

# TFG

---

## PROPUESTA DE MUSEALIZACIÓN PARA UN MORTERO ROMANO DEL MUSEO DE LIRIA

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN Y MUSEALIZACIÓN DE  
UN *MORTARIUM* ROMANO PROCEDENTE DEL CONJUNTO  
ARQUEOLÓGICO DEL SANTUARIO Y LAS TERMAS ROMANAS  
DE MURA, EDETA (LIRIA).

Presentado por María de los Ángeles Maciá Signes  
Tutor: Begoña Carrascosa Moliner

Facultat de Belles Arts de Sant Carles  
Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales  
Curso 2016-2017



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

## RESUMEN

Con el presente Trabajo Final de Grado se pretende documentar y realizar la propuesta de intervención de un *mortarium* (mortero), procedente del complejo de las termas y santuario romano de Mura, en el antiguo *municipium* de Edeta y actual Lliria, así como la posterior propuesta de musealización, adaptándose a las características específicas de la pieza.

Una de las principales preocupaciones es la creación de un plan destinado a subsanar las diferentes patologías, encontradas a través del estudio de la pieza, ya que el estado actual en que se encuentra es precario debido a la disgregación del material cerámico. Por otro lado, se busca incluir en el proceso las nuevas tecnologías, como el modelado e impresión en 3D, a la hora de llevar a cabo la reintegración volumétrica y la propuesta de musealización, desarrollando un pequeño estudio de procesos y materiales para emplear nuevos sistemas que reflejen las normas de la mínima intervención, respeto y reversibilidad en la conservación y restauración del original.

### PALABRAS CLAVE

*mortarium*, patologías, musealización, 3D, conservación, restauración.

## RESUM

Amb el present Treball Final de Grau es pretén documentar i realitzar la proposta d'intervenció d'un *mortarium* (morter), procedent del complex de les termes i santuari romà de Mura, a l'antic *municipium* d'Edeta i actual Lliria, així com la posterior proposta de musealització del mateix adaptant-se a les característiques específiques de la peça.

Una de les preocupacions principals és la creació d'un pla destinat a posar remei a les diverses patologies a través de l'estudi de la peça, ja que l'estat actual en què es troba es precari a causa de la disgregació del material ceràmic. D'altra banda, pretén incloure les noves tecnologies, com el modelatge i l'impressió 3D, a l'hora de dur a terme la reintegració volumètrica i les propostes de musealització, desenvolupant un estudi de processos i materials per a utilitzar nous sistemes que reflectisquen les normes de mínima intervenció, respecte i reversibilitat en el procés de conservació i restauració de l'original.

### PARAULES CLAU

*mortarium*, patologies, musealització, 3D, conservació, restauració.

## ABSTRACT

This Final Degree Project aims to document and make a proposal for the intervention of a Roman *mortarium* (mortar) coming from the sanctuary of Mura, in the ancient *municipium* of Edeta and current Llíria, as well as rear musealization of the same proposal adapted to the specific characteristics that the piece requires.

One of the main concerns is the creation of a proposal to remedy the different pathologies found through the study of the piece, since the current status is precarious due to the disgregation of the ceramic material. On the other hand seeks to include new technologies, such as modeling and 3D printing, in carrying out volumetric reintegration and musealization proposal, developing a small study of processes and materials to use new systems that reflect the standards of minimal intervention, reversibility and respect in the process of conservation and restoration of the original piece.

### KEYWORDS

*mortarium*, pathologies, musealization, 3D, conservation, restoration.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a mi tutora Begoña Carrascosa por su ayuda y el tiempo dedicado, así como al arqueólogo Vicent Escrivá y a mi compañero José Eugenio Montoliu por sus explicaciones e interés en el proyecto.

También quiero agradecer a mis padres, familia, amigas y compañeras por su amor, paciencia y apoyo, los cuales me han resultado indispensables a lo largo de este proceso.

# ÍNDICE

<b>1.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>p.6</b>
<b>2.OBJETIVOS.....</b>	<b>p.7</b>
2.1.PRINCIPALES.....	p.7
2.2.SECUNDARIOS.....	p.7
<b>3.METODOLOGÍA.....</b>	<b>p.8</b>
<b>4.CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA.....</b>	<b>p.9</b>
4.1. Yacimiento.....	p.9-10
4.2. Mortarium.....	p.11
4.3. Museo Arqueológico de Lírria.....	p.12
<b>5.ESTUDIO TÉCNICO.....</b>	<b>p.13</b>
<b>6.ESTADO DE CONSERVACIÓN.....</b>	<b>p.15</b>
<b>7.PROPOSTA DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>p.17</b>
<b>8.PROPOSTA DE MUSEALIZACIÓN .....</b>	<b>p.27</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>p.34</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>p.35</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS.....</b>	<b>p.38</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>p.41</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

La conservación y restauración se han ido desarrollando a lo largo de los últimos años, buscando nuevas formas de intervención menos invasivas y más respetuosas con las piezas originales, las cuales en mayor o menor grado, presentan un desafío a la hora de ser intervenidas.

Y es en este punto donde los avances científicos y los tecnológicos se unen en una nueva corriente, enfocadas a ofrecer la mejor preservación y tratamiento para estas piezas, que son los hilos que entretejen el tapiz de la historia de la humanidad a lo largo del tiempo y que nos permiten contemplar, estudiar y apreciar los distintos momentos de la historia a través de pequeños resquicios al pasado. De ahí la importancia de su comunión, de la unión entre ciencia, tecnología y conservación que abre un nuevo mundo de posibilidades, capaces de devolver a la vida la historia y de acercarla a personas que antes se encontraban excluidas de esta.

A lo largo de este Trabajo final de Grado se desarrollaran las distintas cualidades que la conservación y la restauración extraen de estas disciplinas, reflejando la importancia de la diversidad, el desarrollo y aplicaciones de las mismas, tanto a favor de los conservadores, como de las piezas y de las personas capaces de disfrutar y aprender de la experiencia derivada.



**Figura 1.**  
Réplicas de las Cariátides del Erecteión en la Acrópolis, Atenas.



**Figura 2.**  
Andamiaje y grua empleadas en la intervención del Partenón en la Acrópolis, Atenas.

## 2. OBJETIVOS

El estado actual del *mortarium* (mortero) romano imposibilita su comprensión y su exposición al público en un entorno museístico. Es por ello que con este trabajo se pretende:

### 2.1. Objetivo general:

Proponer una intervención conservativa y de musealización que posibilite la comprensión de la pieza tanto a nivel histórico como estético.

### 2.2. Objetivos específicos:

- Conocer las características del yacimiento del Santuario romano de Mura, Edeta.
- Analizar el contexto histórico de la pieza.
- Realizar un estudio técnico.
- Documentar el estado de conservación del original.
- Elaborar una propuesta de conservación y restauración del *mortarium* adecuada a sus características.
- Elaborar una propuesta de musealización para el *mortarium* adaptada a sus particularidades.

### 3. METODOLOGIA

La metodología desarrollada en éste Trabajo Final de Grado se ha abordado desde diferentes ángulos, con un gran trabajo de investigación y estudio a diferentes niveles, contando también con una parte práctica en el proceso.

- Una búsqueda de datos y conocimiento tanto a nivel histórico y arqueológico como material especializado en el campo de la conservación y restauración, y en concreto sobre las intervenciones realizadas con anterioridad a distintas piezas procedentes del mismo yacimiento.

- Realización de estudios preliminares para plantear una propuesta de intervención adecuada a la pieza y el desarrollo de la misma teniendo en cuenta las particularidades de la pieza.

- Premontaje del original a fin de facilitar las pruebas con los softwares de modelado 3D y la realización de diagramas y dibujos tipográficos.

- Estudio y pruebas con diferentes programas de software libre basados en el modelado 3D para conocer su funcionamiento y cualidades en el apartado de musealización.

- Seguimiento de publicaciones especializadas en la web a fin de estar al día con los últimos avances en el campo de las intervenciones, las nuevas tecnologías y métodos innovadores.

## 4. CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA

El origen de la pieza lo encontramos a través del tiempo en el período conocido como antigüedad tardía, más concretamente en el antiguo *municipium* de Edeta.

La antigua Edeta, actualmente conocida como Llíria, fue una ciudad altamente notable durante la época ibérica, la cual se encontraba a veinte mil pasos de la colonia romana de *Valentia* en la *Hispania Tarraconensis*, adquirió el estatus de *municipium* de derecho latino en época augusta y esto conllevó a establecer una nueva ubicación más acorde a los principios urbanísticos romanos<sup>1</sup>.

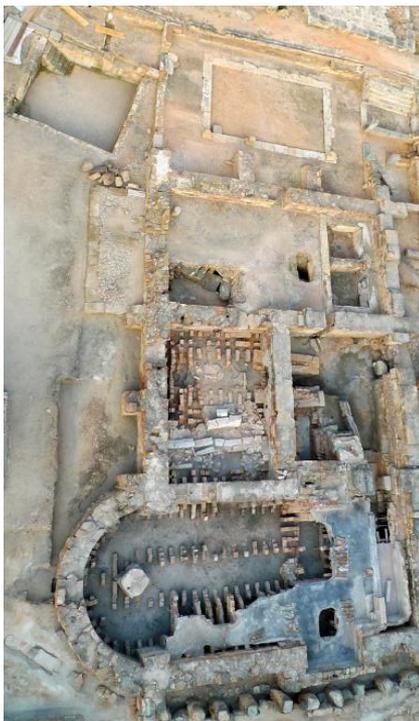
Las primeras construcciones de esta nueva ciudad se corresponden en un principio con los últimos años del reinado del emperador Augusto, aunque su configuración definitiva no tuvo lugar hasta la época julio-claudia y época flavia.

Las excavaciones y labores arqueológicas en la zona realizadas en los últimos veinte años han permitido conocer los diferentes espacios urbanos y sus delimitaciones con bastante precisión y definir las fases de ocupación del *municipium* desde el siglo I hasta el siglo VII d.C.



**Figura 3.**

Mapa de colonias romanas y sedes episcopales.  
Fuente: ESCRIVA, V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. "Edeta en la Antigüedad Tardía (Llíria, Valencia)" VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005.



**Figura 4.**

Vista aérea del yacimiento tras diversas intervenciones arqueológicas.  
Fuente: Comunitat Valenciana.

### 4.1. YACIMIENTO

La primera intervención con metodología arqueológica llevada a cabo en el santuario y las termas romanas de Mura se data en 1971 por Domingo Fletcher y Milagros Gil-Mascarell, los responsables del servicio de Investigación Prehistórica de la Diputación Provincial de Valencia<sup>2</sup>.

A pesar de intuirse el importante valor del conjunto arquitectónico de origen romano, no fue hasta 1989 que se empezaron a llevar a cabo de manera sistemática excavaciones arqueológicas por el Ayuntamiento de Llíria y la Dirección General de Patrimonio, conducidas por los arqueólogos Vicent Escrivà, Xavier Vidal y Carme Martínez Camps, en un lento proceder muy de acuerdo con la escasa disponibilidad presupuestaria destinada a estos fines y el lento quehacer arqueológico, pero siendo este proceso realizado casi de manera ininterrumpida.<sup>3</sup>

1 ESCRIVA, V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. "Edeta en la Antigüedad Tardía (Llíria, Valencia)" VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005.

2 ESTEBAN, J.; MOLINER, E. "Estudios de arquitectura romana. Las termas mayores de Mura, Llíria (Valencia)". p.85

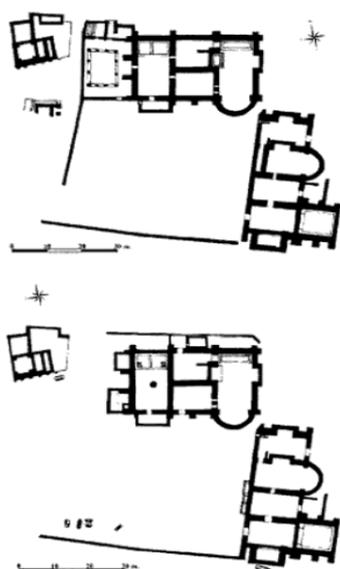
3 Ibíd.p.85

El Santuario romano de la partida de Mura constituye uno de los conjuntos arquitectónicos más singulares e importantes de la Hispania Romana. Presenta un estado de conservación excelente, con un grado de integración urbanística notable en el que se diferencian una zona religiosa organizada alrededor de un santuario oracular, un conjunto termal doble como complejo lúdico con función curativa y diversas dependencias y establecimientos dotacionales.

Como muchos otros conjuntos monumentales romanos, su financiación dependería de notables, magistrados o senadores vinculados a la ciudad. Este tipo de donaciones, muy comunes en época romana, eran realizados como un acto de *beneficentia*<sup>4</sup> que tenía como objetivo el mejorar la popularidad y prestigio del donante y, de esta manera, promocionar su carrera política<sup>5</sup>.

Hacia mediados del s. VI d.C. comienza una época de proliferación de monasterios cristianos, siendo alrededor de estas fechas cuando se abandona el uso público de las termas, lo que haría resultar lógica la hipótesis de que el conjunto fue convertido en monasterio y que la presencia de elementos litúrgicos así como los enterramientos hallados en su interior parecen confirmar. Se abandona definitivamente el conjunto a mediados del s. VII d.C. tras una época de ocupación visigoda, en la que se puede sugerir la posibilidad de que el complejo continuase con un uso monástico aunque con cambios notables al ser anexionado al reino de Leovigildo.

Por lo que la datación de la ocupación del antiguo santuario romano de Mura se establece en torno a mediados del siglo VII d.C en base a al material recuperado en los rellenos de colectación de la *natatio*<sup>6</sup> del *apoditerium*<sup>7</sup> y del *tepidarium*<sup>8</sup> de las termas mayores, en el *praeurnium*<sup>9</sup> de las termas menores y en el interior de los enterramientos colectivos. En base la acumulación de las dovelas de la bóveda y de los sillares de relleno, se deduce que la totalidad del edificio fue expoliado para servir como material de construcción para los nuevos edificios visigóticos<sup>10</sup>.



**Figura 5. 1.**

Santuario romano de Mura del siglo VI;

**5.2.**

Santuario romano de Mura en época visigótica.

Fuente: ESCRIVA,V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. "Edeta en la Antigüedad Tardía (Lliria, Valencia)" VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005.

4 *lat.* Acto de generosidad privada a favor de la colectividad.

5 GRIMAL, P.: "La civilización romana: vida, costumbres, leyes, artes." Paidós. Barcelona, 2007.

6 *lat.* Piscina de natación ubicada al aire libre. MARTINEZ, C.; LOPEZ, J.; NIETO, C. "Historia del Arte Clásico en la Antigüedad". Editorial universitaria Ramón Areces. Madrid, 2007.

7 *lat.* Sala empleada como vestuario en termas o edificios públicos. *Ibíd.*p.260

8 *lat.* Sala de baños tibios romana. *Ibíd.*p.260

9 *lat.* Cámara de combustión de un horno. *Ibíd.* p.260

10 ESCRIVA,V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. "Edeta en la Antigüedad Tardía (Lliria, Valencia)" VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005.

## 4.2. MORTARIUM

En cuanto al *mortarium* en sí como objeto hay que tener en cuenta que la singularidad de esta pieza de menaje doméstico reside en su desconocimiento por las poblaciones indígenas y por lo tanto en su identificación con los hábitos culinarios romanos.



**Figura 6.**

Fuente: Museum of London.



**Figura 7.**

Fuente: Museum of Liverpool.



**Figura 8.**

Fuente: The Museum of Thanet's Archaeology

### Figuras 6,7 y 8.

Diferentes tipos de mortarium en distintos estados de conservación provenientes de diversos museos.

Estos recipientes servían para machacar alimentos, pero también podían utilizarse para preparar comida, descortezar el grano, fabricar el pan, preparar salsas y elaborar requesón. Son cuencos poco profundos, cuyo fondo en su parte interior tiene generalmente piedrecitas incrustadas o bien una serie de estrías muy marcadas para formar la superficie de frotación. En el borde se encuentra un pico más o menos pronunciado para verter los alimentos. Algunas veces este pico consiste en un simple aplastamiento del borde efectuado con el dedo en la arcilla blanda antes de la cocción de la vasija.

Los morteros son muy abundantes en los campamentos militares romanos, mientras que en las ciudades o aglomeraciones civiles son menos frecuentes<sup>11</sup>. Probablemente estuviera relacionado con la alimentación de los soldados, a los que debía servir de escudilla, mientras que en las casas particulares su empleo casi exclusivo como mortero determina que su número sea más reducido.

Entre las investigaciones realizadas destacan las seriaciones de Vegas y Santrot. Los centros de fabricación se sitúan en las áreas originarias itálicas, especialmente en los campamentos militares, en donde su uso fue más frecuente.

Por la forma del labio se pueden indicar diferentes tipologías: labio vertical, labio horizontal, labio de sección triangular, labio de pico de loro, labio colgante o labio inclinado. El pico vertedor y la visera también son elementos clasificatorios<sup>12</sup>.

11 GRIMAL, P.: "La civilización romana: vida, costumbres, leyes, artes." Paidós. Barcelona, 2007.

12 VEGAS, M. "Cerámica común romana del mediterráneo occidental", Barcelona : Instituto de arqueología y prehistoria, 1973.

### 4.3. MUSEO ARQUEOLÓGICO DE LLÍRIA

El Museo Arqueológico de Lliria (MALL) es el centro encargado de la protección, conservación y difusión de los materiales que ilustran sobre la evolución histórica de la ciudad de Lliria desde época ibérica.

Construido en 1997 según proyecto de los arquitectos Gemma Casany e Ignacio Docavo, respeta los restos de época medieval conservados en la plaza, recuperando los elementos de la antigua fortificación<sup>13</sup>.

Las colecciones y piezas expuestas proceden en su mayor parte de las intervenciones arqueológicas realizadas en Lliria, y representan una muestra significativa de las culturas con mayor presencia en la misma, centrándose fundamentalmente en época ibérica, romana y medieval.

La primera sala está dedicada al mundo medieval exponiendo objetos cerámicos de los siglos XIV y XV, piezas de vidrio del siglo XIV y piezas de arte mudéjar, s.XIII, y gótico, s. XIV y XV. La segunda sala está dedicada al mundo de los íberos, la cual expone un conjunto de cerámica procedente de las excavaciones realizadas en los poblados del Tosal de San Miguel, antigua Edeta, y de la Monravana.

La tercera sala está dedicada íntegramente a la época romana, lo cual la convierte en la sala en la que el original a tratar sería expuesto en un futuro. Expone piezas y recrea antiguos edificios pertenecientes a la ciudad romana de Edeta.

La cuarta sala recrea a tamaño real un *thermopolium*, una especie de taberna romana en la que se servía comida y bebida. Expone un amplio repertorio de recipientes cerámicos para la cocina, la mesa y el almacenaje procedentes de la ciudad romana. En esta sala se exhibe también una maqueta que recrea el conjunto arquitectónico formado por el santuario oracular y termas romanas de Mura.

Además de las salas de exposición el museo también cuenta con un sótano donde se almacenan los objetos recuperados que están siendo tratados o van a serlo y que proceden de las excavaciones de la zona.



**Figura 9.**  
Museo arqueológico de Lliria y su integración con la fortificación.  
Fuente: Ajuntament de Lliria.

13 MALL [en línea] disponible en: <<http://www.lliria.es/es/content/21-museo-arqueologico-de-lliria-mall>>

## 5. ESTUDIO TÉCNICO



**Figura 10.**  
Detalle de las piedras ubicadas en la base.

La pieza a estudiar es un *mortarium* romano, se trata de una cerámica basta, empleada para un uso doméstico y fundamentalmente para su empleo en la cocina. Se caracteriza por tener incrustadas en la zona interior de la base unas piedras de pequeño tamaño para facilitar la molienda de los alimentos.

MORTERO ROMANO	
ESPECÍFICO: <i>MORTARIUM</i>	
MUSEO ARQUEOLÓGICO DE LLÍRIA	
YACIMIENTO	ANTIGUO SANTUARIO ROMANO DE MURA, <i>MUNICIPIUM DE EDETA</i> ,
SECCIÓN	UE 1612, Santuario romano de Mura
ÉPOCA	BAJO IMPERIO ROMANO
MATERIAL	CERÁMICA
COLOR	ANARANJADO
% PIEZA	50-65%
Nº FRAGMENTOS	22
-Bordes	9
-Centro	9
-Base	4

**Tabla 1.** Ficha técnica.



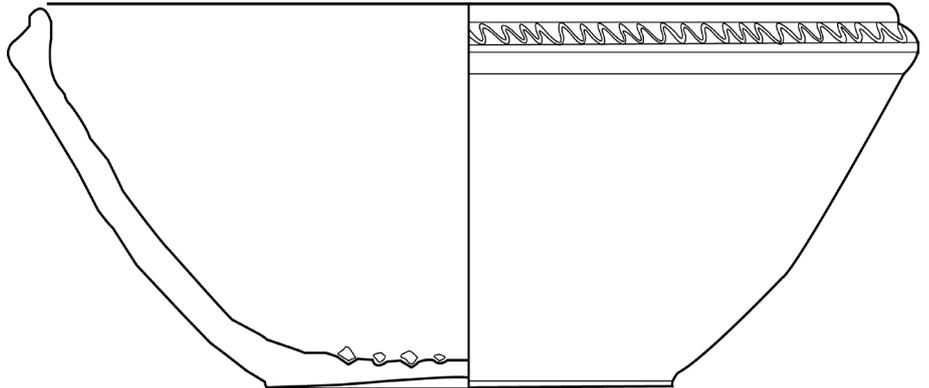
**Figura 11.**  
Anverso de los fragmentos.



**Figura 12.**  
Reverso de los fragmentos.

Como se indicaba en el apartado anterior y en la tabla mostrada arriba, el *mortarium* procede del yacimiento del antiguo santuario romano de Mura del antiguo municipium de Edeta, y es de donde tras estudiar numerosos artículos y publicaciones respecto al proyecto, que se encuentra el dibujo tipográfico de la pieza, publicado entre los correspondientes hallazgos de dicho yacimiento.

A su vez el museo ofreció una imagen más detallada de dicho dibujo, la cual fue recogida durante el proceso de investigación de este trabajo, facilitando la tarea y mostrando en detalle el aspecto que debía presentar la pieza, para su inclusión en el presente trabajo se llevó a cabo una digitalización del mismo.



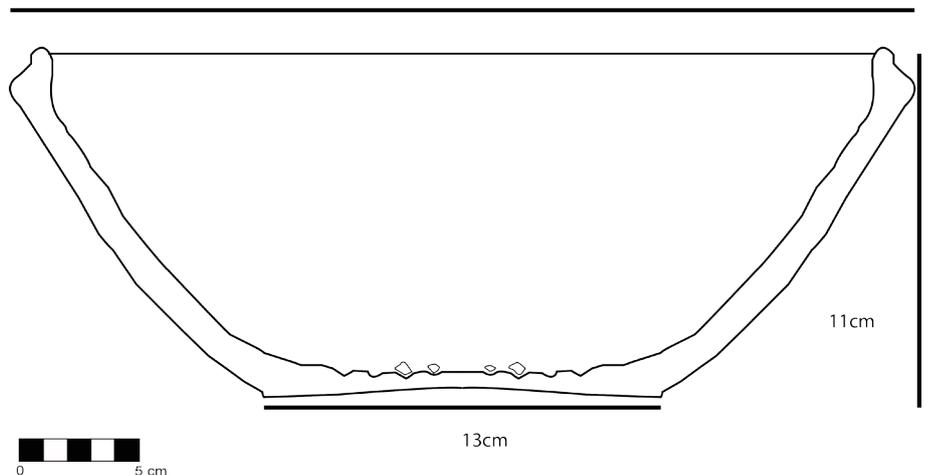
**Figura 13.**  
Dibujo tipográfico digitalizado del *mortarium*.



**Figura 14.**  
Detalle de la decoración.

En este dibujo tipográfico se aprecia con claridad la presencia de la decoración localizada en el borde superior de la pieza. Esta decoración consiste en la utilización de pequeñas marcas lineales realizadas mediante incisiones, lo cual indica que dicha decoración fue llevada a cabo mientras el material estaba crudo, al igual que sucedería con la realización de decoraciones plásticas o impresas. Este diseño fue llevado a cabo probablemente mediante el uso de una pequeña caña o rama, o incluso con el empleo de un fino alambre.

28cm



**Figura 15.**  
Medidas de la pieza.

## 6. ESTADO DE CONSERVACIÓN

La pieza se presenta fracturada, desconociéndose las causas por las cuales se encuentra en diversos fragmentos, siendo estos 22 en total.

Durante el estudio organoléptico la pieza muestra signos de una disgregación generalizada de la pasta cerámica que la conforma, haciéndose esto evidente en el fino polvo que al tocar los fragmentos se desprende de los mismos. Por otra parte las líneas de fractura se han visto afectadas, siendo sus bordes más romos y suaves de lo que deberían, lo que podría derivar en problemas a la hora de llevar a cabo tanto el premontaje como el montaje definitivo de la pieza de no ser intervenidos. También se aprecian zonas en las que es evidente la pérdida de materia tanto en el anverso como el reverso de la pieza.

En el caso de la superficie, así como en ciertas zonas de fractura, esta se encuentra cubierta en gran medida por una capa de concreciones siendo apreciables a simple vista, y a falta de la realización de pruebas pertinentes, costras calcáreas en su mayoría, así como también se pueden apreciar en menor medida la presencia de concreciones terrosas en zonas localizadas. Para determinar el origen calcáreo de dichas costras se debe recurrir a la realización de la prueba del ácido clorhídrico para confirmar la presencia de calcita en la composición de las mismas.

Pese al estado de disgregación que muestra la pasta cerámica la decoración de la pieza se mantiene visible, siendo reconocible durante el estudio organoléptico, por lo que al no ser una decoración fruto de el empleo de otros materiales como pigmentos no supone una preocupación añadida.



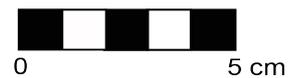
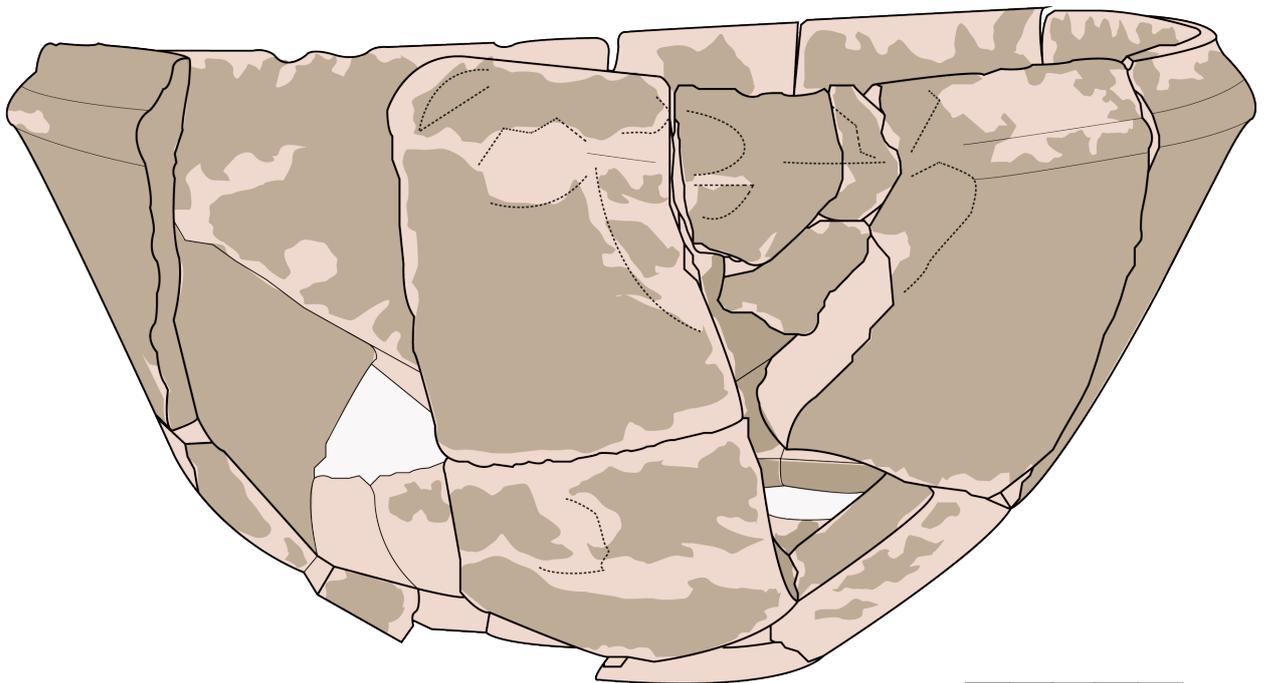
**Figura 16.**  
Detalle sobre concreción terrosa.



**Figura 17.**  
Detalle de las concreciones insolubles.



**Figura 18**  
Detalle del suavizado de las líneas de fractura entre fragmentos fragmentos.



DISGREGACIÓN EN PASTA CERÁMICA

CONCRECIONES

PERDIDA MATERIA

**Figura 19.**  
Diagrama de daños.

## 7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

A lo largo de este apartado centrado en la propuesta de intervención se desarrolla un plan de intervención, que se adaptarán a las necesidades específicas de la pieza. En estos tratamientos se busca seguir el criterio actual de los métodos de restauración y conservación, los cuales consisten en el respeto por la pieza, reversibilidad del tratamiento y una mínima intervención, tomando como punto de partida las intervenciones realizadas con anterioridad a diferentes piezas procedentes del mismo yacimiento, el Santuario y termas romanas de Mura, Edeta (Lliria).

En el caso de las distintas piezas intervenidas con anterioridad el producto elegido para llevar a cabo las limpiezas de concreciones con apoyo de químicos fue una disolución corregida de AB57 en empaques de pasta de celulosa con su respectiva neutralización. Así como la elección de los consolidantes apropiados para los casos de pastas menos cocidas que necesitaban de una consolidación por inmersión para asegurar la cohesión de las piezas, para estos casos se decantaron por inmersión y migración por capilaridad durante 24 horas en emulsiones acuosas de Primal AC33 al 5% y silicato de etilo Estel 1000® CTS dependiendo de los casos. A pesar del tiempo transcurrido de estas intervenciones al planteamiento actual cabría tener en consideración dicho tratamiento, ya que se apreciaron los buenos resultados en su momento.<sup>14</sup>

Debido al estado de degradación de la pasta cerámica y su alto nivel de porosidad, se debe estudiar la viabilidad de llevar a cabo en primer lugar los tratamientos de limpieza, ya que en su actual estado podría ser necesaria la realización previa de una consolidación preventiva.

En base a lo anteriormente comentado sobre el estado de la pieza se descartaría, en un primer momento, llevar a cabo una limpieza mecánica más allá de la realización de una limpieza superficial, mediante el empleo de una brocha de cerda suave para eliminar las partículas de suciedad. Es por esto que el proceso se centraría en llevar a cabo una limpieza química.

Antes de decidir cual es el camino correcto a seguir a la hora de realizar la limpieza química se debe comprobar y confirmar que la patología presente corresponde a la detectada durante el estudio previo de la pieza y la preparación del estado de conservación.

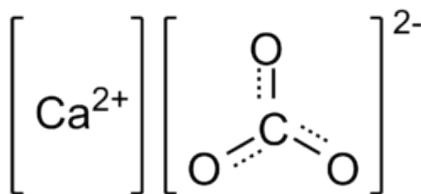
PRUEBAS DE SOLUBILIDAD	
DISOLVENTE	OBSERVACIONES
<b>FRAGMENTO 1</b> En costras exteriores	
H <sub>2</sub> O	- Residuos en hisopo - No alteración en la superficie
ALCOHOL	- Residuos en hisopo - No alteración en la superficie
ACETONA	- Residuos en hisopo - Alteración en la tonalidad sobre la costra en superficie. (grisáceo)
<b>FRAGMENTO 2</b> En superficie original	
H <sub>2</sub> O	- Residuo abundante en hisopo - No alteración en la superficie
ALCOHOL	- Ligero residuo en hisopo - Rápida evaporación - No alteración en la superficie
ACETONA	- Residuo abundante en hisopo - Rápida evaporación - No alteración en la superficie
<b>FRAGMENTO 3</b> En costras interiores	
H <sub>2</sub> O	- Residuo abundante en hisopo - No alteración en la superficie
ALCOHOL	- Ligero residuo en hisopo - No alteración en la superficie
ACETONA	- Residuo abundante en hisopo - Necesita de insistencia - Alteración de tonalidad en la superficie
2A	- Residuo abundante en hisopo - No alteración en la superficie
<b>FRAGMENTO 4</b> En costras exteriores	
H <sub>2</sub> O	- Residuo abundante en hisopo - No alteración en la superficie
ALCOHOL	- Residuo abundante en hisopo - No alteración en la superficie
ACETONA	- Residuos en hisopo - Alteración en la tonalidad sobre la costra en superficie. (grisáceo)
2A	- Ligero residuo en hisopo - No alteración en la superficie

**Tabla 2.** Pruebas de solubilidad realizadas, en las que se refleja el estado delicado de la pasta cerámica.

14 ESCRIVA, V.; PASIES OVIEDO, T. "Conservación y restauración de la cerámica romana (s. I-III d.C.) de los pozos votivos de Lliria". Direcció General de Patrimoni Artístic. Valencia, 1997.

En el caso de los fragmentos de la pieza que nos ocupa se concluyó, en el estudio preliminar de los mismos, que las costras presentes sobre la superficie de la pasta cerámica se trataban de costras insolubles, más concretamente concreciones calcáreas. Para reafirmar esta primera observación y confirmar que el diagnóstico previamente ofrecido era correcto es necesario realizar unas pequeñas pruebas que determinen la naturaleza de la concreción, ya que sin los resultados de dichas pruebas la limpieza podría convertirse en una acción contraproducente ante el desconocimiento de su origen.

Lo primero es conocer a que nos enfrentamos, en el caso de los fragmentos del mortarium se observa que se encuentran cubiertos por grandes concreciones de color blanquecino incrustadas en la superficie de los mismos, esto indica que se trata de la presencia de sales insolubles.



**Figura 20.**

Estructura del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ )

Una vez conociendo el tipo de concreción al que corresponden, el siguiente paso sería determinar a que tipo de sales insolubles pertenecen. Existen dos posibilidades, que se traten de carbonatos o bien de sulfatos. Los carbonatos se presentan generalmente como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que provienen de rocas carbonáticas y de cenizas de leña, los suelos de carácter alcalino favorecen la aparición y formación de costras calcáreas. Por otra parte los sulfatos pueden provenir de distintas fuentes como las tierras ácidas, la contaminación atmosférica, las cenizas de leña, la presencia de fertilizantes o incluso de la presencia de minerales de azufre en el yeso. Para determinar a que tipo pertenecen disponemos de dos pruebas.

La primera prueba, destinada a revelar si se trata de sulfatos, consiste en someter uno de los fragmentos, o la pieza en caso de que se encuentre completa o montada, a un baño en agua durante 24 horas, transcurrido este tiempo se debe agitar el agua a fin de disolver las sales que se han depositado sobre la pieza, una vez disueltas se tomará una muestra con una probeta. A dicha probeta que contiene la muestra de agua se le aplicarán una o dos gotas de ácido clorhídrico y habrá que repetir el proceso añadiendo una o dos gotas esta vez de cloruro de bario, ambos en una concentración del 10%, a fin de revelar la presencia de los sulfatos, los cuales se manifestarán en forma de precipitado blanco insoluble en ácido nítrico.

La segunda es la destinada a comprobar la presencia de carbonatos. Esta prueba es más sencilla en cuanto a procedimiento, ya que consiste en colocar una muestra de la costra en un porta de vidrio y aplicar unas cuantas gotas de ácido clorhídrico concentrado, el cual en presencia de carbonatos reaccionará mediante la aparición de una efervescencia a causa de la eliminación del  $\text{CO}_2$ .

Una vez determinado el tipo de concreción salina se procedería a realizar una limpieza mediante el empleo de químicos, y utilizando el bisturí o escalpelo como refuerzo en caso de que fuese necesario durante el tratamiento. Antes de proceder con el proceso de limpieza se debe realizar un estudio de los diversos productos mediante un proceso de catas para contemplar la reacción de la materia cerámica.

La propuesta de estudio para el desarrollo de la limpieza química contempla el empleo de diversos materiales soportantes, así como los productos susceptibles de ser empleados en distintos porcentajes para poder crear un plan de acción para la limpieza de la pieza, adaptado a las necesidades de esta en base a los resultados obtenidos.

Tras investigar se encuentran diversos materiales destinados a la eliminación de concreciones insolubles como las que presentan los fragmentos que conforman la pieza. Estos productos deben ser aplicados con cautela y siendo sometidos a riguroso control en lo que respecta al tiempo de exposición a fin de evitar que puedan producir daños sobre la superficie original, así como la realización de una correcta neutralización tras su aplicación.



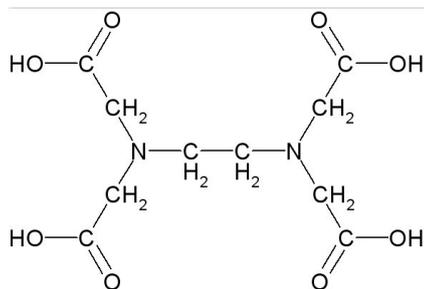
**Figura 21.**

Arbocel BC 100 como ejemplo de pasta absorbente empleada en empacos.

Fuente: Kremer Pigmente.

Para la aplicación de dichos productos se recurrirá a los empacos y/o papetas, que consiste en mezclar la disolución ácida o producto elegido con polvos o pastas absorbentes inertes o activos, hasta que dicha mezcla resulte en una masa más o menos compacta. Dicha pasta será aplicada directamente sobre la superficie a tratar de los fragmentos que conforman la pieza.

Los primeros productos químicos a conocer son el bicarbonato de amonio y el bicarbonato de sodio, productos los cuales derivan de ácidos débiles, transformando el carbonato de calcio insoluble en bicarbonato de calcio soluble. Su aplicación suele consistir en la realización de empacos o bien por inmersión en soluciones que oscilan del 10 al 20%, según el caso, en agua en tiempos variables de entre 5' a 1h, o bien como medio de apoyo en las limpiezas mecánicas. La posterior neutralización se lleva a cabo mediante la aplicación o inmersión en agua desmineralizada o desionizada.



**Figura 22.**  
Estructura del E.D.T.A.

Fuente: Foro de Mineralogía Formativa.

Siguiendo con los materiales encontramos el E.D.T.A.<sup>15</sup>, un agente complejante muy habitual de unos años a esta parte en distintos ámbitos y procesos de restauración debido a sus múltiples aplicaciones y beneficios frente a otros productos.

Puede ser aplicado en empaco o por inmersión en solución al 5% en agua durante periodos de tiempo de entre 5' a 1h con una inmediata neutralización tras la retirada mediante el empleo de agua desionizada y/o desmineralizada.<sup>16</sup>

La disolución conocida como AB57<sup>1718</sup> es la siguiente en la lista de productos aptos para la eliminación de las costras calcáreas. Se compone de los productos anteriormente mencionados los cuales se complementan mediante las reacciones que llevan a cabo. El efecto del bicarbonato es facilitar el desprendimiento y reblandecer la costra, siendo cuidadosos con la cantidad que se emplea y el tiempo de uso ya se debe impedir la filtración de sales solubles sobre el soporte original. Por otra parte las sales del EDTA se acomplejan con el Ca de la costra, transportándolo en solución.

A esta mezcla se pueden añadir jabones neutros, como es el caso de New-Des® en bajo porcentaje, a fin de que actúe a modo de tensoactivo para favorecer y aumentar el poder de humectación del agua, así como para favorecer la retirada de otras sustancias que se puedan encontrar adheridas a la costra.

Al igual que en los casos anteriores la aplicación se realiza mediante empacos o bien por inmersión en tiempos de 5' a 1h y con una posterior neutralización mediante el uso de agua desmineralizada y/o desionizada.

<sup>15</sup> Se trata de un compuesto orgánico basado en sales sódicas del ácido etilendiamino tetracético.

<sup>16</sup> En algunos casos también se le puede añadir un tensoactivo para facilitar el proceso de la limpieza.

<sup>17</sup> Esta papeta, desarrollada por el I.C.R. de Roma, se ha comprobado como un agente de limpieza excelente capaz de retirar suciedad variada y de forma particularmente exitosa las costras insolubles.

<sup>18</sup> Receta papeta AB57: 1L. Agua + 30gr. Bicarbonato de amonio (NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>) + 30gr. Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) + 25gr. EDTA + 60gr. Carboximetilcelulosa o pasta de celulosa + 10ml. Neo-Desogen (New-Des®). CARRASCOSA, B. *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. p.91



**Figura 23.**

Aplicación de papeta con el empleo de film.

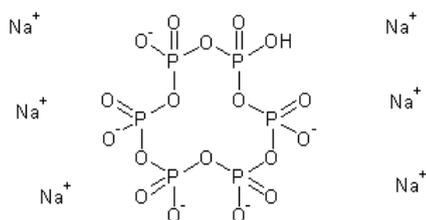
Fuente: Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico

Por otra parte tenemos la pasta mora<sup>19</sup> la cual es una disolución muy similar a la AB57, ya que ambas tienen como base el bicarbonato de sodio, el bicarbonato de amonio y el EDTA, pero ligeramente menos agresiva que ésta debido a que sus porcentajes en la mezcla son mucho menores. Es por esto que se suele recomendar su uso para el tratamiento de cerámicas que sufren de cierta fragilidad matérica. A esta mezcla también se le puede añadir como en la anterior New-Des® a modo de tensoactivo si fuese necesario dado el caso. Los tiempos de contacto con la superficie oscilan entre los 5' hasta la hora, siendo aplicada mediante empacos.

A fin de aumentar el grado de efectividad de este tipo de papetas se recomienda ralentizar el proceso de evaporación cubriéndolas, una vez aplicadas sobre la superficie a tratar, con film de polietileno y deberán ser neutralizadas las zonas tratadas mediante el empleo de agua desmineralizada y/o desionizada tras la retirada del empaco.

El ácido cítrico es un producto altamente recomendado también para la retirada de concreciones insolubles, ya que se trata de un ácido muy débil y por lo tanto no extremadamente agresivo. Su aplicación se lleva a cabo mediante empacos o por inmersión, con concentraciones que varían del 1 al 10% en soluciones acuosas en espacios de 5' hasta una hora.

En caso de que las incrustaciones se encuentren altamente compactadas o muestren aportes arcillosos muy adheridos se puede aplicar un tensoactivo a la mezcla, a fin de facilitar el proceso de reblandecimiento de la costra mediante la acción del ácido.



**Figura 24.**

Estructura del hexametáfosfato de sodio.

Fuente: Health Canada.

En el caso del hexametáfosfato de sodio, que es un ácido débil al igual que en el caso del ácido cítrico, se suele emplear en la retirada de sulfatos insolubles debido a su demostrada eficacia a la hora de trabajar con ellos. Es un producto altamente recomendado para retirar restos y manchas de escayolas en piezas tratadas o intervenidas con anterioridad. Igual que el resto de productos vistos hasta ahora, se aplica mediante empacos o por inmersión en porcentajes que van desde al 5 al 10% en soluciones acuosas con tiempos entre 5' a 8h, con una posterior neutralización obligatoria mediante la aplicación o inmersión de la pieza en agua desmineralizada y/o desionizada.

19 Receta pasta mora (pagina 91): 1L Agua+ 3gr. Bicarbonato de amonio (NH4HCO3) + 3gr. Bicarbonato de sodio (NaHCO3) + 2,5gr. EDTA + 60gr. Carboximetilcelulosa o pasta de celulosa. CARRASCOSA,B. *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos* .p.91

Si se diera el caso en que los productos estudiados y expuestos hasta ahora no fuesen efectivos en la retirada de las costras insolubles, se podría plantear el empleo de los denominados ácidos fuertes. Llegados a este punto, se debe ser consciente de los peligros que estos representan no solo para la pieza a tratar, los cuales son altos ya que pueden causar problemas con las sales solubles, si no para el restaurador también, ya que no se trata de productos que sean inocuos, debido a que son sustancias altamente tóxicas que pueden resultar perjudiciales para aquellos quienes las empleen.

Estos productos fueron los más utilizados durante décadas en el mundo de la conservación, debido a que se trata de un tratamiento muy eficaz capaz de asegurar la eliminación de cualquier tipo de incrustación insoluble, ya sea de tipo calcáreo o silíceo indistintamente, pero que presenta grandes riesgos, llegando a ser traumático para las piezas, si no se procede correctamente, por lo que resulta primordial seguir una metodología correcta. Es por esto que, de un tiempo a esta parte, son materiales que se relegan a un segundo plano frente a productos menos agresivos y tóxicos, para casos en los que verdaderamente son necesarios ya que el resto de productos no han podido ayudar a tratar y/o corregir el problema presente en la pieza.



**Figura 25.**

Vertido del ácido.

Fuente:grupodinapaola.blogspot.com.es

En este grupo los productos más utilizados son el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y el ácido acético. Para manejar dichos productos se deberá llevar un equipo mínimo, que proporcione seguridad al encargado de su manipulación, que incluirá el uso de gafas de protección, mascarilla y guantes. Las concentraciones a la hora de preparar la solución irán siempre desde la concentración más baja posible y subiendo de forma gradual, en caso de ser necesario aumentarla, y nunca deberá sobrepasar el 15% de concentración en solución. El ácido será vertido sobre el agua a la hora de preparar la mezcla y nunca al revés, a fin de evitar accidentes o salpicaduras que podrían suponer un peligro en el entorno del laboratorio, tanto para la pieza como para el restaurador. Su aplicación habitual será localizada mediante el uso de hisopo o pincel, y en casos extremos mediante inmersión, y solo se llevará a cabo una vez la pieza o fragmento a tratar haya sido saturada con agua, para evitar una penetración más profunda del ácido en la pasta cerámica a tratar. La neutralización debe ser inmediata, una vez hemos contemplado que el resultado del tratamiento es el esperado, vía inmersión en agua, a ser posible añadiendo una baja concentración de algún tipo de álcali, como puede ser el amoníaco, que ayudará a favorecer el proceso de neutralización de estos ácidos altamente agresivos, dejándolo durante un tiempo mínimo de 15'.

Al llevar a cabo este tipo de tratamientos químicos se debe tener en cuenta que se trata de un sistema de limpieza de carácter destructivo, por lo que deben seguirse todas las recomendaciones y aplicarse con cautela, siempre manteniendo bajo vigilancia las zonas sometidas a estudio. Así mismo se recomienda realizarlos de forma previa a la desalación de la pieza, a fin de asegurar una correcta neutralización del producto empleado, una vez ya ha concluido el tratamiento y con vistas a evitar futuros problemas.

CONCRECIONES INSOLUBLES				
PRODUCTO	COMPOSICIÓN	APLICACIÓN	TIEMPO	NEUTRALIZACIÓN
BICARBONATO DE AMONIO Y BICARBONATO DE SODIO	Derivan de ácidos débiles.	Por empacos* o por inmersión al 10-20% en agua.	5' a 1h	Agua desionizada y desmineralizada.
E.D.T.A.	Agente complejante, compuesto orgánico basado en sales sódicas del ácido Etilendiamino Tetracético .	Por empacos* o por inmersión al 10-20% en agua.	5' a 1h	Agua desionizada y desmineralizada.
A.B.57	Bicarbonato de Amonio y de Sodio y E.D.T.A.	Por empacos* o por inmersión. Se usa para material pétreo.	5' a 1h	Agua desionizada y desmineralizada.
PASTA MORA	Similar al anterior, pero menos agresivo, sus porcentajes son menos elevados.	Por empaco*.	5' a 1h	Agua desionizada y desmineralizada.
ACIDO CITRICO	Ácido débil.	Por empaco* o inmersión al 1-10% en agua.	5' a 1h	Agua desionizada y desmineralizada.
HEXAMETA-FOSFATO DE SODIO	Ácido débil.	Por empaco* o inmersión al 5-10% en agua.	5' a 1h	Agua desionizada y desmineralizada.
ACIDO CLORHIDRICO, NITRICO Y ACETICO	Ácidos fuertes, peligrosos y tóxicos, solo para casos extremos.	Aplicación puntual* o por inmersión. Siempre a porcentajes bajos (3%).	Hasta ver resultados	Lavado con abundante agua, mínimo 15' de inmersión.

\* A fin de evitar la evaporación de los químicos y alargar la acción de los mismos se recomienda envolver los fragmentos en film de polietileno buscando conseguir una mayor efectividad del producto en cuestión.

**Tabla 3.** Productos estudiados para la eliminación de las costras calcáreas.

En caso que las pruebas realizadas mediante catas con los diversos productos químicos hayan dado como resultado que la superficie original de la pieza se encuentra demasiado afectada por la disgregación como para sufrir daños durante el proceso de limpieza se recomendaría la realización previa de una consolidación antes de proceder con el resto de tratamientos que buscan subsanar las distintas problemáticas de la pieza, debida ésta a la disgregación/falta de cohesión de la pasta cerámica.

Antes de llevar a cabo este proceso se recomienda la realización previa de una limpieza superficial mediante el empleo de una brocha de cerda suave a fin de eliminar las partículas de suciedad superficiales, a fin de evitar de este modo que resulten adheridas a la superficie original a tratar durante la consolidación.

En el caso concreto de este objeto cerámico se contempla la posibilidad de aplicarla por medio de una impregnación integral. La opción consistiría en la inmersión total de los fragmentos que conforman la pieza en emulsiones, permitiendo así el proceso de migración por capilaridad del consolidante durante un tiempo determinado nunca superior a las 24 horas, a fin de mejorar la cohesión interna de la pasta cerámica sin modificar de forma significativa su grado de porosidad. Una vez extraídos los fragmentos de la inmersión en el consolidante se aconseja retirar el exceso en superficie mediante el cuidadoso tamponado de la misma para evitar futuros problemas. Debido al alto grado de porosidad del material cerámico que conforma la pieza el producto recomendado para ello serían ésteres de silicio<sup>20</sup>, como el silicato de etilo Estel 1000® CTS bien puro o disuelto en White Spirit con un porcentaje no superior al 50%. Estos productos son transparentes, no amarillean con el paso del tiempo ni presentan residuos al secar y como punto a su favor ofrecen una buena resistencia a los agentes atmosféricos, ofreciendo algunos de ellos propiedades hidrórepelentes.

Una vez llevado a cabo el proceso de consolidación de los fragmentos se procedería a abordar el siguiente punto de los tratamientos a realizar. En caso de que esta fuese previa a la limpieza se procedería a llevar a cabo el tratamiento de limpieza con el producto elegido tras la realización de las pruebas anteriormente explicadas. Por otra parte si ésta se realizase tras la limpieza mediante el empleo de químicos el siguiente paso del proceso consistiría en la desalación de los fragmentos.

---

20 Los silicatos de etilo se suelen emplear para la mejora de la cohesión interna tanto de productos pétreos como cerámicos, ya que apenas modifican la porosidad de los materiales.

**Figura 26.**

Proceso de desalación.

Fuente: Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico

La desalación es un proceso que suele ser realizado mediante inmersión en agua, pero que también cabe la posibilidad de realizar por empacos. Este proceso se lleva a cabo para reducir los niveles de sales solubles presentes en el objeto cerámico de nuestro interés, durante la inmersión las sales solubles que se encuentran atrapadas en el interior de la pieza migrarán hacia el exterior y su cantidad se irá reduciendo mediante cambios paulatinos del agua, para evitar que vuelvan a los fragmentos. Este proceso a su vez resulta excelente para asegurar una correcta neutralización de los productos químicos empleados en el tratamiento de limpieza, los cuales en caso de no haber sido neutralizados correctamente tras su aplicación podrían repercutir creando nuevos problemas en nuestra pieza cerámica. Es por esto que para nuestro caso se recomienda la desalación mediante inmersión para asegurar que no se nos pasa ninguna pieza ni rincón de la superficie por desalar y/o neutralizar durante el proceso.

Para la realización del montaje de los fragmentos que conforman la pieza se desarrollara un orden en la metodología a fin de ir uniéndolos de forma correcta, procurando evitar deformaciones en el montaje final. Para ellos tomaremos como referencia para la unión el anverso o el reverso siguiendo su orden de ubicación en la pieza.

**Figura 27.**

Detalle del premontaje del original con cinta de carroceros.

El primer paso consistirá en la realización de un premontaje que nos indicará la posición y mejor disposición de los fragmentos tanto de forma individual como en conjunto y que servirá como preparación para el montaje final, ya que al conocer la ubicación de las piezas y el orden correcto agilizará el proceso de montaje final y evitara dificultades y problemas con el adhesivo. Colocando los fragmentos en una ordenación radial esto nos ayudara a crear una imagen completa de la posición en el plano general de los mismo y nos facilitara la colocación de las cintas adhesivas, las cuales deben ser libres de ácidos y con adhesivos fáciles de retirar. Estas cintas nos servirán como guía a la hora de unir de forma definitiva los fragmentos mediante el empleo de adhesivo.

Terminado con esto el siguiente paso consiste en la elección del adhesivo. Para ello tendremos en cuenta el tipo de pasta cerámica del mortarium y las características de los propios adhesivos, buscando con esto el equilibrio perfecto entre materiales y resultado final.



**Figura 28.**  
Adhesivo Paraloid B72 en aplicador.  
Fuente:



**Figura 29.**  
Adhesivo UHU®  
Fuente: UHU®

En el caso de nuestra pieza contemplaremos la posibilidad de emplear resinas acrílicas y metacrilatos como el Acril 33 o el Paraloid B72, los cuales emplearíamos en proporciones más elevadas que las contempladas en el proceso de consolidación, ubicándose el porcentaje entre un 30-50% disueltos en alcohol o acetona respectivamente, debido a que son materiales altamente resistentes y con un buen envejecimiento y fácil retirada a pesar de ser poco flexibles.

También se incluyen entre los posibles adhesivos susceptibles de ser empleados a las colas celulósicas como el Imedio Banda Azul® o UHU®, los cuales se caracterizan por ser adhesivos flexibles, con una buena resistencia y a la fácil retirada mediante el empleo de acetona. Estos son de los adhesivos más empleados en el montaje de piezas arqueológicas debido a su fácil manejo y al hecho de que permiten realizar correcciones en el montaje debido a un proceso de secado más lento que el resto.

Una vez finalizado el montaje definitivo de la pieza podremos dar por terminada la intervención en la pieza en lo que a este apartado respecta.

## 8. PROPUESTA DE MUSEALIZACIÓN

Es en este apartado donde, debido a la importancia que posee la pieza, que se decidió incluir la reintegración volumétrica de la obra, ya que se busca crear un plan adaptado a las particularidades propias más allá de de las medidas de conservación preventiva dispuestas para su exposición en museo.

La intención de este plan se centra en el empleo de la nuevas tecnologías que se encuentran disponibles en el mercado para conferirles nuevas aplicaciones adaptadas al campo de la conservación y la restauración. Es por esto que, tras a la aparición de las impresoras 3D y los distintos escenarios en los que son empleadas, se decidió tratar de adaptar su uso al campo de la conservación y la restauración debido al alto grado de precisión que muestran. Se busca con ello una optimización de los recursos disponibles y a su vez una menor intervención sobre la pieza original a tratar, ya que el resultado de su empleo cumpliría con las bases del respeto, reversibilidad, mínima intervención y el fácil reconocimiento de la misma.

Por esto es que el primer paso para el desarrollo de este plan consistió en llevar a cabo un premontaje, con el permiso pertinente del arqueólogo Vicente Escrivá, que facilitaría la tarea de recopilar las imágenes necesarias la pieza para crear el modelo en 3D con el que realizar el estudio de las diversas posibilidades.



**Figura 30.**

Adhesión de los fragmentos con IMEDIO Banda Azul®

Para ello se empleó como adhesivo el pegamento IMEDIO Banda Azul®, un adhesivo compuesto por nitrato de celulosa al 28% y acetato de etilo al 72%. Este adhesivo pese a que presenta ciertos problemas como el amarilleamiento o el hecho de que posee un tiempo relativamente corto de vida comprendido de entre 15 a 25 años, cumplía con la función de mantener las piezas unidas entre sí de forma estable y con una rápida respuesta al ritmo de trabajo debido al secado rápido del material, así como por lo sencillo de su retirada posterior. También se empleó cinta de carroceros para ayudar en el proceso a modo de sujeción y fijación de las piezas durante el secado del adhesivo. Debido al estado de los diversos fragmentos de la pieza se decidió que lo más apropiado consistía en comenzar por la zona del borde debido a que la forma original del objeto ayudaría a mantener las piezas en el lugar adecuado y con la presión necesaria para su correcta adhesión.



**Figura 31.**  
Aspecto final de la pieza tras el premontaje.

Fue durante este proceso que se hizo patente el hecho de que el porcentaje de material original del que disponíamos era superior al del 50-55% que se creía desde un principio. Siendo este un descubrimiento tanto para el proyecto como para el propio museo, el cual se mostró ampliamente interesado en dicho hecho, ya que una vez listo el premontaje se calculó que dicho porcentaje se encontraba más cercano al 70% de material original. Este hecho pudo haber supuesto un cambio de planes a la hora de seguir con el plan previamente diseñado, pero debido al tamaño del faltante, el cual seguía siendo importante, y la repercusión de este en la estabilidad e integridad física de la pieza seguía siendo viable y altamente recomendable.



**Figura 32.**  
Canon EOS 760D  
Fuente: MediaMarkt

Una vez terminado el montaje provisional de la pieza el paso a seguir consistía en llevar a cabo un estudio fotogramétrico de la obra. Para ello se dispuso un escenario con un fondo flanco y una plataforma redonda de 40 cm de base, de color blanco también, a fin de que todos los detalles de la pieza fuesen claramente visibles y resaltasen contra el fondo claro. La cámara empleada fue una Canon EOS 760D con un objetivo Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 anclada a un trípode para obtener estabilidad en las imágenes. Con las condiciones fotográficas establecidas y fijadas se procedió a realizar diversas series de fotografías a distintas alturas, rotando la plataforma unos 10º entre capturas hasta tener una visión completa de la pieza desde todos los ángulos posibles a fin de poder tener un registro de 360º del mortarium.



**Figura 33.**  
Objetivo Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6  
Fuente: Canon USA.



**Figura 34.**  
Realización del estudio fotogramétrico.

Una vez realizadas las fotografías estas se emplearon en el estudio de distintos programas de software libre para recrear un modelo en 3D de la pieza a fin de conocer los puntos y medidas necesarias para recrear el la pieza y extraer a su vez las dimensiones exactas del faltante. Se probaron dos programas para dicha recreación el *VisualSFM* y *Autodesk ReMake* ambos de software libre y gratuito. Ambos programas muestran ciertas diferencias a la hora ser empleados.

En el caso de *VisualSFM* este crea una nube de puntos<sup>21</sup> los cuales se extraen de las fotografías creando así un modelo de puntos tridimensionales en el espacio, los cuales necesitan de un posterior renderizado en otro programa para transformarse en una superficie continua que es lo que se conoce como malla<sup>22</sup>. Es la necesidad de emplear otro programa lo que en cierto modo dificulta su uso, ya que el modelo creado no puede ser empleado para su impresión directa lo que en un primer estadio de las pruebas puede resultar en problemas, ya que se trata de un proceso más técnico, costoso y complejo de creación de la nube y su posterior conversión a malla. Aunque más adelante la calidad de detalles como pueda ser la textura de la pieza resultaría en favor del uso del programa ya que revertiría en una mayor atención al detalle y un mayor realismo.

#### VisualSFM : A Visual Structure from Motion System

Changchang Wu

**VisualSFM** is a GUI application for 3D reconstruction using structure from motion (SfM). The reconstruction system integrates several of my previous projects: [SfM on GPU \(SfM-GPU\)](#), [Multicore Bundle Adjustment](#), and [Towards Linear-time Incremental Structure from Motion](#). VisualSFM runs fast by exploiting multicore parallelism for feature detection, feature matching, and bundle adjustment.

For dense reconstruction, this program integrates the execution of Yasutaka Furukawa's [PMVS/CMVS](#) tool chain. The SfM output of VisualSFM works with several additional tools, including [CM2-MVS](#) by Michal Jancosek, [MVE](#) by Michael Goesele's research group, [SIBR](#) by Mathias Rothmel and Konrad Wenzel, and [MeshRecon](#) by Zholiang Kang.

#### Structure from Motion - A Visual Interface

Reconstruct 3D with a few button clicks, and [watch the dynamic reconstruction process!](#)



You still have the option to run from command line without a GUI!

`VisualSFM -s images -r default.xml`

Figura 35.

Página web de descarga del VisualSFM.

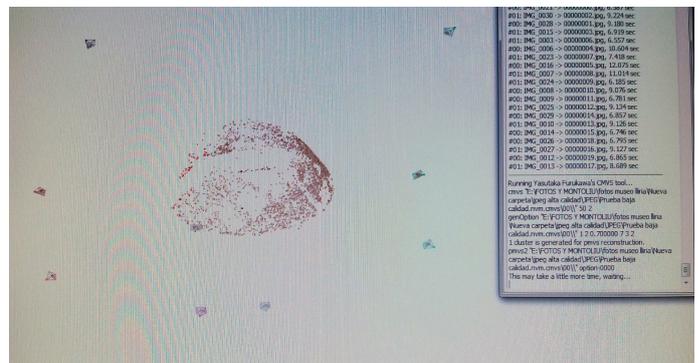


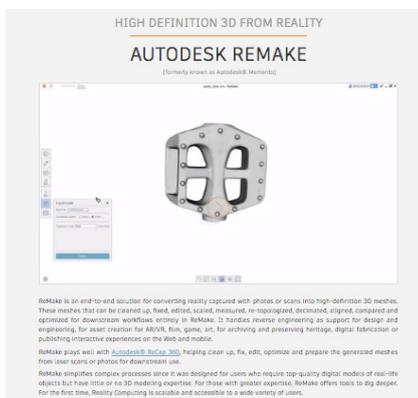
Figura 36.

Nube de puntos del original.

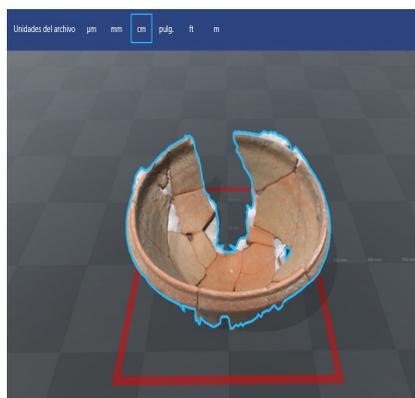
21 Una nube de puntos es un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, y Z y son representaciones de la superficie externa de un objeto. Las nubes de puntos se crean habitualmente con un láser escáner tridimensional o mediante un estudio fotogramétrico.

22 Una malla es una superficie creada mediante un método tridimensional generado por sistemas de vértices posicionados en un espacio virtual con datos de coordenadas propios. Existen diversos sistemas y algoritmos de creación. Una malla se construye a partir de un mínimo de 3 vértices llamada cara que es la unidad básica de todo polígono tridimensional.

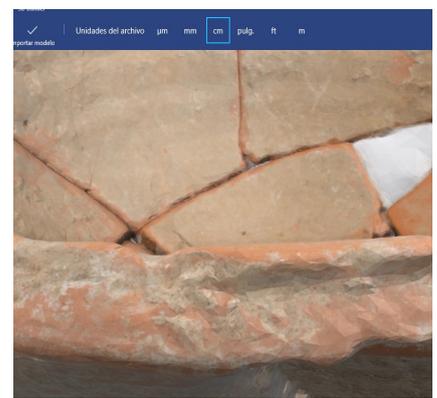
Por otro lado *Autodesk ReMake* crea un modelo en 3D mediante la superposición de las imágenes lo cual revierte, a diferencia del programa anterior, en la carencia de textura en el modelo pero ofrece la posibilidad de creación de un prototipo de la pieza con menor número de dificultades ya que el archivo resultante no necesita de otro programa para poder ser impreso, lo que facilitaría el trabajo en las primeras fases puesto que permitiría observar los posibles fallos o dificultades que presentase el sistema de ensamblaje.



**Figura 37.**  
Página web de descarga del Autodesk ReMake.



**Figura 38.**  
Modelo en 3D del original.



**Figura 39.**  
Detalle del modelo 3D.

Para reproducir el faltante de la pieza se recurriría a la extracción del negativo de la malla de puntos o del modelo mediante la selección del área para la creación de un negativo mecanizado, partiendo desde las líneas de borde reflejadas en los modelos, lo que revierte en la creación de una prótesis que encajaría, en teoría, a la perfección en nuestra pieza, tanto en el modelo como en el original.

La finalidad principal de este estudio sería la recreación de este faltante mediante la impresión en 3D del mismo en un material previamente estudiado y elegido expresamente para ofrecer la mejor lectura posible de la pieza y minimizar el efecto visual de la intervención sobre la misma.

Se estudiaron diversos materiales con distintas características, pero de entre todos ellos los que mejor resultado ofrecieron fueron los fotopolímeros *Polyjet*. Estos materiales ofrecen un grado de detalle extraordinario y un realismo en el producto final que sobrepasa a todas las demás tecnologías de impresión 3D. Con la gran capacidad de simular materiales limpios, flexibles y rígidos y la ingeniería del plástico, e incluso combinando las propiedades de varias propiedades en un modelo, sus prototipos podrían ser confundidos fácilmente por productos finales.





**Figura 40.**

Desarrollo busto Palmira en 3D.

Fuente: Associated Press

En este tercer caso se plantea un sistema de adhesión mediante imantado, es decir mediante el uso de imanes. Este proceso ofrecería la cohesión necesaria para que los fragmentos se mantuvieran unidos y empleando una cantidad ínfima de adhesivo lo que revierte en una mayor reversibilidad de la intervención. Este sistema consistiría en la adhesión de pequeños imanes y unas pequeñas arandelas o laminas metálicas a lo largo de los bordes de fractura y la prótesis, creando pequeños puntos de unión sin necesidad de aplicar grandes cantidades de adhesivo. Por lo cual este método sería el elegido en un primer momento para esta intervención ya que facilitaría el acoplar el original con el faltante, posibilitando además una retirada del añadido sin presentar problemas estructurales o la necesidad de emplear disolventes en un futuro, facilitando así una nueva intervención o una nueva sustitución del añadido una vez el material hubiese envejecido.



**Figura 41.**

Ejemplo del sistema de imantado empleado en la reconstrucción del busto procedente de Palmira.

Fuente: Associated Press

Por lo que a la definitiva y a menos que surgiesen problemas a la hora de ser llevado a cabo el plan de musealización del mortarium romano procedente del santuario de Mura, Edeta, consistiría en la creación mediante modelado en 3D y su posterior impresión en la creación de una prótesis de fotopolímero realizada a medida, la cual emplearía un sistema de imanes para su colocación, siendo fácilmente removible y con un grado de invasión menor sobre la superficie original.

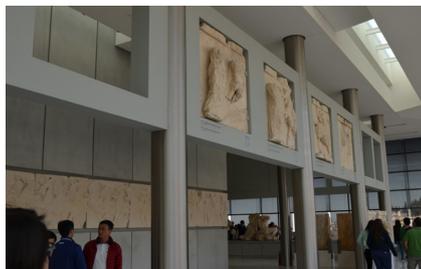
Una intervención similar a la desarrollada en este apartado, mediante el modelado e impresión 3D con el empleo de un sistema de imanes como método de unión entre el original restaurado y la parte faltante, fue recientemente llevado a cabo en el Instituto Superior para la Conservación y Restauración en Roma, con el restaurador D. Antonio Iccarino Idelson a cargo en la intervención a uno de los bustos procedentes de Palmira, Siria, que habían sido destrozados por el EI en 2015. Para la reconstrucción del busto de alabastro realizaron una réplica simétrica y removible de la parte que se encontraba intacta para sustituir la zona dañada. Esta pieza fue realizada mediante el empleo de láser y escáner, para ser posteriormente adherida mediante un sistema de imanes para garantizar la reversibilidad de la intervención y una posible sustitución futura. Lo cual pone en manifiesto lo anteriormente mencionado y a la creciente implicación de las nuevas tecnologías en el campo de la restauración.<sup>23</sup>

23 Daily Mail [en línea] disponible en: < <http://www.dailymail.co.uk/news/article-4231386/Italian-teams-restore-damaged-busts-ancient-Syrian-city.html> >

Queriendo indagar todavía más en estos nuevos aspectos de la tecnología aplicada, podríamos ir un paso más allá en cuanto a la presentación y exposición de la pieza en museo una vez terminada la intervención anteriormente descrita. Por lo que se podría plantear la creación de una réplica mediante la impresión 3D del modelo desarrollado con anterioridad para ser expuesta, con una pequeña diferencia al original, que el visitante del museo pueda interactuar con ella, no solo a un nivel visual sino táctil, que le permita apreciar la textura de la pieza y poder observar los detalles de la misma de cerca o en el caso de las personas discapacitadas visualmente que puedan disfrutar igual que el resto de las piezas exhibidas. Esto también es una forma de concienciar a los visitantes en cuanto a los campos de la conservación y restauración, ya que ofrecería el apreciar el sistema empleado para devolverle la imagen y lectura original a la pieza expuesta en la vitrina y la cual es observada siempre desde la distancia.



**Figura 41.**  
Maqueta del Partenón expuesta en el Museo de la Acrópolis, Atenas.



**Figura 42.**  
Ejemplo del sistema de exposición de las réplicas del friso del Partenón expuesto en el Museo de la Acrópolis, Atenas.

Propuestas similares a esta ya se realizan en diversos museos como por ejemplo el Museo de la Acrópolis de Atenas, que dispone de numerosas replicas o detalles a mayor escala que invitan al espectador a tocarlas o a apreciar el aspecto que los originales tenían en el momento de su creación, haciendo de la visita al museo algo instructivo e interactivo para sus visitantes.

En cuanto a las condiciones para la conservación preventiva del mortarium romano una vez expuesto en la vitrina del museo se recomiendan unas pautas necesarias para su estabilidad y correcta conservación. Estas condiciones ambientales consisten en mantener una humedad relativa entre el 30-60% y una temperatura óptima entre los 20-25°C, sin nunca sobrepasar ninguno de estos extremos a fin de evitar la reaparición de algunas de las patologías tratadas con anterioridad o la aparición de alguna nueva que pueda poner en peligro la integridad del original. En cuanto a las condiciones lumínicas la advertencia a tener en cuenta es que no reciba luz solar directa ni tampoco el foco directo de las luces artificiales a fin de evitar problemas de decoloración o cambios de tonalidad o envejecimiento tanto del original como de los productos y materiales empleados en la intervención.

## 9. CONCLUSIONES

El presente Trabajo Final de Grado se ha realizado con la finalidad de conocer y comprender la pieza a partir de una contextualización histórica, su estudio técnico, el estado de conservación, una propuesta de intervención y una propuesta de musealización, extrayéndose las siguientes conclusiones:

La primera conclusión que se extrae es la vital importancia de llevar a cabo una investigación intensiva que abarque todos los aspectos que dan forma al trabajo, ya que la investigación asienta las bases del futuro desarrollo del proyecto.

La importancia de la aplicación de conocimientos obtenidos, la realización de estudios y diversas pruebas para establecer, sin precipitaciones, un correcto plan de acción con más de una opción de tratamiento que tenga en consideración la singularidad de la pieza a tratar.

El tener en cuenta intervenciones anteriores en piezas similares, como en el caso de las piezas procedentes de los pozos votivos del santuario romano de Mura, ya que a pesar del tiempo que pueda haber transcurrido el tratamiento aplicado entonces puede ser correcto o presentar una buena base para el desarrollo de un nuevo plan de intervención.

Para concluir, cabe destacar la importancia de la interdisciplinariedad, el mantener la mente abierta a nuevos métodos o formas de intervenir en el patrimonio que resulten menos invasivas y más respetuosas que ofrezcan nuevas alternativas, ya que la finalidad de llevar a cabo estas intervenciones es preservarlo y acercarlo al público no especializado.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

BALLART, J. *“Manual de museos”*. Síntesis. Madrid, 2007. ISBN: 9788497564953

BRANDI, C. *“Teoría de la Restauración”*. Alianza Forma. Madrid, (1963) 2003 ISBN: 84-206-7072-3

CARRASCOSA, B.; PASIES, T.; CARDONA, C. *“Restauración de fondos arqueológicos del Ayuntamiento de Almassora (Castellón)”*, Actas del XI Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Servei de publicacions de la Diputació de Castelló, 1996, p. 825-830.

CARRASCOSA, B.; PASIES, T. *“Liria: Conservación y restauración de la cerámica romana”*, Actas del XII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Generalitat Valenciana, 1998, p. 303-309.

CARRASCOSA, B. *“Iniciación a la Conservación y Restauración de objetos cerámicos”*. Universidad Politécnica de Valencia, 2006. ISBN 978-84-8363-045-7

CARRASCOSA, B. *“La Conservación y Restauración de Objetos Cerámicos Arqueológicos”*. TECNOS, 2009. ISBN 978843094939

DAREMBERG, CH.; SAGLIO, ED. *“Dictionnaire des Antiquités Romaines et Grecques.(D.A.R.G.)”* París, 1877. Disponible en: <<http://dagr.univ-tlse2.fr/>>

ESTEBAN, J.; MOLINER, E. *“Estudios de arquitectura romana. Las termas mayores de Mura, Llíria (Valencia)”*. En: Papeles del Partal: revista de restauración monumental, 2015, n.7, p.85-108 ISSN: 1695-3029. Disponible en: <[http://www.academiadelpartal.org/files/n7\\_085\\_108.pdf](http://www.academiadelpartal.org/files/n7_085_108.pdf)>

ESCRIVA, V.; PASIES OVIEDO, T. *“Conservación y restauración de la cerámica romana (s. I-III d.C.) de los pozos votivos de Llíria”*. Direcció General de Patrimoni Artístic. Valencia, 1997.

ESCRIVA, V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. *“Edeta en la Antigüedad Tardía (Llíria, Valencia)”* VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005. ISBN 84-7283-826-9

FARJAS, M.; MORENO, E.; GARCÍA, F.J. *“La realidad virtual y el análisis científico: De la nube de puntos al documento analítico”* Virtual Archaeology Review, 2011, v. 2, n. 4, p. 139-144. ISSN 1989-9947.

FERNANDEZ-BOLAÑOS, M.P. *“Normas de restauración en Arqueología”*. V Congreso de Conservación de Bienes Culturales. Santiago, 1984, p. 369-373.

GARCIA,S.; FLOS,N. *“Conservación y restauración de bienes arqueológicos”*. Síntesis. Madrid,2008. ISBN: 9788497565769

GRIMAL, P.: *“La civilización romana: vida, costumbres, leyes, artes.”* Paidós. Barcelona, 2007.

MARTINEZ, N. *“Documentación del material arqueológico mediante técnicas de registro en 3D”* [proyecto fin de grado] Valencia: Universitat Politècnica de Valencia, 2014. Disponible en:<[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49583/T%C3%A9cnicas\\_Registro\\_3D\\_Material\\_Arqueol%C3%B3gico.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49583/T%C3%A9cnicas_Registro_3D_Material_Arqueol%C3%B3gico.pdf?sequence=1)>

MARTINEZ, C.; LOPEZ, J.; NIETO, C. *“Historia del Arte Clásico en la Antigüedad”*. Editorial universitaria Ramón Areces. Madrid, 2007.

PANTOJA, A. *“Obtención del modelo tridimensional de una pieza de terracota mediante tecnología laser escáner 3D”* [proyecto fin de grado].Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2014. Disponible en:<[http://oa.upm.es/26853/1/PFC\\_ANA\\_PANTOJA\\_LORENZO.pdf](http://oa.upm.es/26853/1/PFC_ANA_PANTOJA_LORENZO.pdf)>.

PASIESOVIEDO, T. *“Reconstrucciones desmontables como alternativa reversible en el proceso de reintegración de materiales arqueológicos”*. En: Ge-Conservación. Madrid, 2012, núm. 3, ISSN- 1989-8568.

PORCEL, C. *“Métodos digitales aplicados a la documentación arqueológica: una aproximación básica”*. Carácteres. Salamanca: Delirio, 2013, vol.2, núm. 1, p. 189-195, ISSN: 2254-4496. Disponible en:<<http://revistacaracteres.net/revista/vol2n2noviembre2013/metodos-digitales-documentacion-arqueologica/>>.

ROSENDE, S.; ANDRÉS, J. C. *“Clonar el Patrimonio Histórico. Creación de una réplica. Aplicación de nuevas tecnologías en conservación”*. Pátina. Madrid: Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 2006, época II, num. 12, ISSN: 1133-2972. Disponible en:<<http://www.esrbc.es/patina/12/replicas.pdf>>

SANTROT, M.H.; Santrot, J. *“Les céramiques à parois fines, en Fouilles de l’École Française de Rome à Bolsena (Poggio Moscini)”*. VII La citerne 5 et son mobilier, MEFRA Suppl. 6. Roma, 1995.

VEGAS, M. *“Cerámica común romana del mediterráneo occidental”*, Barcelona : Instituto de arqueología y prehistoria, 1973.

## WEB

ABC [en línea] disponible en: <[http://www.abc.es/cultura/arte/abci-tesoros-destruidos-terroristas-palmira-recobran-vida-roma-201702190233\\_noticia.html](http://www.abc.es/cultura/arte/abci-tesoros-destruidos-terroristas-palmira-recobran-vida-roma-201702190233_noticia.html)>

Associated Press [en línea] disponible en: <<http://www.apimages.com/>>

Canon [en línea] disponible en: <[http://www.canon.es/for\\_home/product\\_finder/cameras/digital\\_slr/eos\\_1000d/](http://www.canon.es/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_1000d/)>

Daily Mail [en línea] disponible en: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-4231386/Italian-teams-restore-damaged-busts-ancient-Syrian-city.html>>

MALL [en línea] disponible en: <<http://www.liria.es/es/content/21-museo-arqueologico-de-liria-mall>>

Telegraph [en línea] disponible en: <<http://www.telegraph.co.uk/news/2017/02/16/stone-sculptures-smashed-in-ancient-city-palmyra-restored/>>

## ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

### A.IMÁGENES

- Figura 1.** Réplica de las Cariátides del Erecteión en la Acrópolis, Atenas..... p.5
- Figura 2.** Andamiaje y grua empleadas en la intervención del Partenón en la Acrópolis, Atenas..... p.5
- Figura 3.** Mapa de colonias romanas y sedes episcopales.  
(Extraída de: ESCRIVA,V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. “*Edeta en la Antigüedad Tardía (Lliria, Valencia)*” VI Reunió d’Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005.....p.9
- Figura 4.** Vista aérea del yacimiento tras diversas intervenciones arqueológicas.  
(Extraída de: <<http://static1.comunitatvalenciana.com/sites/default/files/img/imagen/2014/12/12/santuari.jpg>>)..... p.9
- Figuras 5.1 y 5.2.** Santuario romano de Mura del siglo VI; Santuario romano de mura en época visigótica.  
(Extraídas de: ESCRIVA,V.; MARTINEZ CAMPS, C.; VIDAL, X. “*Edeta en la Antigüedad Tardía (Lliria, Valencia)*” VI Reunió d’Arqueologia Cristiana Hispanica, Valencia(2003), Barcelona, 2005.).....p.10
- Figura 6.** Mortarium romano.  
(Extraída de: <<http://blog.museumoflondon.org.uk/wp-content/uploads/2014/12/65063.jpg>>).....p.11
- Figura 7.** Mortarium romano.  
(Extraída de: <<http://blog.liverpoolmuseums.org.uk/wp-content/uploads/2015/08/mortarium-complete.jpg>>)..... p.11
- Figura 8.** Mortarium romano.  
(Extraída de: <<http://thanetarch.co.uk/journal/wp-content/uploads/2014/03/Matugenus-Mortaria-300x220.jpg>>)..... p.11
- Figura 9.** Museo arqueológico de Lliria y su integración con la fortificación.  
(Extraída de: <<http://www.lliria.es/sites/default/files/images/museu-arqueologic-1.jpg>>)..... p.12
- Figura 10.** Detalle de las piedras ubicadas en la base..... p.13
- Figura 11.** Anverso de los fragmentos..... p.13
- Figura 12.** Reverso de los fragmentos..... p.13
- Figura 13.** Dibujo tipográfico digitalizado del mortarium ..... p.14
- Figura 14.** Detalle de la decoración ..... p.14
- Figura 15.** Medidas de la pieza..... p.14

<b>Figura 16.</b> Detalle sobre concreción terrosa.....	p.16
<b>Figura 17.</b> Detalle de las concreciones insolubles.....	p.16
<b>Figura 18.</b> Detalle del suavizado de las líneas de fractura entre fragmentos.....	p.16
<b>Figura 19.</b> Diagrama de daños.....	p.16
<b>Figura 20.</b> Estructura del carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> ).....	p.18
<b>Figura 21.</b> Arbocel BC 100 como ejemplo de pasta absorbente empleada en empacos (Extraída de: < <a href="http://shop.kremerpigments.com/media/image/thumbnail/59750_1_720x600.jpg">http://shop.kremerpigments.com/media/image/thumbnail/59750_1_720x600.jpg</a> >.....	p.19
<b>Figura 22.</b> Estructura del E.D.T.A. (Extraída de: < <a href="http://www.foro-minerales.com/forum/files/formula_edta_210.jpg">http://www.foro-minerales.com/forum/files/formula_edta_210.jpg</a> > .....	p.20
<b>Figura 23.</b> Aplicación de papeta con el empleo de film. (Extraída de: < <a href="http://www.juntadeandalucia.es/cultura/blog/wp-content/uploads/2017/03/Fig_4.jpg">http://www.juntadeandalucia.es/cultura/blog/wp-content/uploads/2017/03/Fig_4.jpg</a> >.....	p.21
<b>Figura 24.</b> Estructura del hexametáfosfato de sodio. (Extraída de: < <a href="http://webprod.hc-sc.gc.ca/nhp/ndb/ingredReq.do?id=446&amp;lang=eng">http://webprod.hc-sc.gc.ca/nhp/ndb/ingredReq.do?id=446&amp;lang=eng</a> > .....	p.21
<b>Figura 25.</b> Vertido del ácido. (Extraída de: < <a href="http://grupodinapaola.blogspot.com.es/">http://grupodinapaola.blogspot.com.es/</a> >).....	p.22
<b>Figura 26.</b> Proceso de desalación. (Extraída de: < <a href="http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/arqueologia-subacuatica/imagenes/Limpieza_cerxmicas.jpg_1386872985.jpg">http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/arqueologia-subacuatica/imagenes/Limpieza_cerxmicas.jpg_1386872985.jpg</a> > .....	p.25
<b>Figura 27.</b> Detalle del premontaje del original con cinta de carroceros.....	p.25
<b>Figura 28.</b> Adhesivo Paraloid B72 en aplicador. (Extraída de: < <a href="http://www.productosdeconservacion.com/nueva/1600-thickbox_default/hmg-cola-de-paraloid-b-72.jpg">http://www.productosdeconservacion.com/nueva/1600-thickbox_default/hmg-cola-de-paraloid-b-72.jpg</a> >.....	p.26
<b>Figura 29.</b> Adhesivo UHU. (Extraída de:< <a href="https://http2.mlstatic.com/adhesivo-pegamento-uhu-hart-para-madera-balsa-aerodelismo-D_NQ_NP_724101-MLA20270695677_032015-F.jpg">https://http2.mlstatic.com/adhesivo-pegamento-uhu-hart-para-madera-balsa-aerodelismo-D_NQ_NP_724101-MLA20270695677_032015-F.jpg</a> >.....	p.26
<b>Figura 30.</b> Adhesión de los Fragmentos con IMEDIO Banda Azul.....	p.27
<b>Figura 31.</b> Aspecto final de la pieza tras el premontaje .....	p.28
<b>Figura 32.</b> Canon EOS 760D. (Extraída de: < <a href="https://d243u7pon29hni.cloudfront.net/images/products/canon_eos_760d_cuerpo_reflex_1_l.jpg">https://d243u7pon29hni.cloudfront.net/images/products/canon_eos_760d_cuerpo_reflex_1_l.jpg</a> >).....	p.28
<b>Figura 33.</b> Objetivo Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6. (Extraída de: < <a href="https://shop.usa.canon.com/wcsstore/ExtendedSitesCatalogAssetStore/ef-s-18-55mm-f3-5-5-6-is_1_xl.jpg">https://shop.usa.canon.com/wcsstore/ExtendedSitesCatalogAssetStore/ef-s-18-55mm-f3-5-5-6-is_1_xl.jpg</a> >).....	p.28

<b>Figura 34.</b> Realización del estudio fotogramétrico. (Realizada por: D. Vicent Escrivá) .....	p.28
<b>Figura 35.</b> Página web de descarga del VisualSFM.....	p.29
<b>Figura 36.</b> Nube de puntos del original.....	p.29
<b>Figura 37.</b> Página web de descarga del Autodesk ReMake .....	p.30
<b>Figura 38.</b> Modelo en 3D del original.....	p. 30
<b>Figura 39.</b> Detalle del modelo 3D.....	p. 30
<b>Figura 40.</b> Desarrollo busto Palmira en 3D. (Extraída de: < <a href="http://www.apimages.com/metadata/Index/Stone-Sculptures-Smashed-By-Isis-In-Palmyra-Res-/193bf54f2c4746118a8b27b521515931/41/0">http://www.apimages.com/metadata/Index/Stone-Sculptures-Smashed-By-Isis-In-Palmyra-Res-/193bf54f2c4746118a8b27b521515931/41/0</a> >).....	p.32
<b>Figura 41.</b> Ejemplo del sistema de imantado empleado en la reconstrucción del busto procedente de Palmira. (Extraída de:< <a href="http://www.apimages.com/metadata/Index/Italy-Syrian-Antiquities/94a3825e776042f0ad0fd203f49923b2/53/0">http://www.apimages.com/metadata/Index/Italy-Syrian-Antiquities/94a3825e776042f0ad0fd203f49923b2/53/0</a> >).....	p.32
<b>Figura 42.</b> Maqueta del Partenón expuesta en el Museo de la Acrópolis, Atenas.....	p.33
<b>Figura 43.</b> Ejemplo del sistema de exposición de las réplicas del friso del Partenón expuesto en el Museo de la Acrópolis, Atenas.....	p.33

Las fotografías donde no se especifica su origen pertenecen a la autora del presente trabajo final de grado.

## B.TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ficha técnica.....	p.13
<b>Tabla 2.</b> Pruebas solubilidad.....	p.17
<b>Tabla 3.</b> Productos químicos.....	p. 23
<b>Tabla 4.</b> Listado de impresoras y materiales para impresión 3D del proveedor Stratasys. Fuente: Stratasys.....	p.31

## ANEXO (FICHAS TÉCNICAS)

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ALCOHOL ETÍLICO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> Etanol (anhidro)</p> <p><b>Fórmula:</b> CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH/C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</p> <p><b>Peso molecular:</b> 46,1</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido incoloro</p> <p><b>Olor:</b> Característico</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 79 °C</p> <p><b>Punto de inflamación:</b> 13 °C</p> <p><b>Temperatura de autoignición:</b> 363°C</p> <p><b>Limites de explosión (inferior/superior):</b> 3.3-19 vol.%</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<p><b>Condiciones que deben evitarse:</b> Temperaturas elevadas. Altamente inflamable</p> <p><b>Materias que deben evitarse:</b> Relaciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como, ácido nítrico o perclorato magnésico originando peligro de incendio y explosión.</p>

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ACETONA
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> 2-Propanona, Dimetilcetona</p> <p><b>Fórmula:</b> CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub></p> <p><b>Peso molecular:</b> 58,08</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido transparente e incoloro</p> <p><b>Olor:</b> Característico</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 56,5 °C</p> <p><b>Punto de inflamación:</b> -20 °C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<p><b>Condiciones que deben evitarse:</b> Temperaturas elevadas.</p> <p><b>Materias que deben evitarse:</b> Hidróxidos alcalinos. Halógenos. Hidrocarburos halogenados. Halogenuros de halógeno. Agentes oxidantes (entre otros, ácido perclórico, percloratos, halogenatos, CrO<sub>3</sub>, halogenóxidos, ácido nítrico, óxidos de nitrógeno, óxidos no metálicos, ácido cromosulfúrico). Metales alcalinos. Nitrosilos. Metales. Etanolamina.</p>

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	WHITE SPIRIT
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> /</p> <p><b>Fórmula:</b> C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></p> <p><b>Peso molecular:</b> 46,1</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido incoloro</p> <p><b>Olor:</b> A gasolina</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 142-200 °C</p> <p><b>Punto de inflamación:</b> 39 °C</p> <p><b>Temperatura de autoignición:</b> &gt;200°C</p> <p><b>Limites de explosión (inferior/superior):</b> 0.6-7 vol. %</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<p><b>Condiciones que deben evitarse:</b> Calentamiento.</p> <p><b>Materias que deben evitarse:</b> Agentes oxidantes fuertes, incompatible con varios plásticos.</p>
<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ÁCIDO CLORHÍDRICO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> /</p> <p><b>Fórmula:</b> HCl</p> <p><b>Peso molecular:</b> 36,5</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido Amarillo</p> <p><b>Olor:</b> Acre</p> <p><b>Punto de fusión:</b> -30 °C</p> <p><b>Punto de inflamación:</b> 39 °C</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 85°C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<p><b>Condiciones que deben evitarse:</b> Temperaturas superiores a 40 °C y luz solar directa.</p> <p><b>Materias que deben evitarse:</b> Bases, aminas, metales alcalinos, metales, permanganatos, flúor, acetiluros metálicos, disicliuro de hexalito.</p>

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	PARALOID B72
<b>COMPOSICIÓN</b>	Polímero acrílico
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Sólido granular incoloro</p> <p><b>Olor:</b> Característico</p> <p><b>Solubilidad:</b> Acetona</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ACRIL 33
<b>COMPOSICIÓN</b>	Copolímero acrílico
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido lechoso blanco</p> <p><b>Olor:</b> amoniacal</p> <p><b>Transición vítrea:</b> 6-8°C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ÁCIDO NITRICO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> /</p> <p><b>Fórmula:</b> HNO<sub>3</sub></p> <p><b>Peso molecular:</b> 63,0</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido de incoloro a amarillo</p> <p><b>Olor:</b> Acre</p> <p><b>Punto de fusión:</b> -41,6 °C</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 121°C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<b>Condiciones que deben evitarse:</b> Calor, llamas, fuentes de ignición.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ÁCIDO CÍTRICO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> Ácido 2- hidroxí-1, 2, 3- propanotricarboxílico; 1, 2, 3 ácido propanetricarboxílico; ácido beta hidroxitricarboxílico; ácido beta- hidroxitricarbalílico; Hidrocerol.</p> <p><b>Fórmula:</b> C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub></p> <p><b>Peso molecular:</b> 192,12 (ácido cítrico anhidro); 210,14 (ácido cítrico monohidrato)</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido Amarillo</p> <p><b>Olor:</b> Acre</p> <p><b>Punto de fusión:</b> 153 °C</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 175°C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<b>Condiciones que deben evitarse:</b> Calor, llamas, fuentes de ignición, polvo e incompatibles

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ETILENDIAMINOTETRAACETATO DE TETRASODIO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> Sal tetrasódica del ácido etilendiaminotetraacético; Sal tetrasódica del ácido acético tetra-(etilendinitrilo); Sal tetrasódica del ácido N,N'etilendiaminodiacético; EDTA Tetrasodio</p> <p><b>Fórmula:</b> C<sub>10</sub> H<sub>12</sub> N<sub>2</sub> O<sub>8</sub> Na<sub>4</sub></p> <p><b>Peso molecular:</b> 380,2</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Polvo cristalino incoloro</p> <p><b>Temperatura autoignición:</b> &gt;200°C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<b>Condiciones que deben evitarse:</b> Calor, llamas, fuentes de ignición, polvo.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ÁCIDO ACÉTICO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> /</p> <p><b>Fórmula:</b> <math>C_2H_4O_2</math> / <math>CH_3COOH</math></p> <p><b>Peso molecular:</b> 60,1</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Líquido de incoloro.</p> <p><b>Olor:</b> Acre</p> <p><b>Punto de fusión:</b> 16,7 °C</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> 118°C</p> <p><b>Punto de inflamación:</b> 39°C</p> <p><b>Temperatura de autoignición:</b> 485°C</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<p>Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión.</p> <p>Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca a algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos.</p>

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	BICARBONATO DE AMONIO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<p><b>Sinónimos:</b> /</p> <p><b>Fórmula:</b> <math>NH_4HCO_3</math></p> <p><b>Peso molecular:</b> 79,06</p>
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Sólido cristalino de blanco a incoloro</p> <p><b>Olor:</b> Ligero olor a amoníaco</p> <p><b>Punto de fusión:</b> Se descompone</p>
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	<p>Estable bajo las condiciones normales de manipulación y almacenamiento.</p> <p><b>Sustancias a evitar:</b> Nitritos, nitratos, bases fuertes y ácidos fuertes.</p>

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	BICARBONATO DE SODIO
<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>Sinónimos:</b> / <b>Fórmula:</b> NaHCO <sub>3</sub> <b>Peso molecular:</b> 84,0
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<b>Aspecto:</b> Sólido cristalino de blanco a incoloro <b>Olor:</b> sin olor <b>Punto de fusión:</b> 50°C <b>Punto de ebullición:</b> -273,15°C
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	Estable bajo las condiciones normales de manipulación y almacenamiento. <b>Sustancias a evitar:</b> Evitar contacto con materias reactivas.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	ESTEL 1000
<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>Principio activo:</b> Tetra-etil-orto-silicato <b>Contenido principios activos:</b> 75%
<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	<b>Aspecto:</b> Líquido/gel <b>Olor:</b> sin olor <b>Solvente:</b> White Spirit D40 <b>Densidad(K/l):</b> 0,95
<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	Estable bajo las condiciones normales de manipulación y almacenamiento. <b>Sustancias a evitar:</b> Evitar contacto con materias reactivas.

