaban, o la evolución de su estilo en el tiempo<sup>51</sup>, además de servir de base para la aplicación de métodos de análisis integral apoyados en inteligencia artificial y *deep learning* como *Ithaca*<sup>52</sup>, capaz de completar textos, datar y detectar el lugar de procedencia de inscripciones con notable acierto.

---

<sup>48</sup> Andreu 2009, 42.

<sup>49</sup> Ayudando a que sea percibido por el investigador como real, con todos los detalles, pormenores textuales y monumentales de cada material (Andreu y Serrano 2020, 999).

<sup>50</sup> Estudios sobre miles de tablillas cerámicas con escritura cuneiforme mediante su escaneado 3D con escáner de luz estructurada y comparación de las nubes de puntos obtenidas (Hagelskjær 2022), que han producido resultados tan espectaculares como facilitar la datación de centenares de tablillas en base a sus características (Bogacz y Mara 2022).

<sup>51</sup> A semejanza de las experiencias de análisis dimensional de vasijas cerámicas escaneadas y reconstruidas en 3D (Karasik y Smilansky 2008, Travé 2022).

<sup>52</sup> Desarrollada por un equipo interdisciplinar a partir de las experiencias de Jonathan Prag y Thea Sommerschild, de la Universidad de Oxford, en Sicilia (Assael et al. 2022).

También en relación con el soporte de las inscripciones, es fundamental el apoyo que la documentación tridimensional proporciona, por su carácter no invasivo, a las tareas de conservación y restauración. Así, podemos citar la *anastylosis* virtual (recomposición geométrica) de piezas fragmentadas y deterioradas, la comparación entre diferentes momentos de una misma obra (mediante herramientas informáticas de comparación de nubes de puntos, como *Cloud Compare*), la producción exacta de réplicas, incluso impresas en color<sup>53</sup> (Fig.3), la fabricación de sistemas expositivos y soportes a medida (a partir de la impresión en negativo del modelo de la pieza), la reintegración volumétrica de pérdidas<sup>54</sup>, o la restauración virtual<sup>55</sup>.

En lo referido al texto, la mayor utilidad que pueden ofrecer las técnicas tridimensionales, además de la identificación de tipologías paleográficas mediante medición y tratamiento estadístico, es sin duda la mejora de las prestaciones lectoras del epigrafista<sup>56</sup>. Los métodos tradicionales para la detección de marcas intencionales durante la autopsia, como el calco o la iluminación cruzada, pueden amplificarse notablemente mediante el postproceso de los modelos, en el que podemos diferenciar entre el análisis de la geometría (la malla) y el estudio del color (la textura).

Para el análisis de la geometría, cabe distinguir dos conjuntos de métodos: los basados en sistemas de visualización, y los que se apoyan en la conversión numérica – y posterior traslación de los valores a una escala gráfica – de diferentes características de los puntos de la malla. En el primer grupo destaca la emulación virtual de la iluminación cruzada, produciendo diferentes *renders* (fotografías virtuales) con luces simuladas a medida desde diferentes ángulos. Realizar esta operación sobre la geometría sin textura permite obtener una imagen más clara de su relieve<sup>57</sup>. Partiendo de este mismo principio, se practican variantes basadas en los modos de visualización que ofrecen las aplicaciones de diseño 3D o incluso los visores web. Así, una primera aproximación sencilla puede obtenerse previsualizando el modelo en modo sólido con

---

<sup>53</sup> Munilla *et al.* 2019, sobre la impresión en color de varias piezas para la exposición permanente sobre el yacimiento del Alto de la Cruz (Cortes).

<sup>54</sup> Especialmente en elementos seriados como cornisas o molduras, pero también en piezas en las que se puede deducir el aspecto de los fragmentos destruidos a partir de lo conservado (Tucci *et al.* 2017).

<sup>55</sup> Recreación del aspecto original del objeto, destinada a ser visualizada mediante técnicas como la realidad aumentada o el *video-mapping* (Barberá 2017).

<sup>56</sup> Andreu y Serrano 2020.

<sup>57</sup> Al eliminar las alteraciones de color que pueden distorsionar la interpretación (Pires *et al.* 2015, 417).

*shader* (acabado visual) de tipo *matcap* (*material capture*, que produce automáticamente un material que incorpora luz y sombra) metalizado. La simple observación dinámica de la pieza en rotación, o la producción de capturas de pantalla en ángulos variados, resaltan áreas de interés en la superficie que puede servir de base a análisis posteriores<sup>58</sup>. En el mismo sentido funcionan los llamados *V-PTM* (*Virtual Polynomial Texture Mapping*)<sup>59</sup> y *Radiance Scaling*, que emplean diferentes tipos de *shaders* – fácilmente configurables mediante la aplicación de software libre Meshlab para edición 3D– diseñados para resaltar las cavidades en la superficie del modelo<sup>60</sup>. Estas técnicas, que se han aplicado con éxito en el descifrado de tablillas sumerias con escritura cuneiforme<sup>61</sup>, permiten reducir en gran medida la influencia en la visualización del “ruido de fondo” o marcas no significativas, uno de los obstáculos más habituales para la detección de marcas intencionales. A este mismo fin contribuyen otros dos métodos muy similares: *Morphological Residual Model (MRM)*, que consiste en el remapeado de la superficie del modelo para eliminar los micro-relieves<sup>62</sup>, y *Mesh Comparison*, que muestra las diferencias entre el modelo original de alta resolución y un duplicado decimado o simplificado del mismo<sup>63</sup>.

El segundo grupo de técnicas para el análisis de la geometría lo integran aquellas que realizan el cálculo del valor numérico de alguna característica de la malla referida a su relieve para resaltarla gráficamente, una vez traducido a escala de color. Se trata de generar productos secundarios o derivados, de entre los cuales destacan los modelos digitales de elevación (MDE o DEM), de frecuente uso en el levantamiento de grandes extensiones de terreno<sup>64</sup>. Resultan especialmente significativos en inscripciones realizadas sobre un campo epigráfico plano, que sirve de “cota cero”, a partir de la cual

---

<sup>58</sup> Se ha utilizado con éxito en la lectura de grafitos deteriorados en Egipto (Prada 2019) y de inscripciones romanas en España (Andreu y Serrano 2019a).

<sup>59</sup> V-PTM proyecta iluminación virtual multidireccional sobre el modelo 3D, plasmando el resultado en una representación 2D que, mediante un visor interactivo, permite observar el efecto de los cambios de dirección de forma dinámica (Pires *et al.* 2015, 418).

<sup>60</sup> Las modalidades más convenientes son *Lambertian Radiance Scaling*, que refleja las cavidades en escala de grises, y *Lit Sphere Radiance Scaling*, que permite simular una iluminación ambiental para generar visualizaciones independientes de las cavidades y los resaltes (Carrero y Espinosa 2018).

<sup>61</sup> Malzbender *et al.* 2001.

<sup>62</sup> Pires *et al.* 2015, Torreño 2022.

<sup>63</sup> Carrero y Espinosa 2018.

<sup>64</sup> Útiles por proporcionar una visión precisa de la microtopografía de un espacio para analizar la información espacial morfológicamente (Lucet 2017, 297), y por poder ser procesados con aplicaciones de información geográfica o SIG (Torreño 2022, 85).

el valor numérico de la posición relativa de cada punto de la malla en el eje perpendicular a dicho plano se traslada a una escala cromática (generalmente RGB o HSV, graduada en forma de “arco iris”) para reflejar áreas resaltadas o hundidas. Se ha utilizado con éxito en la detección de petroglifos y grabados rupestres<sup>65</sup>, pero también en la autopsia epigráfica de inscripciones deterioradas<sup>66</sup>.

Carecer de un plano de referencia razonablemente liso (por ejemplo, en soportes cilíndricos o irregulares) obliga a buscar otras características que puedan ser mapeadas para resaltar los relieves. Se han utilizado con éxito las siguientes: *Pointiness* (índice de concentración de vértices en cada zona de la geometría)<sup>67</sup>, *Ambient Occlusion* (grado en el que cada punto de la superficie ocluirá o reflejará la iluminación virtual)<sup>68</sup> y normales (en un modelo 3D, el valor numérico de la dirección hacia la que apunta una cara o un vértice)<sup>69</sup>. Estos mapas pueden ser utilizados directamente en la visualización o ser aplicados al material para combinarse con otras técnicas de visualización, como complementos de la autopsia *de visu*, como la practicada sobre la inscripción funeraria aún inédita de *Caluentius* hallada en Castiliscar, Zaragoza (Fig.4)<sup>70</sup>.

La textura de color obtenida del proceso fotogramétrico ofrece también elementos interesantes en esta labor de apoyo a la lectura. La técnica *Decorrelation Stretching*<sup>71</sup>, fácilmente aplicable mediante DStretch (<https://www.dstretch.com/>), ha popularizado la teledetección de pigmentos a partir de fotografías de alta resolución, resultando fructífera en el ámbito de la documentación del arte rupestre<sup>72</sup> y en cualquier investigación que conlleve identificar colores deteriorados por el tiempo, como en el estudio de vasijas decoradas<sup>73</sup>. Por su reducido coste y carácter no invasivo (frente a la necesidad de extraer muestras físicas), es cada vez más utilizada en detrimento del análisis químico de pigmentos, y puede aplicarse a fotografías originales, a *renders* de

---

<sup>65</sup> Ruiz *et al.* 2015.

<sup>66</sup> Andreu y Serrano 2019b.

<sup>67</sup> Especialmente significativo en modelos de alta resolución (Andreu y Serrano 2019a, 5).

<sup>68</sup> Carrero y Espinosa 2018, 8.

<sup>69</sup> Bodel 2012, 290.

<sup>70</sup> En esta estela, la lectura con luz rasante realizada por el profesor Andreu arrojó algunas dudas sobre varios caracteres, que pudieron resolverse gracias a los materiales gráficos obtenidos del modelo 3D en alta resolución del campo epigráfico (Andreu y Serrano 2019).

<sup>71</sup> Alargamiento de la decorrelación, o alteración de los espacios colorimétricos mediante algoritmos de cálculo personalizables para el resalte de uno o varios colores (Le Quellec *et al.* 2013, 181).

<sup>72</sup> A modo de ejemplos, Martínez *et al.* 2013, Ruiz *et al.* 2015, Ruiz 2016, 116.

<sup>73</sup> Rodríguez *et al.* 2019.

alta resolución de los modelos, o incluso a la textura obtenida mediante fotogrametría, para crear modelos en falso color con el resalte de la gama buscada. En el ámbito de la Epigrafía, se emplea de manera muy excepcional y accesoria como asistente en la autopsia para identificar caracteres mediante la detección de pigmentos – especialmente la *rubrica* o relleno con pintura roja de las letras, tan frecuente en el mundo romano-, pero al tratarse precisamente de piezas deterioradas, es la pintura el primer elemento que se pierde<sup>74</sup>. Otra posible línea de investigación es la referida a las concreciones calcáreas o acumulaciones minerales depositadas en las cavidades de la inscripción, como, con cierto éxito, se practicó sobre un altar votivo procedente del entorno de Santa Criz de Eslava, Navarra (Fig.5)<sup>75</sup>, o en Portugal, para la revisión de una inscripción deteriorada a partir de fotografías de archivo<sup>76</sup>. La fluorescencia de rayos X presenta ciertas similitudes con la teledetección de pigmentos, y se ha empleado con acierto para detectar partículas de determinados metales (hierro o plomo) que las herramientas utilizadas para la fabricación de la inscripción incrustaron en la piedra durante su talla<sup>77</sup>. Aunque arroja resultados espectaculares, sus dificultades técnicas y elevado coste dificultan su aplicación en el futuro.

Podemos finalizar refiriéndonos al último de los elementos objeto de la investigación epigráfica: el contexto. La aportación de la virtualización patrimonial es menos notable en este campo, salvo por los hallazgos que puedan deducirse de las técnicas expuestas. Por ejemplo, se puede extraer interesantes conclusiones técnicas y organizativas a partir de la identificación de *officinae* mediante el estudio dimensional de textos y soportes. La teledetección y el resalte de pigmentos permiten documentar la restitución hipotética de la policromía, arrojando luz sobre la cuestión de la pintura de los elementos decorativos en los monumentos escultóricos y arquitectónicos de época clásica. Por último, disponer de modelos tridimensionales facilita la presentación de hipótesis de interpretación funcional<sup>78</sup>.

---

<sup>74</sup> Así, en el citado ejemplo de la estela funeraria de Castiliscar, su aplicación no produjo ningún resultado apreciable (Andreu y Serrano 2019a, 5).

<sup>75</sup> Andreu y Serrano 2019b, 119-120.

<sup>76</sup> Obteniendo mejores resultados mediante filtros de convolución de paso alto y texturas *co-ocurrence* combinadas con presentaciones en escala de grises y en falso color, jugando con las bandas de imagen (D'Encarnaçao *et al.* 2018, 26).

<sup>77</sup> Bodel 2012, 287-289.

<sup>78</sup> Como la realizada sobre la *cupa* anepígrafa hallada en Uncastillo, Zaragoza (Andreu 2018, 69-70).

## 5. Técnicas aplicadas a la socialización

Frente a los conceptos más tradicionales de difusión o divulgación, está ya plenamente aceptado el uso del término socialización del patrimonio para referirse a todas aquellas actuaciones tendentes a transmitir a la sociedad el resultado de las actividades de investigación e interpretación. Al constatar que todos y cada uno de los miembros de la sociedad son los auténticos propietarios del patrimonio histórico, arqueológico, artístico y cultural, es de recibo que, en última instancia, su resultado revierta en el conjunto social y contribuya al incremento del conocimiento humano, siendo sus destinatarios la comunidad científica internacional y la sociedad en general<sup>79</sup>. Metodológicamente, el trinomio documentación-valorización-difusión se hace congruente a través del nexo de la didáctica: una documentación geométrica válida debe ser filtrada y organizada con criterio didáctico (valorización)<sup>80</sup>. Podemos así deducir dos canales de comunicación, diferentes pero complementarios, a los que las técnicas de documentación y análisis tridimensionales pueden contribuir: el destinado a la difusión puramente científica y académica, y el dirigido al público en general.

En cuanto al primero, en el ámbito epigráfico ha existido, desde sus inicios como ciencia moderna en el siglo XIX, una tradicional vocación hacia la publicación de *corpora* de inscripciones, especialmente el *Corpus Inscriptionum Latinarum* (CIL), una labor que supuso la coordinación de numerosos epigrafistas y tuvo su continuidad por la necesidad constante de actualización (*Supplementa, Ephemeris Epigraphica*), y durante todo el siglo XX a través de órganos editoriales especializados como *L'Année Epigraphique* y revistas epigráficas, para llegar, en las décadas finales del siglo XX, a la creación de las bases de datos epigráficas y su puesta a disposición de los investigadores mediante su alojamiento web en acceso abierto<sup>81</sup>. La llamada "Epigrafía

---

<sup>79</sup> Principio de Sevilla nº 2.4.

<sup>80</sup> Uribe *et al*- 2012, 99.

<sup>81</sup> Siendo pioneros el programa PETRAE (<https://petrae.huma-num.fr/fr/>), *Epigraphische Datenbank Heidelberg* (<https://www.uni-heidelberg.de/institute/sonst/adw/edh/indexe.html>), *Frankfurter Datenbank zur Lateinischen Epigraphik* (<http://www.manfredclauss.de/>), *Epigraphic Database Roma* (<http://www.edr-edr.it/default/index.php>) o *Hispania Epigraphica* (<http://eda-bea.es/>) que, junto con otras bases de datos locales y regionales, constituyen actualmente herramientas imprescindibles para todo epigrafista (Andreu 2009, 23-27).

digital” ha supuesto una auténtica revolución en la disciplina, no sólo por sus prestaciones para el investigador, sino también por su potencial didáctico<sup>82</sup>.

En este sentido, las técnicas de virtualización patrimonial están ya contribuyendo a enriquecer la comunicación de diversas maneras. La más sencilla e inmediata, con el uso de modelos 3D para crear materiales gráficos adaptados a las convenciones de la disciplina. En efecto, si la fotografía vino a complementar al dibujo tradicional y al calco añadiendo mayor cantidad de detalles, podemos producir, a partir de los modelos, fotografías virtuales (*renders*) que emulan la presentación tradicional, pero mejorando, corrigiendo o añadiendo información relevante. Así, un *render* ortográfico u ortofoto<sup>83</sup> evita la deformación debida a la perspectiva que el objetivo de la cámara puede introducir, según el equipo fotográfico y sus parámetros, y que dificulta la toma de mediciones sobre la imagen. Además, disponer de la pieza completa facilita obtener capturas desde todos los puntos de vista relevantes para una completa publicación del soporte. Por último, para mayor claridad, puede ir acompañada de tomas adicionales en perspectiva que faciliten su interpretación integral, lo cual resulta muy útil con soportes irregulares, como los grafitos y sellos sobre herramientas o vasijas (Fig.6)<sup>84</sup>.

Un paso más en la difusión científica consiste en el almacenamiento de los propios modelos y su publicación mediante diferentes sistemas de visualización. La forma más asequible consiste en enlazar, en la propia publicación, el visor de la pieza en alguno de los museos virtuales 3D mencionados más arriba<sup>85</sup>. Por otra parte, la práctica universalización del formato digital en las publicaciones científicas permite incrustar en el propio documento (habitualmente en formato PDF, pero también en cualquier soporte HTML) un visor 3D interactivo con el modelo a escala, que el usuario puede manipular para observarlo en todas sus vistas y realizar algunas operaciones sencillas,

---

<sup>82</sup> Orlandi 2022, 184.

<sup>83</sup> Una ortofoto es un archivo de imagen obtenido de la vista del modelo como proyección ortogonal de esa vista, con una escala uniforme, y por tanto, susceptible de ser utilizada como un mapa para obtener mediciones y calcos digitales (Charquero 2016, 145).

<sup>84</sup> Andreu y Delage 2017: uso complementario de calco, dibujo tradicional y técnicas de resalte de la geometría para la publicación de un grafito sobre un en el entorno de Los Bañales.

<sup>85</sup> Andreu y Serrano 2019a, 3.

como la toma de medidas, por ejemplo, sobre la profundidad de la talla, que rara vez es pormenorizada en la publicación (Fig.7)<sup>86</sup>.

Combinar las bases de datos epigráficas con la visualización tridimensional de las piezas puede expandir las perspectivas. La versatilidad de los visores 3D los hace fácilmente integrables, mediante un *embedded code*, en cualquier entorno web, como es la ficha epigráfica de cada inscripción, para complementar la información de manera eficiente. Fue pionero en esta labor el portal *The Digital Epigraphy and Archaeology Project* de la Universidad de Florida, incorporando a sus fichas de inscripción visores de acceso abierto para la difusión de modelos tridimensionales de calcos y otros materiales<sup>87</sup>. Más recientemente, lo ha llevado a la práctica el *Institute Ausonius*, gestor de la base *PETRAE*, integrando en sus fichas más de setenta visores 3D correspondientes a piezas que se conservan en el *Musée d'Aquitaine*, lo que supone un hito y un referente en este campo<sup>88</sup>. Para facilitar los intercambios, es preciso gestionar los datos y estandarizar los formatos, y la iniciativa *EpiDoc (Epigraphic Documents in XML)* puede aportar avances, ya que posibilita almacenar en formato XML, de gran compatibilidad, datos sobre cada inscripción (incluyendo su *lectio*, su fotografía, y, quizá en el futuro, también su modelo 3D)<sup>89</sup>.

Pasando ya a la comunicación dirigida al público en general, es preciso puntualizar que, de los tres elementos objeto de la investigación epigráfica (soporte, texto y contexto), y sin desdeñar las posibilidades relativas a los dos primeros, es el contexto el que mayores retos plantea. En la difusión resulta esencial transmitir todos aquellos aspectos que se desprenden o rodean a la inscripción: su función cultural, religiosa, social, política y económica; las cuestiones lingüísticas y étnicas a las que remite su texto; los aspectos técnicos y organizativos de su fabricación (materiales, herramientas, técnicas de talla y pintura, el *lapicida*, las *officinae lapidariae*, los *collegia*); su influencia en la configuración de los paisajes (especialmente el urbano), o la extensión del hábito epigráfico en cada época y sus causas (sin olvidar las

---

<sup>86</sup> Es pionera en este sentido la publicación de la *editio princeps* de una inscripción funeraria (*AE* 2019, 899), en la que, además de ortofotos frontal y trasera de la pieza, y por primera vez en una publicación de naturaleza epigráfica, puede visualizarse el modelo 3D en el propio artículo (Andreu 2019, 3 y 7).

<sup>87</sup> Bozia *et al.* 2014.

<sup>88</sup> Comte *et al.* 2021, 74 y Navarro *et al.* 2022, 218, en el marco del citado proyecto *Valete vos Viatores!*

<sup>89</sup> Bodard 2010, 6.

manifestaciones “populares” de la inscripción, los sellos comerciales y los grafitos, fruto del alto índice de alfabetización de la población)<sup>90</sup>.

Para la consecución de este objetivo, las técnicas de informática gráfica son especialmente adecuadas por su carácter esencialmente visual y su componente potencialmente interactivo, ya que permiten crear y transmitir imágenes de gran potencia comunicativa. De ello se deriva la responsabilidad – común a cualquier forma de recreación histórica - de guiarse primordialmente por el principio de autenticidad, que se define como la posibilidad de saber qué es real, veraz y auténtico y qué no, lo que implica decidir entre diferentes hipótesis de interpretación alternativas e indicar el nivel de veracidad que sustenta a cada elemento<sup>91</sup>. De ello se infiere que cuanto mejor sea la documentación del patrimonio arqueológico, mayor será la rigurosidad histórica obtenida. Precisamente por su capacidad comunicativa, los materiales gráficos provenientes de la documentación y diseño 3D – y especialmente la recreación – poseen ya un largo recorrido e infinidad de experiencias. Como ejemplo de buenas prácticas en la fundamentación de una recreación podemos citar los trabajos realizados sobre el pecio Bou Ferrer, mediante la combinación de la fotogrametría subacuática y terrestre como base para la recreación<sup>92</sup>.

Respecto de las experiencias sobre tema epigráfico, podemos clasificarlas en dos grandes grupos: por una parte, las destinadas a apoyar la musealización de las propias piezas o entornos arqueológicos, ofreciendo información adicional al visitante sobre los objetos que tiene presentes; por otra, los materiales producidos para su difusión autónoma mediante cualquier canal de comunicación disponible. En todo caso, como iremos comprobando, casi todos los materiales diseñados para un uso pueden acomodarse al otro (y así debe hacerse, en virtud del principio de eficiencia)<sup>93</sup>.

De entre las aplicaciones destinadas a la difusión del soporte, debemos destacar los museos virtuales 3D. Estos ejemplifican las nuevas posibilidades que la popularización de la informática gráfica tridimensional ha aportado a la difusión: en cuanto al objeto,

---

<sup>90</sup> Se trata, pues, de estimular el conocimiento espacial y de los escenarios históricos, así como de fomentar la interiorización sobre conceptos vinculados al propio dinamismo de la Historia y de percibir, en primera persona, conceptos históricos y sociológicos complejos (Andreu *et al.* 2022a, 569).

<sup>91</sup> Principios de Sevilla nº 4.

<sup>92</sup> Aparicio y Marqués 2021.

<sup>93</sup> Principio de Sevilla nº 6.

ampliando el rango de interés (antes se limitaban a las piezas más espectaculares, artísticas o monumentales); en lo relativo a la interfaz (con nuevas presentaciones interactivas en las que el espectador controla la forma en la que se le muestra el objeto y la información); en las posibilidades de interactuar y ampliar la información (diseñando experiencias a diferentes niveles, en base al interés por profundizar en la materia), y en los medios para aplicar *in situ* los materiales producidos para llegar al público (puntos interactivos, dispositivos móviles)<sup>94</sup>. Junto con las referidas colecciones históricas y arqueológicas que incluyen también inscripciones, destacaremos dos por su temática e intención puramente epigráficas: *Epigraphia 3D*, que muestra inscripciones escaneadas fotogramétricamente en el Museo Arqueológico Nacional (Madrid) y en el Museo Nacional de Arte Romano (Mérida) con intención esencialmente didáctica<sup>95</sup>; y el museo virtual *Valete vos Viatores!* (Fig.8), con casi doscientas inscripciones<sup>96</sup>. La versatilidad de estos materiales ha permitido su implantación como complemento de la musealización de las piezas conservadas en el *Musée d'Aquitaine*, en una aplicación ejemplar del principio de eficiencia, de forma muy sencilla y a bajo coste<sup>97</sup>. Así mismo se encuentra en proceso de creación el entorno web específico del proyecto *Epigraphica 3.0*, citado más arriba, que ofrecerá acceso a los modelos 3D de las inscripciones romanas de la provincia de Ourense mediante visores 3D<sup>98</sup>.

Debe también citarse, por su interés instrumental, ATON, aplicación libre de código abierto que posibilita la creación de visores 3D incrustables en cualquier entorno web, con total libertad para configurar la interfaz y las características de visualización, incluyendo realidad virtual y aumentada. Se encuentra ya plenamente funcional y produciendo resultados prometedores<sup>99</sup>. Así mismo, en relación con el soporte, destacaremos los trabajos de *anastylosis* virtual sobre inscripciones conservadas en el *Musée de la Romanité* de Nimes y su comunicación mediante proyección de *video-*

---

<sup>94</sup> Serrano 2019, 525.

<sup>95</sup> Ramírez 2015.

<sup>96</sup> En las que se prima en todo caso la transcripción del texto, el enlace a la base de datos correspondiente y la bibliografía de referencia (Andreu 2022, 36).

<sup>97</sup> Mediante la instalación junto a cada una de ellas de un sencillo código QR que remite al visor correspondiente del Museo Virtual (Navarro *et al.* 2022, 217).

<sup>98</sup> <https://epigraphica30.marsmachine.space/inscripciones>.

<sup>99</sup> Como el tour virtual por la reconstrucción del templo de Nora en Cerdeña (Fanini *et al.* 2021).

*mapping* de las versiones reconstituidas – junto con otros contenidos – directamente sobre las piezas, que se convierten así en vehículos de transmisión del contexto<sup>100</sup>.

Más complejo se presenta el uso de las técnicas de virtualización para la difusión sobre el texto, segundo objeto de la Epigrafía, pero podemos reseñar dos interesantes experiencias realizadas en Italia. En primer lugar, el Museo Nazionale Romano ha implantado en su comunicación social técnicas de *storytelling* combinadas con imágenes de piezas inscritas<sup>101</sup>. Un paso más avanza el excelente trabajo de los *Musei Civici di Reggio Emilia*, que combinan la transmisión de “historias epigráficas” con un tour virtual interactivo por el museo<sup>102</sup>. Podemos referir también la aproximación didáctica a la técnica y sus implicaciones lingüísticas mediante la exposición animada del texto sobre el modelo 3D de la pieza y una explicación de cada línea<sup>103</sup>.

Atendiendo a la transmisión del contexto, la recreación virtual, sinónimo de simulación visual y reconstrucción 3D, constituye un recurso poderoso que no solo genera imágenes para iluminar aspectos del pasado de una forma atractiva y sencilla, sino que facilita también su interpretación arqueológica<sup>104</sup>. Las técnicas de virtualización permiten crear materiales gráficos adaptados a la materia que se desea explicar, por lo que, desde sus inicios, ha sido utilizada para presentar alzados, secciones, axonometrías y cualquier otra vista capaz de mejorar la comprensión del conjunto<sup>105</sup>. Una reconstrucción visual funciona como una imagen viva, fluida y abierta para seguir pensando la realidad del registro arqueológico en un diálogo abierto y continuo con la interpretación, al chequear las ideas e hipótesis que surgen al enfrentarnos con el registro arqueológico a través de imágenes<sup>106</sup>.

Gracias a su versatilidad para ser comunicadas mediante diferentes soportes, las recreaciones mediante diseño 3D permiten ir un paso más allá. Sin excluir las tradicionales infografías, debe tenerse en cuenta que elaborar recreaciones mediante escenas 3D es una tarea laboriosa y, por lo tanto, costosa, por lo que son

---

<sup>100</sup> Andreu 2022, 40.

<sup>101</sup> Con notable éxito durante el cierre forzoso por la pandemia (Caruso y Pergola 2022, 108-113).

<sup>102</sup> Creado a bajo coste mediante *Street View* en el marco del proyecto *Google Arts* (Uglietti 2022, 155).

<sup>103</sup> Tutoriales sobre epigrafía del profesor Javier Andreu Pintado (Universidad de Navarra) en el canal de videos <https://www.youtube.com/@JavierAndreu/videos> (Andreu 2022, 40).

<sup>104</sup> Rodríguez *et al.* 2021, 17.

<sup>105</sup> Especialmente para musealizar entornos arqueológicos (Almagro 2019, 25; Rodríguez 2011, 111).

<sup>106</sup> Rodríguez *et al.* 2021, 16.

especialmente adecuadas para crear materiales audiovisuales dinámicos, inmersivos e interactivos. Podemos ejemplificar estas características con las acciones realizadas en el entorno de la ciudad romana de Los Bañales: así, un video-recorrido, como el realizado por el foro<sup>107</sup>, es plenamente dinámico, pero no es inmersivo y presenta una interactividad nula. Mayor interactividad y plena inmersión presentan las aplicaciones de realidad virtual sobre imágenes de 360º, que pueden componerse fácilmente desde el modelo y transmitirse mediante códigos QR ubicados en cartelas en puntos estratégicos del recorrido, proporcionando información adicional y un interesante complemento a la visita<sup>108</sup>. Un videojuego en primera persona, como el desarrollado en el ya citado proyecto *Valete vos Viatores!* (Fig.9)<sup>109</sup>, es al mismo tiempo inmersivo e interactivo, resultando especialmente útil para conectar con el público joven<sup>110</sup>.

## Conclusiones

Sin pretender resultar exhaustivo, el panorama descrito nos ha permitido clasificar sistemáticamente las diversas formas de aplicar las técnicas de virtualización patrimonial (documentación, edición y diseño 3D) a los estudios epigráficos. Satisfaciendo su carácter auxiliar y complementario, ha tenido como eje y referencia los métodos y objetos de la Epigrafía (soporte, texto y contexto), así como sus diferentes momentos de actuación (documentación y registro, análisis e interpretación, difusión y socialización), comunes a otros estudios patrimoniales.

Pese a su aparición relativamente reciente, hemos podido comprobar que son muchos y notables los logros conseguidos. No obstante, podemos apuntar, en todos los ámbitos, líneas de trabajo que permitirían obtener avances espectaculares. En primer lugar, universalizar la digitalización tridimensional de las inscripciones y crear bancos de datos extensos y accesibles proporcionaría herramientas útiles al investigador. Es previsible que esta tarea se vea facilitada por la rápida evolución en los dispositivos y aplicaciones (*hardware* y *software*) utilizados para la producción, edición y visualización de modelos fotogramétricos. Esta acción debería ser coordinada – tal vez incluso promovida y financiada – por alguna autoridad transnacional (probablemente,

---

<sup>107</sup> Andreu y Serrano 2015, 110. Enlace al video: <https://www.youtube.com/watch?v=x-BxvqrTGVE>.

<sup>108</sup> Zapater 2018.

<sup>109</sup> Andreu *et al.* 2022b.

<sup>110</sup> Mediante la gamificación, pasando del *simply watching* al *learn by doing* (Hidalgo 2012, 76-77).

para las inscripciones latinas, en el ámbito de la Unión Europea), lo que favorecería la necesaria estandarización de la actividad con la implantación de protocolos que sirvan de guía a la producción de modelos y metadatos asociados, junto con una garantía para la conservación de los ficheros y formas de acceso eficaz (apoyándose en las bases de datos epigráficas *online* existentes, con la integración de visores 3D en sus fichas web) que faciliten la aplicación de nuevas herramientas basadas en la inteligencia artificial<sup>111</sup>.

En relación con la socialización de los resultados, es previsible una progresiva implantación de las herramientas museográficas apuntadas en el texto (realidad virtual o aumentada, puntos de información), así como de otras especialmente dirigidas a su difusión en medios digitales a través de Internet. Unas y otras se encuentran en una fase de rápidos cambios y desarrollos que, previsiblemente, acabarán decantando en unas preferencias determinadas para el público. También promete resultados el campo de las aplicaciones para la accesibilidad a los contenidos por parte de personas con determinadas discapacidades, como la impresión 3D para la creación de interfaces táctiles para personas con discapacidad visual<sup>112</sup>.

Por último, las aplicaciones de diseño 3D, combinadas con motores de renderizado y videojuegos, permiten ambientar entornos con gran realismo y una calidad gráfica hasta hace poco inimaginable. La creciente capacidad de cálculo y almacenamiento de los equipos informáticos hace que resulte cada vez más sencillo y económico acometer una acción de recreación virtual en 3D y transmitirla mediante soportes diversos. En este entorno, es importante disponer de profesionales que cuenten con una formación mixta en estas técnicas y en la disciplina de la que se trate<sup>113</sup>.

Se trata, en suma, de asentar las buenas prácticas, obteniendo todo el partido los futuros avances tecnológicos, pero sin apartar nunca la vista de la ciencia a cuyo auxilio y complemento debe subordinarse la virtualización.

---

<sup>111</sup> Como el citado modelo Ithaca (Assael et al. 2022).

<sup>112</sup> Andreu 2022, 41.

<sup>113</sup> La coordinación de equipos interdisciplinarios (Molina *et al.* 2020, 318) dibuja un terreno laboral para diseñadores con formación en Arqueología, Historia o Epigrafía, o bien para arqueólogos, historiadores, restauradores y epigrafistas capaces de manejar con soltura las técnicas de virtualización patrimonial.

## Bibliografía

Almagro Gorbea, Antonio. "Medio siglo documentando el patrimonio arquitectónico con fotogrametría". *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, nº 11 (2019), pp. 4-30.

Alonso Leija-Román, David; Valle Chavarría, Lorena Gertrudis; Montes Rojas, M<sup>a</sup> Luisa. "Fotogrametría como recurso de virtualización en la difusión y preservación digital de patrimonio tangible". *Revista General de Información y Documentación*, Vol. 3, nº. 2 (2022), DOI: <https://dx.doi.org/10.5209/rgid.81373>

Andreu Pintado, Javier. "Una nueva *cupa solida* en el antiguo territorio vascón (Uncastillo, Zaragoza)". En *Studia Historica in Honorem Prof. Urbano Espinosa Ruiz*, coordinado por Castillo Pascual, Pepa; Iguácel de la Cruz, Pilar, pp. 59-70. Logroño: Universidad de La Rioja, 2018.

Andreu Pintado, Javier. "Un nuevo "*titulus sepulchralis*" en territorio vascón (Cabezo Ladrero, Sofuentes, Zaragoza)". *Cuadernos de Arqueología*, vol. 27 (2019), pp. 153-161.

Andreu Pintado, Javier. "*Valete vos Viatores!* Nuevas herramientas para la didáctica de la Epigrafía romana". En *Valete Vos Viatores: travelling through latin inscriptions across the roman empire*. Editado por Andreu Pintado, Javier; Alguacil Vilanúa, Elena; Redentor, Armando, pp. 19-52. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2022.

Andreu Pintado, J. (Coord.). *Fundamentos de Epigrafía Latina*. Madrid: Liceus, Servicios de Gestión y Comunicación, 2009.

Andreu Pintado, Javier; Delage González, Inmaculada. "Un singular grafito sobre *sigillata hispanica* hallado en Los Bañales de Uncastillo, Zaragoza (*Conventus Caesaraugustanus*)". *Ficheiro epigrafico*, no 152 (2017), pp. 609-635.

Andreu Pintado, Javier; Ibero Iriarte, Iker; Serrano Basterra, Pablo. "*Valete vos Viatores!* Videogamificando la ciudad romana de Los Bañales de Uncastillo". En *Actas IV Congreso Arqueología y Patrimonio Aragonés*, 2022, pp. 565-574. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón.

Andreu Pintado, Javier; Ibero Iriarte, Iker; Serrano Basterra, Pablo. "Vino viejo en odres nuevos: un videojuego de contenido epigráfico". En *Valete Vos Viatores: travelling through latin inscriptions across the roman empire*. Editado por Andreu Pintado, Javier; Alguacil Vilanúa, Elena; Redentor, Armando, pp. 63-94. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2022.

Andreu Pintado, Javier; Serrano Basterra, Pablo. "Forum Renascens (Los Bañales de Uncastillo, Zaragoza). Arqueología de la Arquitectura de un foro romano al servicio de la difusión por medio de la Arqueología Virtual". *Virtual Archaeology Review*, Vol. 6, nº 12 (2015), pp. 109-121.

Andreu Pintado, Javier; Serrano Basterra, Pablo. "Utilidades de la fotogrametría digital 3d en la investigación epigráfica y en la transferencia social de sus resultados: el caso del Museo Virtual

de Santa Criz de Eslava (Navarra)". *Cuadernos del Marqués de San Adrián: revista de humanidades*, nº. 11 (2019), pp. 107-127.

Andreu Pintado, Javier; Serrano Basterra, Pablo. "Contributions of the digital photogrammetry and 3D modelling of Roman inscriptions to the reading of damaged *tituli*: An example from the Hispania Tarraconensis (Castiliscar, Saragossa)". *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, Vol. 12 (2019), p. e00091.

Andreu Pintado, Javier; Serrano Basterra, Pablo. "Epigrafía 3D: posibilidades de la digitalización de inscripciones romanas en el marco de la Epigrafía Digital". En *Ex Baetica Romam: Homenaje a José Remesal Rodríguez*, coordinado por Revilla Calvo, Víctor; Aguilera, Antonio; Pons Pujol. Lluís; García Sánchez, Manuel, pp. 975-1012. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona, 2020.

Andreu Pintado, Javier; Serrano Basterra, Pablo. "Virtual Epigraphy: Virtual Museums and 3D Epigraphy". En *Epigraphy in the Digital Age : Opportunities and Challenges in the Recording, Analysis and Dissemination of Inscriptions*. Editado por Espinosa Espinosa, David; Vázquez Soriano, Isabel, pp. 27-45. Oxford: Archaeopress Publishing Ltd, 2021.

Angás Pajas, J. "Documentación geométrica del patrimonio cultural. Análisis de las técnicas, ensayos y nuevas perspectivas". En *Caesaraugusta*, nº 86. Zaragoza: Institución Fernando el Católico, 2019.

Aparicio Resco, Pablo; Carmona Barrero, Juan Diego; Fernández Díaz, Miguel; Martín Serrano, Pere M. "'Fotogrametría Involuntaria': rescatando información geométrica en 3D de fotografías de archivo". *Virtual Archaeology Review*, Vol. 5 Número 10 (2014), pp. 11-20.

Aparicio Resco, Pablo; Marqués González, Néstor F. "Fotogrametría de estudio y reconstrucción virtual en 3D del Bou Ferrer". En *El Pecio Bou Ferrer (la Villajoyosa, Comunidad Valenciana, España): Investigación, conservación y divulgación de un yacimiento subacuático excepcional (2012-2019)* coordinado por de Juan Fuertes, Carlos; Cibecchini, Franca; Espinosa Ruiz, Antonio; Moya Montoya, José Antonio, pp. 327-331. Valencia: Generalitat Valenciana, Llig- Llibrerías de la Generalitat, 2021.

Assael, Yannis; Sommerschild, Thea; Shillingford, Brendan; Bordbar, Mahyar; Pavlopoulos, John; Chatzipanagiotou, Marita; Androutsopoulos, Ion; Prag, Jonathan; de Freitas, Nando. "Restoring and attributing ancient texts using deep neural networks". *Nature* nº 603, 2022, pp. 280–283.

Azkarate Garai-Olaun, Agustín; Doménech-Belda, Carolina; Escribano-Ruiz, Sergio; Gutiérrez Lloret, Sonia; Kiss, Débora; Sánchez Pinto, Iban; Solaun Bustinza, José Luis. *Arqueología de la Arquitectura. Una experiencia práctica para el análisis arqueológico de edificios históricos*. Alicante: Instituto Universitario de Investigación en Arqueología, Patrimonio Histórico (INAPH) y Publicacions Universitat d'Alacant, Colección Petracos, nº 9, 2019.

Barberá Ginés, Aleix. “Fotogrametria per a la conservació- restauració de béns culturals”. *UNICUM*, Núm. 17 (2018), pp. 57-76. Barcelona: Escola Superior de Conservació i Restauració de Bens Culturals de Catalunya, 2017.

Biston-Moulin, Sébastien; Thiers, Christophe. “The Karnak Project: A Comprehensive Edition of the Largest Ancient Egyptian Temple”. En *Crossing Experiences in Digital Epigraphy. From Practice to Discipline*, editado por De Santis, Annamaria; Rossi, Irene, pp.155-164. Online: De Gruyter Open Access, DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/9783110607208>, 2018.

Bodard, Gabriel. “EpiDoc: Epigraphic documents in XML for publication and interchange”. En *Latin On Stone: epigraphic research and electronic archives*, editado por Feraudi-Gruénais, Francisca, pp. 101-18. Lanham (Maryland): Lexington Books, 2010.

Bodel, John. “Latin epigraphy and the IT revolution”. En *Epigraphy and the historical sciences*, editado por Davies, John; Wilkes, John. Oxford: Oxford University Press, 2012

Bogacz, Bartosz; Mara, Hubert. “Period classification of 3d cuneiform tablets with geometric neural networks”. En *17th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*, pp. 246–251. Online: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020.

Böhler, Wolfgang; Bordas Vicent, Monica; Heinz, Guido; Marbs, Andreas; Müller, Hartmut. “High Quality Scanning and Modeling of Monuments and Artifacts”. En *Proceedings FIG Working Week 2004*. Online: International Federation of Surveyors, 2004.

Bozia, Eleni; Barmpoutis, Angelos; Wagman, Robert S. “Open-Access Epigraphy. Electronic Dissemination of 3D-digitized Archaeological Material”. En *Proceedings of the International Conference on Information Technologies for Epigraphy and Digital Cultural Heritage in the Ancient World (EAGLE 2014)*, Paris, 2014.

Caballero Zoreda, Luis. “El dibujo arqueológico. Notas sobre el registro gráfico en arqueología”. *Papeles del Partal*, nº 3 (2006), pp. 75-95.

Cabezos Bernal, Pedro M.; Rossi, Adriana. “Técnicas de musealización virtual. Los capiteles del monasterio de San Cugat”. *Expresión Gráfica Arquitectónica*, Vol. 22, nº. 29 (2017), pp. 48-57.

Carrero Pazos, Miguel; Espinosa Espinosa, David. “Tailoring 3D modelling techniques for epigraphic texts restitution. Case studies in deteriorated roman inscriptions”. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, no.9 (2018), pp. E00079.

Caruso, Carlotta; Pergola, Agnese. “Avvicinarsi agli antichi attraverso l’epigrafia: l’esperienza sui canali social del Museo Nazionale Romano”. En *Valete Vos Viatores: travelling through latin inscriptions across the roman empire*. Editado por Andreu Pintado, Javier; Alguacil Vilanúa, Elena; Redentor, Armando, pp. 95-134. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2022.

Charquero Ballester, Ana María. “Práctica y usos de la fotogrametría digital en Arqueología”. *DAMA. Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico*, nº 1 (2016), DOI:10.14198/dama.2016.1.10.

Comte, Florent; González Bordas, Hernán; Navarro Caballero, Milagros; Prévôt, Nathalie. "Tools Integration for Understanding and Deciphering Inscriptions in the PETRAE Database". En *Epigraphy in the Digital Age : Opportunities and Challenges in the Recording, Analysis and Dissemination of Inscriptions*, editado Por Espinosa Espinosa, David; Vázquez Soriano, Isabel pp. 71-82: Oxford Archaeopress Publishing Ltd.

D'Encarnaçao, José. *Epigrafía. As pedras que falan*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

D'Encarnaçao, José; Farjas Abadía, Mercedes; González Herrero, Marta; Gutiérrez Alonso, Aroa. "Digitalização de documentos epigráficos: Em busca de um deus e de uma oferenda (IRPC 339)". *Antrope*, nº 9 (2018), pp. 20-34.

De Reu, Jeroen; Plets, Gertjan; Verhoeven, Geert; De Smedt, Philippe; Bats, Machteld; Cherretté, Bart; De Maeyer, Wouter; Deconynck, Jasper; Herremans, Davy; Laloo, Pieter; Van Meirvenne, Marc; De Clercq, Wim. "Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritag". *Journal of Archaeological Science*, nº 40 (2013), pp. 1108-1121.

Der Manuelian, Peter. "The 2D/3D conundrum: An epigraphic experiment from the early days of digital epigraphy". Digital Epigraphy - An Epigraphic survey. Harvard University (2019). <https://www.digital-epigraphy.com/projects/the-2d-3d-conundrum-an-epigraphic-experiment-from-the-early-days-of-digital-epigraphy> [Consulta: 21/02/2023]

Díaz Gómez, Francisco; Jiménez Peiró, Josué; Barreda Benavent, Amparo; Asensi Recuenco, Bárbara; Hervás Juan, Juan. "Modelado 3D para la generación de patrimonio virtual". *Virtual Archaeology Review*, Vol. 6 Número 12 (2015), pp. 29-37.

Eren, Gönen (2010). *3D scanning of transparent objects*. [Tesis Doctoral, Université de Bourgogne, HAL Id: tel-00584061, version 1]. URL: <https://www.theses.fr/2010DIJOS029>.

Espinosa Espinosa, David; Carrero Pazos, Miguel. "Tecnologías digitales para el estudio, la difusión y preservación del patrimonio histórico y cultural gallego: contribuciones del proyecto Epigraphica 3.0". *SÉMATA, Ciencias Sociais e Humanidades*, Vol. 30 (2018), pp. 461-478.

Fanini, Bruno; Ferdani, Daniele; Demetrescu, Emanuel; Berto, Simone; d'Annibale, Enzo. "ATON: An Open-Source Framework for Creating Immersive, Collaborative and Liquid Web-Apps for Cultural Heritage". *Applied Sciences*, nº 11(22) (2021):11062.

Forte, Maurizio. "3D Archaeology: New Perspectives and Challenges—The Example of Çatalhöyük". *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies*, Vol. 2, nº. 1 (2014), DOI:10.13140/2.1.3285.0568.

Gómez Espinosa, Teresa; Carrascoso Arranz, Javier; Badillo Rodríguez-Portugal, Silvia. "La momia guancho del Museo Arqueológico Nacional. De las fuentes históricas a la tomografía computarizada". *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, nº 37 (2018). Pp. 453-470.

Hagelskjær, Frederik. "Deep learning classification of large-scale point clouds: a case study on cuneiform tablet". En *2022 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 826-830. Online: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022

Hawass, Z.; Gad, Y. Z.; Ismail, S.; Khairat, R.; Fathalla, D.; Hasan, N.; Pusch, C. M. "Ancestry and Pathology in King Tutankhamun's Family". Online *Jama*, Vol. 303, nº 7 (2010), pp. 638-647.

Hidalgo Gil, Javier. "La adaptación al cambio de los Departamentos de Educación y Acción Cultural en la evolución de los museos: del *simply watching* al *learn by doing*". *Educación y futuro: revista de investigación aplicada y experiencias educativas*, no 27 (2012), pp. 67-79.

Karasik, Avshalom; Smilansky, Uzy. "3D Scanning Technology as a Standard Archaeological Tool for Pottery Analysis: Practice and Theory". *Journal of Archaeological Science*, Vol. 35, nº 5 (2008), pp. 1148-1168.

Koroso Arriaga, Iñaki; Muñoz Lozano, Óscar. "12 Años de registro digital de datos arqueológicos en la Catedral De Santa María de Vitoria-Gasteiz (1997-2009)". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, nº 20 (2010), pp. 163-176.

Landon, George W.; Seales, W. Brent. "Petroglyph digitization: enabling cultural heritage scholarship". *Machine Vision and Applications*, Vol. 17 (2006), pp. 361-371.

Le Quellec, Jean-Loïc; Harman, Jon; Defrasne, Claudia; Duquesnoy, Frédérique. "DStretch® et l'amélioration des images numériques: applications à l'archéologie des images rupestres". *Les Cahiers de l'AARS*, nº 16 (2013), pp.177-198.

Ledo Fernández, Fabián. "Documentación digital para la investigación del patrimonio arqueológico: Virtualización del dolmen de Cubillejo de Lara, Burgos". En *Arqueología en el Valle del Duero: del Paleolítico a la Edad Media*, coordinado por Martínez Caballero, Santiago; Cabañero Martín, Víctor Manuel; Merino Bellido, Carlos, pp. 107-124. Valladolid: Glyphos, 2014.

Ledo Fernández, Fabián. "Rescate documental de petroglifos y reconstrucción 3D del corredor dolménico de Cubillejo de Lara, Burgos". *Virtual Archaeology Review*, Vol. 7, nº 14 (2016), pp. 43-52.

Jerma García, José Luis; Navarro Tarín, Santiago; Cabrelles López, Miriam; Villaverde Bonilla, Valentín. "Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study". *Journal of Archaeological Science*, nº 37 (2010), pp. 499-507.

López Rodríguez, M<sup>a</sup> Paz; Serrano Lara, Libertad; Expósito Mangas, David. "Creación de la malla en el conjunto arqueológico de Cástulo: De la disciplina al vector". *Revista Otarq*, Vol. 1 (2016), pp. 249-266.

Lucet, Geneviève. *Fotogrametría y patrimonio. Registro y representación*. México: Universidad Autónoma de México, 2017.

Maldonado Ruz, Alexis; Dorado Alejos, Alberto. "Cerámica y Arqueología Virtual. Hacia nuevos modelos de representación". *ArqueoWeb*, nº 20 (2020), pp. 1-19.

Malzbender, Tom; Gelb, Dan; Wolters, Hans. "Polynomial Texture Maps". Hewlett-Packard Laboratories (2001), <http://www.hpl.hp.com/ptm> [Consulta: 02/03/2023]

Martínez Collado, Francisco Javier; Medina Ruiz, Antonio Javier; San Nicolás Del Toro, Miguel. "Aplicación del *plugin* DStretch para el programa ImageJ al estudio de las manifestaciones pictóricas del abrigo Riquelme (Murcia)". *Cuadernos de Arte Rupestre*, nº 6 (2013), pp. 113-127.

Molina Vidal, Jaime; Muñoz Ojeda, Javier; Frías Castillejo, Carolina; Fabregat Bolufer, Laia; Tejerina Antón, Daniel. "Gestión de proyectos de virtualización del patrimonio en museos arqueológicos: protocolos de actuación". En *Actes de les V Jornades de museus i col·leccions museogràfiques permanents de la Comunitat Valenciana*. Valencia: Conselleria d'Educació, Cultura i Esport – Direcció General de Cultura i Patrimoni, Generalitat Valenciana, 2020

Munilla Cabrillana, Glòria; Serrano Basterra, Pablo; Goenaga, Eva; Queralt Suau, Jordi; Boixader Goenaga, Francesc. "Alto de la Cruz, las claves de la Protohistoria europea: el discurso museográfico de la exposición permanente y el modelo de reconstrucción virtual". En *Musealizando la Protohistoria peninsular*, coordinado por Munilla Cabrillana, Glòria. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, 2019.

Murray, Owen. "Modeling the Past: Creating 3D Models from Archival Imagery". Digital Epigraphy - An Epigraphic survey. Harvard University, <https://www.digital-epigraphy.com/projects/modeling-the-past-creating-3d-models-from-archival-imagery> [Consulta: 21/02/2023]

Navarro Caballero, Milagros; Prévôt, Nathalie; Edmondson, Jonathan; Ruiz Darasse, Coline. "Les bases de données épigraphiques et l'Institut Ausonius à l'ère des Humanités Numériques". En *Valete Vos Viatores: travelling through latin inscriptions across the roman empire*. Editado por Andreu Pintado, Javier; Alguacil Vilanúa, Elena; Redentor, Armando, pp. 207-229. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2022.

Nocerino, Erica; Lago, F.; Morabito, Daniele; Remondino, Fabio; Porzi, Lorenzo; Poiesi, Fabio; Chippendale, Paul; Chippendale, Paul; Locher, Alex; Havlena, Michal; Van Gool, Luc; Eder, M.; Fötschl, A.; Hilsmann, Anna; Kausch, Lisa; Eisert, Peter. "A smartphone-based 3D pipeline for the creative industry. The Replicate EU Project". *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2/W3 (2017), pp.535-541.

Orlandi, Silvia. Il potenziale didattico dell'epigrafia digitale, tra spirito critico e spirito civico.. Coimbra En ANDREU PINTADO, Javier; ALGUACIL VILANÚA, Elena; REDENTOR, Armando (Eds.). *Valete Vos Viatores: travelling through latin inscriptions across the roman empire*. Editado por Andreu Pintado, Javier; Alguacil Vilanúa, Elena; Redentor, Armando, pp. 183-206. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2022.

Pereira Uzal, José. *Gestión del color en proyectos de digitalización*. Barcelona: Marcombo, 2013.

Pereira Uzal, José. “El uso de luz polarizada en digitalización de obras de arte”. Digital Heritage by José Pereira, 2017, <http://www.jpereira.net/apuntes-breves/el-uso-de-luz-polarizada-en-digitalizacion-de-obras-de-arte> [Consulta: 23/02/2023]

Pires, Hugo; Martínez Rubio, José; Elorza Arana, Artzai. “Techniques for revealing 3d hidden archeological features: morphological residual models as virtual-polynomial texture maps”. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-5/W4 (2015), pp.415-421.

Prada, Luigi. “Voices from Late and Graeco-Roman Period. Elkab. A New Field Project on Monument Reuse, Graffiti, and Other Epigraphic Material from the Site”. En *New Approaches in Demotic Studies. Acts of the 13th International Conference of Demotic Studies*, editado por Naether, Franziska. Online: De Gruyter Academic Publishing, 2019.

Ramírez Sánchez, Manuel. “La Epigrafía, de ciencia auxiliar a ciencia histórica”. En *Los medios de transmisión de información* Coordinado por Enrique Pérez Herrero. Gobierno de Canarias, 2011. URL: <http://hdl.handle.net/10553/12774>.

Ramírez Sánchez, Manuel. “El concepto de Epigrafía. Consideraciones sobre la necesidad de su ampliación cincuenta años después”. *Signo Revista de la cultura escrita*, nº 5 (2015), pp. 47-76.

Ramírez-Sánchez, Manuel; García Sánchez, Manel; Giralt Soler, Sebastià. “Epigraphia 3D. Un proyecto de innovación científica en la divulgación del patrimonio epigráfico de Hispania”. *Epigraphica*, nº LXXVII (2015), pp. 371-396.

Remondino, Fabio. “Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning”. *Remote Sensing*, nº 3 (2011), pp. 1104-1138.

Rodríguez Álvarez, José Manuel. “Un ejemplo de análisis histórico de una fuente Arqueológica: el *apodyterium* de las termas de la ciudad Romana de Los Bañales (Uncastillo, Zaragoza)”. *ArqueoUCA: Revista Digital Científica Independiente de Arqueología*, nº 1 (2011), pp. 107-113.

Rodríguez González, Esther; Carbonell Pastor, Sonia; Casals, Josep R. “Lost Colours: Photogrammetry, Image Analysis using the DStretch Plugin, and 3-D Modelling of Post-Firing Painted Pottery from the South West Iberian Peninsula”. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* nº 13(2) (2019), pp. :e00093.

Rodríguez Hernández, Jesús; Álvarez Sanchís, Jesús R.; Aparicio Resco, Pablo; Maté González, Miguel Ángel; Ruiz Zapatero, Gonzalo. “Reconstrucción virtual en 3D del “Torreón” del oppidum de Ulaca (Solosancho, Ávila): mucho más que una imagen”. *Arqueología de la Arquitectura*, nº 18 (2021), e123.

Ruiz López, Juan F. (Coord.). *4D Arte rupestre*. Murcia: Monografías del Centro de Estudios de Prehistoria y Arte Rupestre: Dirección General de Bienes Culturales - Servicio de Patrimonio Artístico, 2016

Ruiz Sabina, Juan Ángel; Gutiérrez Alonso, Aroa; Ocaña Carretón, Andrés; Farjas Abadía, Mercedes; Domínguez Gómez, José Antonio; Gómez Laguna, Antonio José. “Aplicación de la fotogrametría aérea por dron al estudio y documentación del arte rupestre y análisis por medios digitales: los grabados de la Laguna Tinaja (Lagunas de Ruidera, Albacete) desde un nuevo punto de vista”. En *ARKEOS. Proceedings of the XIX International Rock Art Conference IFRAO 2015*, pp. 2075-2104. Madrid: Archivo Digital Universidad Politécnica de Madrid, 2015.

SEAV. Los principios de Sevilla: principios internacionales de la Arqueología Virtual. En *Forum Internacional de Arqueología Virtual*. SEAV Sociedad Española de Arqueología Virtual, 2011.

Serrano Basterra, Pablo. “Posibilidades y límites de los “Museos Virtuales 3D” en la difusión”. En *Los tiempos cambian, de la piedra al teclado. Actas de las X Jornadas de Jóvenes en Investigación Arqueológica (Burgos, 7-10 de junio de 2017)*, pp. 520-532: Zaragoza: Libros Pórtico, Organización de Jóvenes en Investigación Arqueológica (OrJIA), 2019.

Torreño Piñero, J. L. (2022). *Análisis de la Fotogrametría como técnica aplicada a la protección, investigación y difusión del patrimonio histórico-arqueológico*. [Trabajo de Fin de Máster, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Cádiz]. URI: <http://hdl.handle.net/10498/27627>

Travé Allepuz, Esther. “Statistical Analysis of Morphometric Data for Pottery Formal Classification: Variables, Procedures, and Digital Experiences of Medieval and Postmedieval Greyware Clustering in Catalonia (Twelfth–Nineteenth Centuries AD)”. *Open Archaeology*, vol. 8, no. 1 (2022), pp. 1269–1285.

Tucci, G.; Bonora, V.; Conti, A.; Fiorini, L. “High-quality 3D models and their use in a Cultural Heritage Project”. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol XLII-2/W5 (2017), pp.687-693.

Tweten, Lisa; McIntyre, Gwynnaeth; Gardner, Chelsea. “From Stone to Screen: Digital Revitalization of Ancient Epigraphy”. *DHQ: Digital Humanities Quarterly*, Vol. 10 nº 1 (2016). Association for Computers and the Humanities (ACH), <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/10/1/000236/000236.html> [Consulta 15/02/2023]

Uglietti, Valentina. “Epigrafía e storytelling: il caso dei Musei Civici di Reggio Emilia”. En *Valete Vos Viatores: travelling through latin inscriptions across the roman empire*. Editado por Andreu Pintado, Javier; Alguacil Vilanúa, Elena; Redentor, Armando, pp. 135-182. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2022.

Uribe Agudo, Paula; Angás Pajas, Jorge; Magallón Botaya, María Ángeles; Miranda Oliván, Jorge Víctor. “Documentación, valorización y difusión del patrimonio hidráulico romano en el Valle medio del Ebro”. *Virtual Archaeology Review*, Vol. 3, no 6 (2012), pp. 98-102.

Vértes, Krisztián. *Digital Epigraphy*. Chicago: Epigraphic Survey at the Oriental Institute of the University of Chicago, 2017.

Zapater, Pedro. “El yacimiento de Los Bañales, al alcance de la mano”. En *Heraldo de Aragón*, 9 de Febrero de 2018 <https://www.heraldo.es/noticias/ocio-cultura/2018/02/09/el-yacimiento-los-banales-alcance-mano-1223727-1361024.html> [Consulta: 4/03/2023]

## Anexo: Imágenes

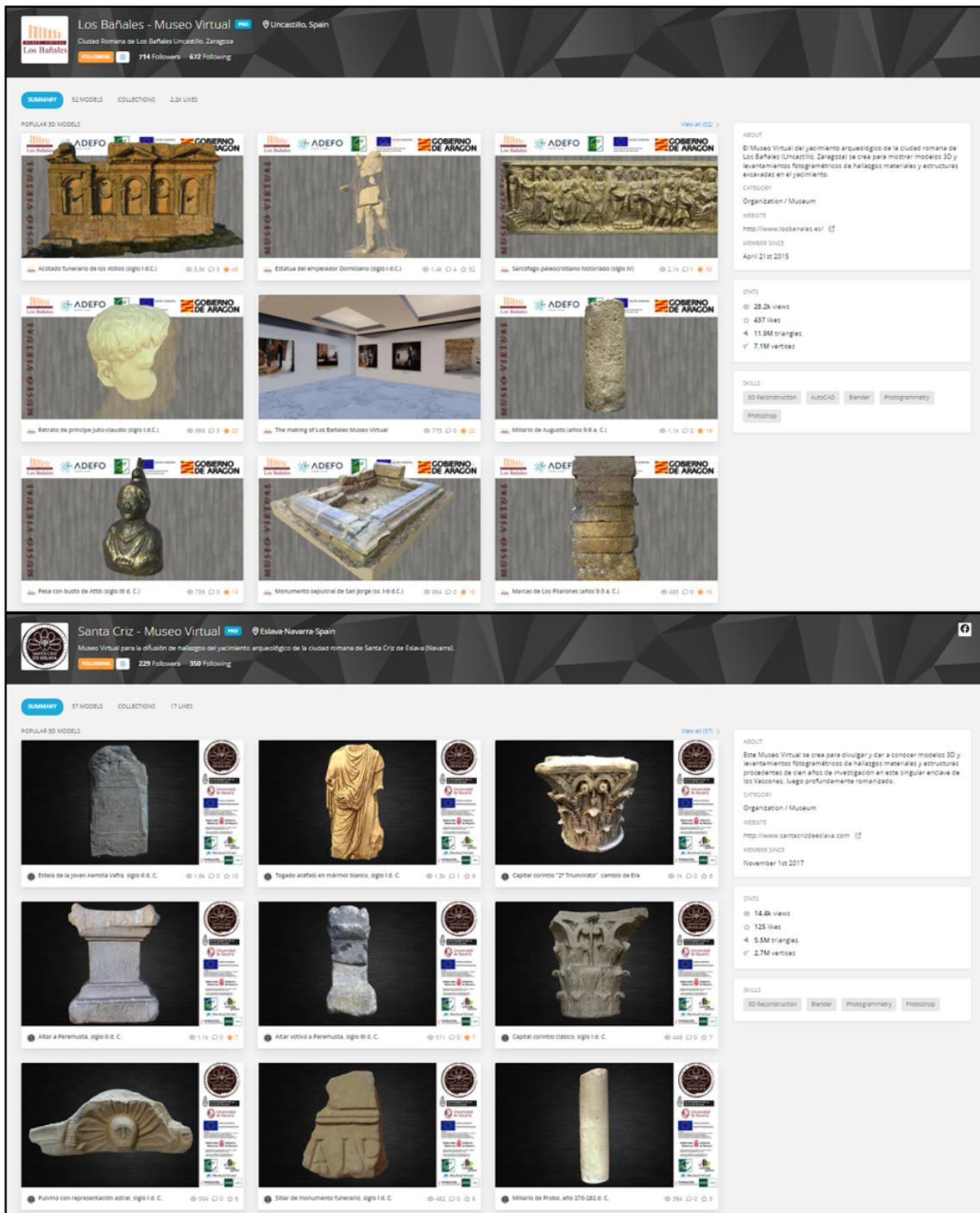


Figura 1: Páginas de inicio de los Museos Virtuales en 3D de los yacimientos de Los Bañales (Uncastillo, Zaragoza) y Santa Criz (Eslava, Navarra) en el portal Sketchfab. (Fuente: elaboración propia)



Figura 2: Ejemplo del proceso de digitalización fotogramétrica del epitafio de *Priscus* (ICUR-01, 02026 = ILCV 02806b) en el *Museo Nazionale Romano-Terme di Diocleziano*, con motivo del proyecto *Valete vos Viatores!*: a. Captura fotográfica (29 fotografías), que cumplen con los siguientes requisitos: solapamiento mayor que el 60%; regla de la Base/Altura mayor que 0,1 y menor que 0,2; cubrición total de la superficie con tomas especiales en zonas de “sombra”. b. Proceso fotogramétrico con la aplicación Agisoft Metashape, en cuatro pasos (alineado, nube densa, malla, textura). c. Postproceso con retoque de geometría y textura, y optimizado con retopología mediante Blender. (Fuente: elaboración propia)

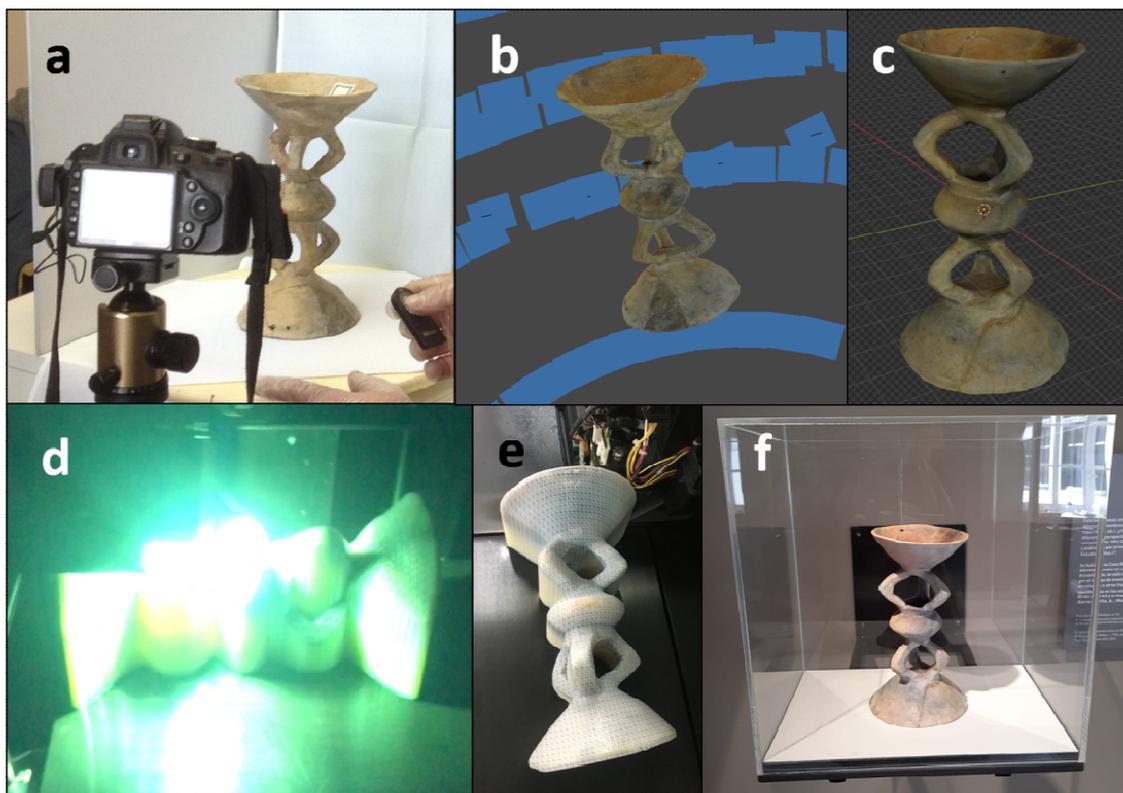


Figura 3: Las técnicas más recientes de impresión en 3D permiten reproducir automáticamente el color a partir de la textura fotográfica, como en la réplica de una copa ritual o pebetero proveniente del yacimiento del Alto de La Cruz en Cortes (Navarra): a. Captura de datos fotográficos. b. Proceso fotogramétrico. c. Postproceso. d. Impresión con el equipo *Stratasys J750*. e. Resultado previo al desbastado. f. La reproducción, en su vitrina de la exposición permanente en el Castillo de Cortes. (Fuente: elaboración propia)

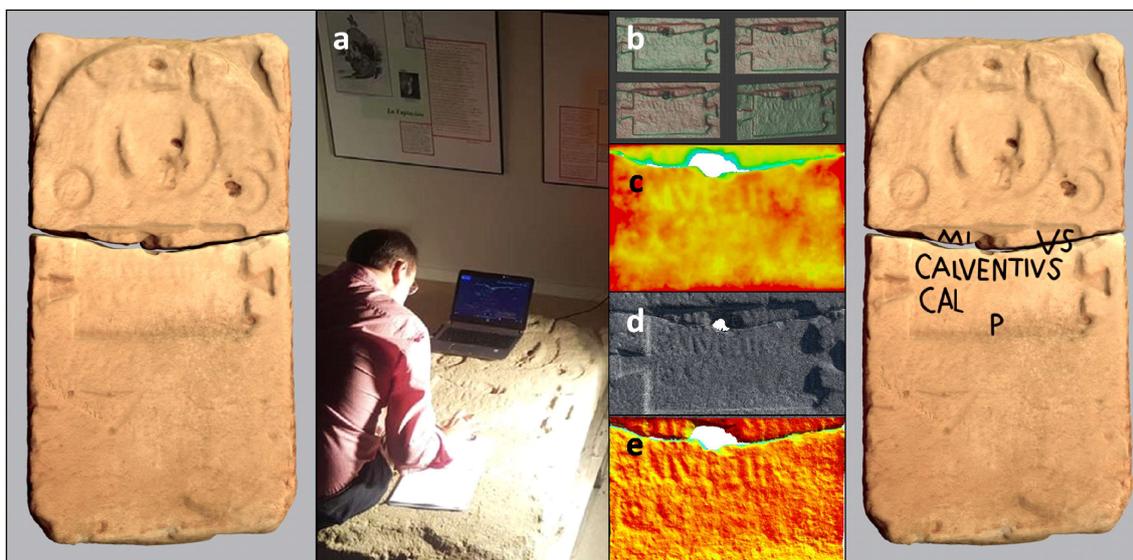


Figura 4: Estela de *Caluentius* hallada en Castiliscar (Zaragoza) y su propuesta de lectura, obtenida mediante la autopsia tradicional con luz rasante (a) en combinación con una batería de técnicas de análisis de la geometría: b. Capturas en diferentes ángulos de la superficie con *shader* tipo *matcap* metalizado. c. Mapa de alturas (DEM). d. Resalte del atributo *Poitiness*. e. Mapa de *True Normals*. (Fuente: elaboración propia)

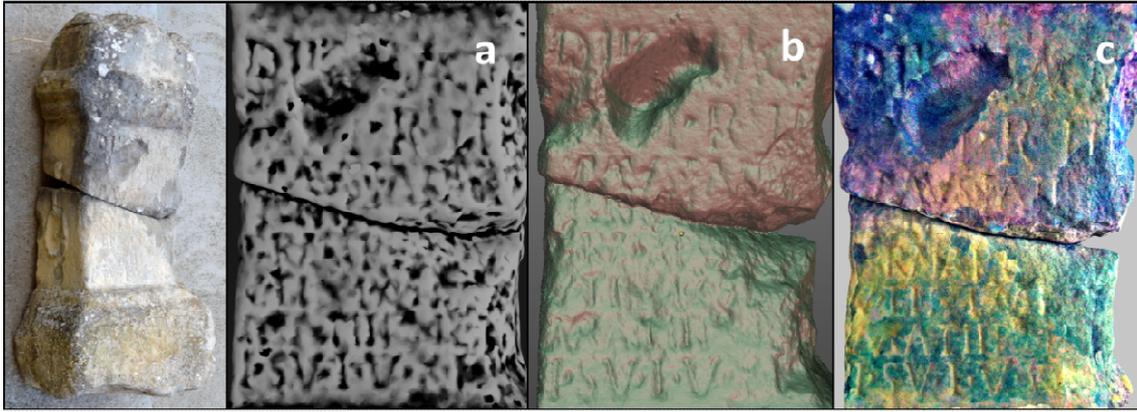


Figura 5: Altar votivo dedicado a la deidad celtibérica *Peremusta* hallado en el entorno del yacimiento de Santa Criz de Eslava, Navarra (AE 2018, 992). Fracturado, intensamente meteorizado y colonizado por líquenes, pudo ser correctamente interpretado gracias al análisis de la geometría del modelo fotogramétrico mediante resalte del atributo *Pointiness* (a) y capturas con *shader* tipo *matcap* metalizado (b), además del tratamiento de la textura mediante *DStretch* para detectar concreciones calcáreas, en combinación con iluminación rasante simulada (c). (Fuente: elaboración propia)

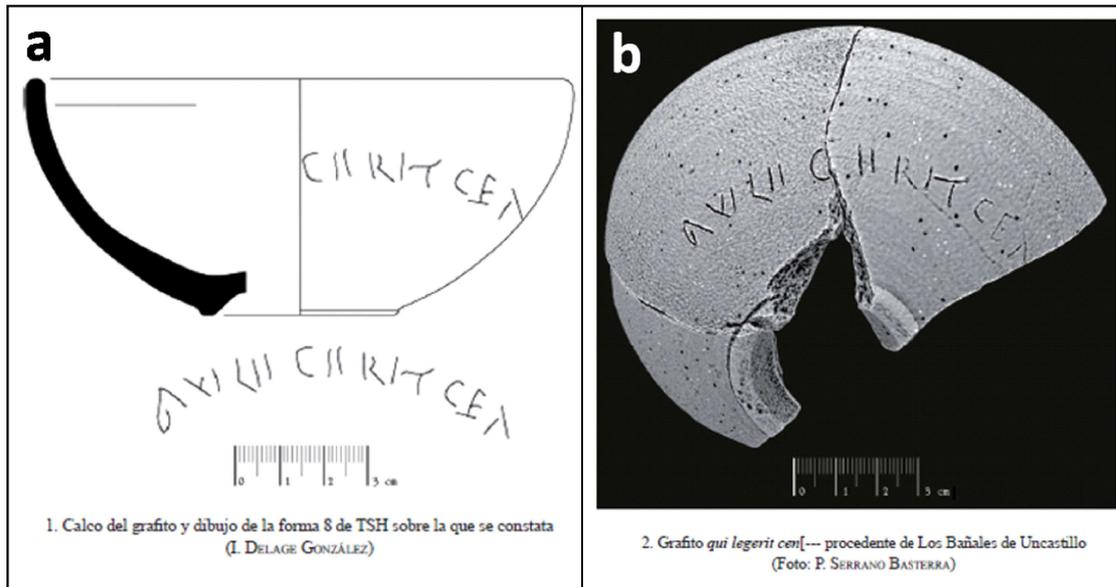


Figura 6: Ilustraciones utilizadas para la publicación de un grafito sobre cuenco de *terra sigillata hispanica* hallado en el yacimiento de Los Bañales (Uncastillo, Zaragoza), y que combinan el dibujo arqueológico y el calco (a) con el renderizado de la pieza en perspectiva con resalte del atributo *Ambient Occlusion* en escala de grises (b). (Fuente: Inmaculada Delage González y elaboración propia)

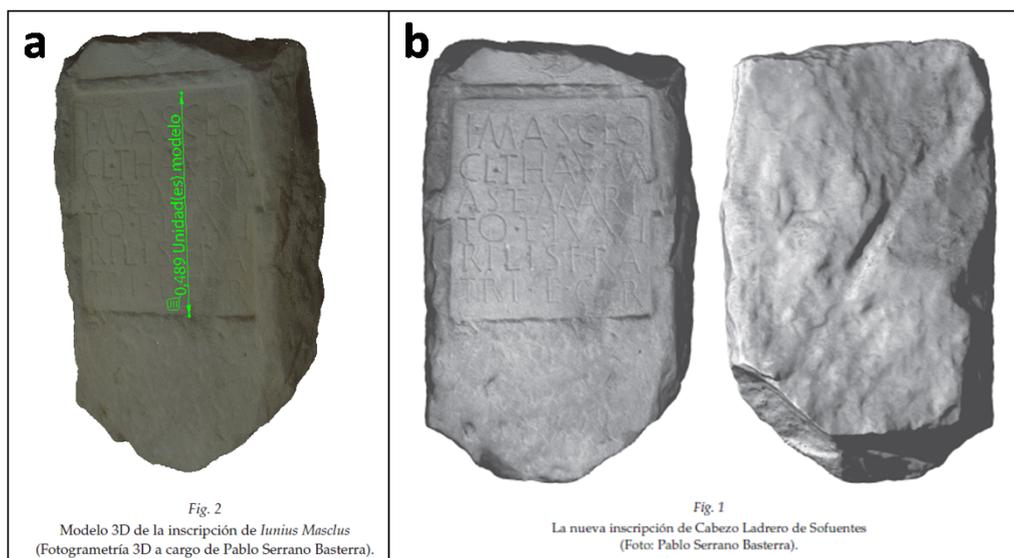


Figura 7: Capturas del artículo en formato PDF que da noticia de una nueva inscripción funeraria (AE 2019, 899 = CAUN-2019-153) hallada en Sofuentes (Zaragoza). La publicación incorpora un visor interactivo del modelo fotogramétrico sobre el que, entre otras funciones, puede realizarse mediciones (a), junto con ortofotos frontal y trasera del propio modelo 3D (b). (Fuente: elaboración propia)

Universitat de Navarra SAPIENZA UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
UNIVERSITÄT BORDO  
UNIVERSITÀ DI CHIMBRA  
MINISTÈRIO DE LAS BELLAS ARTES Y CULTURA TRANELIUM  
CLAU. ROMA A NOVA

Letture (CIL 14, 03161)  
[?] Magolnio(s) Pla(sii?) f(luos).

**Cippo a forma di pigna (I secolo a.C.)**  
3D Model

Valete vos viatores! PREMIUM  
FOLLOW

27 0

Triangles: 9k Vertices: 4.5k More model information

Cippo sepolcrale a forma di pigna. Cippo con elemento superiore a forma di pigna su sostegno decorato da duplice corone di foglie d'acanto, che poggia a sua volta su piede circolare. L'iscrizione, disposta sul piede riporta il solo nome del defunto, un esponente, di nascita libera, della *gens Magulnia*. Si tratta di uno dei caratteristici segnacoli funerari, pertinenti a deposizioni maschili, ampiamente documentati, tra IV e II secolo a.C., nella necropoli della Colombella, la più importante area sepolcrale della città laziale di Praeneste, odierna Palestrina.

Dimensioni: 31 (altezza) x 15,5 (diametro) cm; lettere 1,8 cm; calcare.

Palestrina, rinvenuta nella necropoli in contrada Colombella, in occasione di scavi condotti nella tenuta dei principi Barberini, a est della via della Marcigliana (1855) (dal Museo Kircheriano).

URI: [http://www.edr-edr.it/edr\\_programmi/res\\_complex\\_comune.php?id\\_nr=EDR109823](http://www.edr-edr.it/edr_programmi/res_complex_comune.php?id_nr=EDR109823)

Testo: Carlotta Caruso, Antonella Ferraro.

Figura 8: El Museo Virtual *Valete vos Viatores!* difunde casi doscientas inscripciones procedentes de los cuatro países participantes (Italia, Francia, España y Portugal). En sus visores 3D destaca la abundante información epigráfica (*lectio*, *traditio*, dimensiones de soporte y caracteres, enlace a bases de datos). (Fuente: elaboración propia)

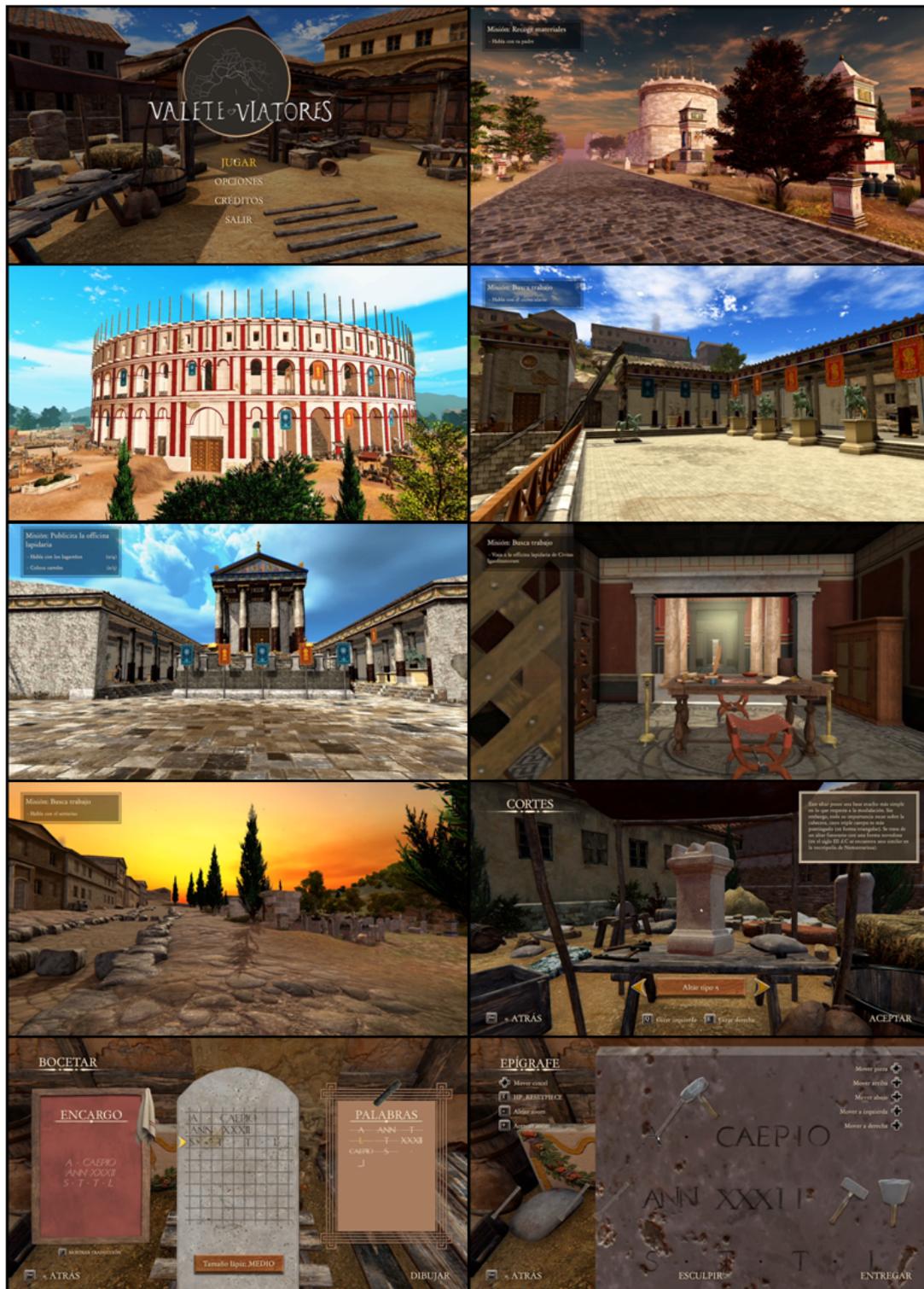


Figura 9: Capturas de pantalla del *gameplay* del videojuego *Valete vos Viatores!*, en el que el entorno inmersivo, el acabado realista y las dinámicas de elaboración de las inscripciones permiten al jugador familiarizarse con aspectos variados de la cultura epigráfica. (Fuente: elaboración propia)