

## AVANCE DE RESULTADOS EN REPRODUCCIÓN DE CORNISAS ROMANAS: TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA 3D

### *APPROACH TO ROMAN CORNICES REPRODUCTION: MAKING TECHNIQUES AND THE USE OF 3D TECHNOLOGY*

Ana Carrasco-Huertas<sup>a</sup>, Ana Isabel Calero-Castillo<sup>a</sup>, Ana Isabel Alarcón Barrachina<sup>a</sup> y Ana García-Bueno<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Granada, Edificio de Conservación y Restauración, Avda. Andalucía, 38, 18071, Granada. [anach@ugr.es](mailto:anach@ugr.es);  
[anacalero@ugr.es](mailto:anacalero@ugr.es); [anabelalarcon@gmail.com](mailto:anabelalarcon@gmail.com); [anagar@ugr.es](mailto:anagar@ugr.es)

How to cite: Ana Carrasco-Huertas, Ana Isabel Calero-Castillo, Ana Isabel Alarcón Barrachina y Ana García-Bueno. 2022. Avance de resultados en reproducción de cornisas romanas: técnicas de ejecución y aplicación de tecnología 3D. En libro de actas: II Simposio de Patrimonio Cultural ICOMOS España. Cartagena, 17 - 19 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.4995/icomos2022.2022.15369>

---

#### **Resumen**

*Este trabajo surge con la finalidad de aportar información sobre la composición y técnica de ejecución de los fragmentos de cornisa romana pertenecientes al Conjunto Arqueológico de Cástulo (Linares, Jaén). La singularidad de los fragmentos estudiados radica en que estas decoraciones estaban diseñadas para estar en la zona alta de los muros, por lo que tanto su composición como técnica debieron adaptarse a esta particularidad: probablemente fuese necesario en su elaboración añadir una serie de aditivos para crear un mortero más ligero que se realizaba mediante moldes, terrajas o incluso modelado directo.*

*Con el objetivo de conocer su técnica, esta investigación parte de una revisión bibliográfica de la composición de los morteros utilizados en la antigüedad y de la realización de diferentes probetas que permitirán valorar la efectividad de los diferentes aditivos para modificar las propiedades del mortero. Por otra parte, el empleo de técnicas fotogramétricas y de restitución por modelado 3D nos permitirá obtener moldes y terrajas de los diferentes modelos tipológicos de cornisas, siendo posible profundizar en la técnica de ejecución original contribuyendo así a un mayor conocimiento y conservación. Como resultado, se han realizado reproducciones de cornisas con la utilización de estos moldes, impresos mediante tecnología 3D, y el ensayo de los diferentes aditivos.*

**Palabras clave:** *Cástulo, cornisas, mortero, aditivo, conservación, restauración, nuevas tecnologías, modelado 3D, moldes.*

---

#### **Abstract**

*The aim of this research is to provide information on the composition and technique of Roman cornice fragments from the Archaeological Site of Cástulo (Linares, Jaén). These decorative elements were designed to be placed in the upper area of the walls, so their production probably included additives to create a lighter mortar that was made by molds or direct modelling.*

*After a bibliographic review of mortars composition used in those times, samples were prepared to test the effectiveness of the different additives in the mortar. In addition, the use of photogrammetry and restitution by 3D modelling techniques will make possible to obtain molds from different typological models of cornices. The results of this research provide further information of the original technique, the identification of its components and making it a useful conservation tool. As a result, cornices have been reproduced using these molds, thanks to 3D printing technology, and the testing of different additives.*

**Keywords:** *Cástulo, cornices, mortar, additive, conservation, restoration, new technologies, 3D modelling, molds.*

## 1. Introducción

A raíz del creciente interés por la conservación de los bienes culturales son numerosos los estudios e investigaciones surgidos especialmente en los últimos diez años, dirigiéndose cada vez más a un enfoque analítico y científico. Para poder materializar este enfoque, es vital la cooperación de las diferentes disciplinas científicas y humanísticas, que permitan reforzar los conocimientos sobre el Patrimonio Cultural y con ello, asegurar su conservación y restauración. A pesar de este creciente interés, a día de hoy sigue habiendo elementos de nuestro patrimonio que siguen siendo grandes desconocidos, como es el caso de los revestimientos murales en relieve de cronología romana, comúnmente conocidos como cornisas.

La falta de conocimiento sobre estas piezas se debe fundamentalmente a que son pocas las que han llegado hasta nuestros días, debido a su situación en la zona alta de los muros y al derrumbe de los mismos; y a que generalmente la atención de los estudios se ha centrado en los grandes paneles de la pintura mural romana, mucho más llamativos. Sin embargo, sí sabemos que las cornisas en época romana se realizaban antes de pintar la pared, una vez que el recubrimiento del muro estaba realizado en su totalidad y antes de aplicar la última capa de mortero, y que se ejecutaban utilizando una terraja o molde de madera, para aquellas formas más sencillas o repetitivas; o por modelado directo con pequeñas espátulas o cinceles, en aquellas zonas más complejas (Guiral, 2000; Mostalac, 1994).

Teniendo en cuenta estas premisas, la finalidad de este trabajo es replantear ciertas cuestiones referentes a la composición de los morteros, a la posibilidad de que distintos aditivos fuesen utilizados para variar sus propiedades y a la viabilidad del empleo de moldes y terrajas para las diferentes formulaciones. Para ello, se parte de un conjunto de fragmentos de cornisas decorativas extraídos del Conjunto Arqueológico de Cástulo, entre los que se identifican elementos de diferentes tipologías y diversos niveles de degradación (Figura 1).



Fig. 1 Fragmentos de cornisa romana del Conjunto Arqueológico de Cástulo

De esta manera, el trabajo se estructura en tres partes diferenciadas: una primera parte de revisión bibliográfica pormenorizada de las fuentes clásicas y tratadistas que refieren a la elaboración de estos morteros y superficies decorativas; seguida de una segunda parte que se centra en el estudio de los fragmentos de cornisa romana seleccionados y en una documentación detallada (identificación de su composición material, documentación fotográfica y fotogramétrica); y una tercera parte que se centra en la realización de las diferentes formulaciones y pruebas identificativas de los morteros originales. Como resultado, se pretenden aplicar las formulaciones que hayan presentado mejores resultados para la realización de reproducciones que permitan acercarnos a la técnica de ejecución original de los morteros empleando moldes y terrajas impresos en 3D a partir de los fragmentos originales.

Este trabajo es un primer acercamiento al estudio de este tipo de elementos y la metodología aplicada pretende completarse en el futuro con la identificación analítica del material orgánico en los morteros originales, con la ampliación de las muestras originales, de las formulaciones propuestas y su estudio científico.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Materiales y técnicas de ejecución en las cornisas de época romana

Para lograr los resultados deseados en la fabricación de cornisas debemos partir de que sus componentes y sus métodos de preparación fueron evolucionando a lo largo de la historia, adaptándose en cada caso a una necesidad específica (Musso, 2001). Aunque no es común encontrar información sobre este tipo de decoraciones en relieve, en época romana tenemos un mayor conocimiento que en otras etapas históricas gracias a las fuentes escritas, a los restos que se han conservado y a los análisis científicos publicados (Famiglietti, 2001). Sus autores demostraron una considerable destreza en una sociedad que no reconocía al artista un estatus que lo distinguiera del simple artesano (Maver, 2001) o *tector* (Vitruvio Pollione, 1787). Esta consideración como arte menor o sin valor artístico, hace que nos enfrentemos aún hoy en día con una cierta dificultad para conocer tanto los materiales como la forma de trabajar de los morteros en relieve y sus componentes.

En lo que respecta a la composición de la mezcla, era habitual el uso de cal apagada de una gran calidad. En cuanto a los áridos, como inerte, para las capas más profundas de los revestimientos se usaba material volcánico como la puzolana o la arena de lava, con elevadas propiedades hidráulicas; mientras que para las capas superficiales se utilizaba normalmente travertino o polvo de mármol (Famiglietti, 2001; Pecchioni, 2008). Aun así, se ha comprobado que la selección de los agregados estaba íntimamente ligada a la disponibilidad de las diferentes áreas geográficas, así como a las necesidades específicas de la obra que debía realizarse.

Además solían llevar otras sustancias añadidas, denominadas aditivos, con el objetivo de mejorar sus características. En la antigüedad, a pesar de los diversos tratados, los aditivos en los morteros históricos rara vez se ha documentado de manera específica, citándose en la bibliografía materiales tan diferentes como goma arábiga, cola animal, sangre, clara de huevo, caseína, jabón, cera o aceites, entre otros.

#### 2.1.1. Fragmentos del Conjunto Arqueológico de Cástulo

Para este trabajo se seleccionaron nueve conjuntos de fragmentos de cornisa hallados en la Sala del Mosaico de los Amores, distinguiéndose dos tipologías muy diferentes entre sí. Estos fragmentos presentan diferentes niveles de degradación, siendo en algunos de ellos muy difícil determinar la estructura original de las cornisas debido a la descohesión con su mortero de base (Calero, 2020).

En cuanto a la composición de estos morteros, de los que se han publicado los análisis preliminares, en todas las muestras se ha identificado la presencia de dos niveles de mortero bien diferenciados entre sí. Los morteros del nivel inferior, al estar en contacto con el muro, están realizados con inertes varios (tierras compuestas por cuarzo, ortoclasas y moscovita) de diferentes granulometrías y de fragmentos de conchas de moluscos. En el caso del mortero superficial, es de color mucho más blanco, evidenciando en los análisis la presencia en su práctica totalidad de carbonato cálcico como aglutinante junto con pequeñas cantidades de cuarzo (menos del 4%) (Calero, 2020).

### 2.2. Probetas

Para la realización de probetas de ensayo que permitan valorar los diferentes aditivos, se han utilizado moldes que permiten la elaboración de cubos de tamaño 5\*5\*5, probándose diferentes formulaciones a partir de los aditivos seleccionados en la bibliografía (Tabla 1).

**Tabla 1. Aditivos seleccionados**

Aditivos
Huevo (yema y clara) y Clara de huevo
Caseinato de amonio (20% en agua destilada + amoniaco)
Jabón de sosa cáustica
Cola de conejo (10% en agua destilada)
Aceite de linaza

Así se realizaron varias tandas de pruebas, ajustando las proporciones según los resultados que se iban obteniendo en cada una de ellas, partiendo de una proporción 1:1:1 (cal apagada en polvo, árido y aditivo) y reduciéndose la proporción de aditivo en las tandas siguientes ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ) (Figura 2).



**Fig. 2 Probetas con las diferentes formulaciones de mortero**

### 2.3. Documentación digital de fragmentos originales

El interés y empleo de nuevas tecnologías 3D en el sector del patrimonio cultural ha crecido exponencialmente en los últimos años, siendo tanto la fotogrametría como la impresión 3D herramientas de gran utilidad en las labores de conservación-restauración: permitiendo documentar, difundir y realizar reintegraciones o réplicas que garanticen el estudio y mejor conservación de los originales, lo que se hace fundamental especialmente en aquellas piezas frágiles o susceptibles de degradarse (Santos, 2016). Para la documentación y digitalización de los distintos fragmentos seleccionados se ha utilizado la técnica de la fotogrametría, que permite a partir de fotografías convencionales la obtención de modelos tridimensionales de alta definición, lo que la convierte en una tecnología accesible. Para ello, se ha comenzado con la realización de un exhaustivo registro fotográfico de aquellos fragmentos que contaban con un mejor estado de conservación, con la ayuda de una cámara CANON EOS RP, sensor CMOS full frame, y un objetivo RF 24-105 mm F4-7.1 IS STM. El procesado de estas fotografías se ha llevado a cabo en el software Agisoft Metashape Professional v.1.7.1. que a través de las distintas fases del flujo de trabajo, en una calidad alta, nos ha permitido obtener los modelos fotogramétricos con excelentes resultados (Figura 3).



**Fig. 3 Modelos 3D obtenidos mediante fotogrametría**

#### **2.4. Modelado e impresión 3D**

Una vez obtenidos los distintos modelos fotogramétricos 3D, y puesto que estos se encontraban en su mayoría incompletos y degradados, ha sido necesario, mediante modelado 3D, aunar aquellas zonas que presentaban una mejor conservación o detalle para crear una versión ideal de cada modelo tipológico. Este modelado se ha realizado en el software Blender v.2.93.5 realizando la retopología y proyección sobre aquellas zonas que estaban mejor definidas y juntando estas mallas diferentes para crear una única pieza para cada modelo (Figura 4).



**Fig. 4. Modelado 3D de modelos tipológicos a partir de los modelos fotogramétricos de los fragmentos de cornisas**

Para la elaboración posterior de los moldes y terrajas, también en Blender, se han realizado los negativos de los modelos tipológicos mediante operaciones booleanas, que permiten añadir, sustraer o insertar diferentes objetos (Figura 5). Una vez obtenidos los moldes, los archivos han sido preparados para su impresión.

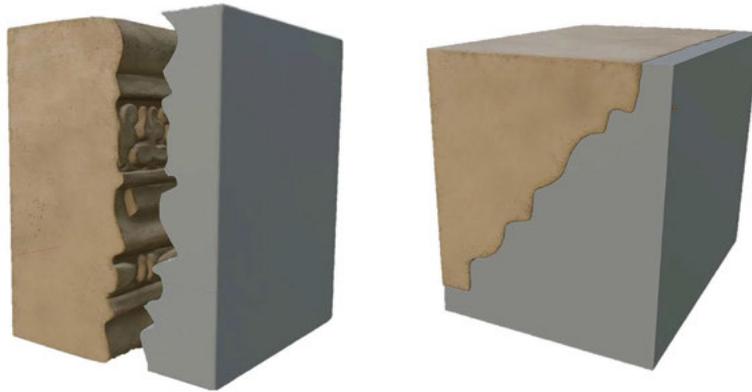


Fig. 5 Modelado 3D de moldes y terrajas

### 3. Resultados

#### 3.2. Obtención de moldes y terrajas mediante impresión 3D.

Para la impresión de los moldes y terrajas, a fin de poder ser utilizados para la creación de las probetas de cornisas, se ha utilizado una impresora Creality 3D Ender-5 Pro y filamento PLA (ácido poliláctico) de 1.75 mm de grosor. Los modelos han sido preparados para su impresión en el software Ultimaker Cura v.4.9.0 en una resolución alta, 0.12 mm de altura entre capas, para minimizar el ruido que estas producen en la superficie de los moldes durante la impresión y evitar que esto pueda verse proyectado en nuestras piezas (Figura 6).

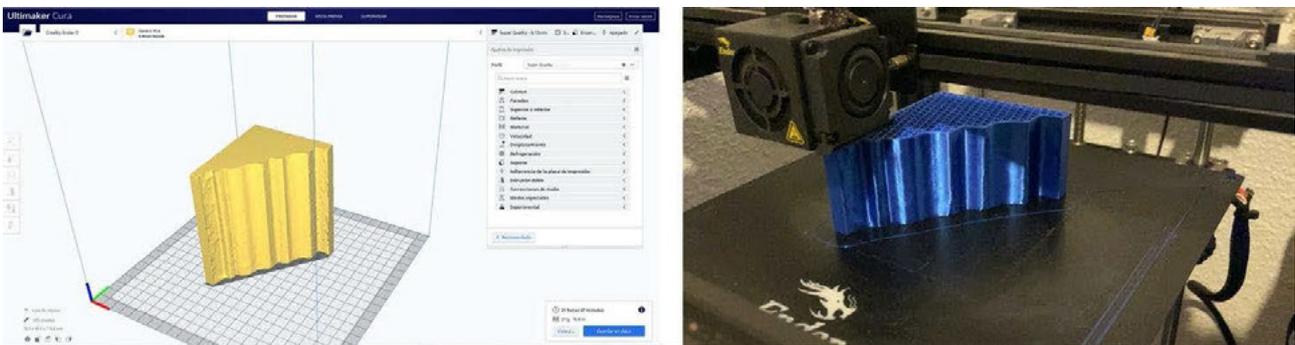


Fig. 6 Impresión 3D de moldes y terrajas

#### 3.3. Réplica de la técnica de ejecución.

De entre las diferentes pruebas realizadas, se han determinado aquellas mezclas que, *a priori*, tenían una mejor carbonatación y que probablemente más se acercan a la formulación original. Una vez obtenidos mediante impresión 3D los moldes y terraja correspondientes a los fragmentos estudiados, se preparan las mezclas de mortero y se ejecutan las diferentes reproducciones (Fig. 7).



**Fig. 7 Algunas de las reproducciones realizadas**

Los primeros resultados obtenidos hasta la fecha nos permiten afirmar que:

- Las réplicas que han sido elaboradas con dos capas diferenciadas de mortero, siguiendo la estructura de las cornisas originales de Cástulo, tuvieron una carbonatación más lenta y un mejor fraguado, por lo que presentaron una mayor compactación y resistencia y se asemejan considerablemente a los morteros originales.
- Se ha comprobado que el tratamiento de la última capa con pincel de cerda suave mojado en agua con cal ayuda a obtener un mejor resultado final en la superficie.
- El aditivo que ha presentado un mejor resultado en cuanto a manejabilidad y propiedad aligerante es la clara de huevo batida, en las proporciones 1, ½.
- El uso de la caseína y del aceite en altas proporciones (1, ½), aunque pudo utilizarse en las probetas de ensayo, no fue viable para su uso con moldes debido a su baja manejabilidad y a su fluidez.

#### **4. Conclusiones**

Gracias a la revisión bibliográfica y al estudio teórico previo a la realización de las probetas, ha sido posible entender y profundizar en el conocimiento de las posibles formulaciones de mortero y de las técnicas de ejecución utilizadas en época romana para elaborar estos elementos decorativos. Por otra parte, la posibilidad de digitalizar fragmentos arqueológicos originales en este trabajo y la aplicación de las nuevas tecnologías (fotogrametría, modelado e impresión 3D) ha permitido realizar reproducciones de dos tipologías de cornisas obteniendo muestras que se asemejan y aproximan a la composición de los morteros originales y que nos ayudan al estudio de su composición y técnica.

Esta investigación supone un punto de partida para continuar el estudio de los componentes y formulaciones de morteros en la antigüedad, especialmente compleja en caso de los aditivos orgánicos, que constituyen uno de los mayores interrogantes en la realización de las cornisas. Asimismo, esta metodología de trabajo supone un punto de partida que se pretende continuar y aplicar a fragmentos de cornisas procedentes de otros espacios, con la finalidad de poder profundizar el conocimiento en estos elementos decorativos.

Finalmente, consideramos que este trabajo confirma la necesidad de diálogo y cooperación entre los profesionales de las diferentes disciplinas científicas y humanísticas, fundamental para reforzar y ampliar el conocimiento en nuestro patrimonio cultural y así garantizar su conservación.

## 5. Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i “Estudio de materiales y técnicas de ejecución, ensayos de tratamientos de conservación-restauración y aplicaciones 3D de elementos decorativos del patrimonio” (PID2019-105706GB-100) y al contrato predoctoral para la formación de doctores (ref. PRE2020-094823) asociada a este proyecto y del que es beneficiaria la doctoranda Ana Carrasco Huertas, ambos financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033; y al proyecto “Identificación de materiales en pintura mural arqueológica romana (s.I-II d.C) por técnicas analíticas no invasivas” del Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad de Granada en la convocatoria 2021 (Programa 20. Proyectos de Investigación Precompetitivos para Jóvenes Investigadores Modalidad 20.a. Proyectos para jóvenes doctores).

## Referencias

- Agisoft Metashape Professional (2022). Recuperado de <https://www.agisoft.com/features/professional-edition/>
- Blender (2022). Recuperado de <https://www.blender.org>
- Calero-Castillo, A. I., López-Martínez, T., García-Bueno, A., & Medina-Flórez, V. J. (2020). Las cornisas romanas de Cástulo. Avance de resultados de los materiales constitutivos y técnicas de ejecución. En Fernández Díaz, A. & Castillo Alcántara, G. (Ed.), *La pintura romana de Hispania: del estudio de campo a su puesta en valor* (pp. 339-350). Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Famiglietti, L., & Scioscia Santoro, S. (2001). *Lo stucco. Cultura, Tecnologia, Conoscenza*. Atti del Convegno di Studi: La tecnica dello stucco attraverso le fonti: tecnica d'esecuzione e caratterizzazione chimico-fisica dei materiali costitutivi. Bressanone 10 – 13 luglio 2001. Venecia, Italia: Edizioni Arcadia Ricerche, 19-26.
- Guiral Pelegrín, C., & Martín-Bueno, M. (1996). *Bilbilis I. Decoración pictórica y estucos ornamentales*. Zaragoza, España: Institución Fernando el Católico.
- Maver, A. (2001). *La figura dello stuccatore in epoca romana indagata attraverso fonti documentarie antiche*. Atti del Convegno di Studi: La tecnica dello stucco attraverso le fonti: tecnica d'esecuzione e caratterizzazione chimico-fisica dei materiali costitutivi. Bressanone 10 – 13 luglio 2001. Venecia, Italia: Edizioni Arcadia Ricerche, 725-734.
- Mostalac Carrillo, A., & Guiral Pelegrín, C. (1994). *Pictores et albarii en el mundo romano. Cuadernos emeritenses*, 8, 137-158.
- Musso, S. (2001). Lo stucco in architettura. Tra “simulazione” e “nascondimento”. Atti del Convegno di Studi: *La tecnica dello stucco attraverso le fonti: tecnica d'esecuzione e caratterizzazione chimico-fisica dei materiali costitutivi*. Bressanone 10 – 13 luglio 2001. Venecia, Italia: Edizioni Arcadia Ricerche, 27-35.
- Pecchioni, E., Fratini, F., Cantisani, E. (2008). *Le malte antiche e moderne. Tra tradizione ed innovazione*. Bolonia, Italia: Pàtron.
- Santos Gómez, S. (2016). *El empleo de las tecnologías 3D en la conservación del patrimonio y su aplicación en la realización de reproducciones de bienes culturales*. Universidad Complutense de Madrid. <http://hdl.handle.net/10810/25447>
- Ultimaker Cura (2022). Recuperado de <https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura>
- Vitruvio Polión, M. L. (1787). *Los diez libros de arquitectura de M. Vitruvio Polión*. Madrid, Imprenta Real.