



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES  
ARTS DE SANT CARLES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Bellas Artes

ESTUDIO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE UN  
ÁNFORA ROMANA PROCEDENTE DE EXCAVACIÓN  
SUBACUÁTICA

Trabajo Fin de Grado

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

AUTOR/A: Hernandez Zapata, Daniela

Tutor/a: Aura Castro, Elvira

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## RESUMEN

El trabajo describe la propuesta de intervención, llevada a cabo en una pieza de cerámica con valor histórico y cultural. En concreto se trata de un ánfora romana, encontrada en medio acuático que presenta alteraciones características de haber permanecido durante siglos en este entorno.

En una primera etapa se realizó una contextualización histórica y tipológica de la obra, al igual que una evaluación de alteraciones y deterioros para determinar el nivel de degradación de la pieza, comenzando en este momento con la realización de un proceso completo de fotografías y de exámenes no invasivos a través de la utilización de distintas lentes de aumento.

Una vez determinada la naturaleza del material cerámico y el proceso de ejecución técnica se elaboró un protocolo de limpieza para determinar los tratamientos idóneos a aplicar ante este tipo de patologías.

Por otra parte, se ha valorado la implementación de las nuevas tecnologías tanto en la fase de limpieza con la utilización de sistemas láser, como en la documentación de la obra, mediante un modelo virtual basándose en dibujos 3D a partir del registro fotográfico de la pieza cerámica.

Gracias a esta opción, se promueve la visualización de la obra sin someterla a riesgos físicos por manipulación innecesaria.

Complementariamente, se ha promovido la puesta en valor y divulgación de la obra, a través de la difusión con métodos digitales, que no afecten al compromiso con los propietarios con relación a una posible cesión o depósito por no tratarse de una opción por el momento contemplada.

### Palabras clave

Restauración cerámica, ánfora romana, desalación, cerámica sumergida, arqueología.

## SUMMARY

The work will describe the intervention proposal, which will be carried out on a ceramic piece with historical and cultural value. Specifically, it is a Roman amphora found in an aquatic environment that shows characteristic alterations from having remained in this environment for centuries. In a first stage, a historical and typological contextualization of the work was carried out, as well as an evaluation of alterations and deteriorations to determine the level of degradation of the piece, starting at this point with a complete process of photographs and non-invasive examinations using different magnifying lenses. Once the nature of the ceramic material and the technical execution process were determined, a cleaning protocol was developed to determine the appropriate treatments to apply to this type of pathologies. On the other hand, the implementation of new technologies has been valued both in the cleaning phase with the use of laser systems, and in the documentation of the work, through a virtual model based on 3D drawings from the photographic record of the ceramic piece. Thanks to this option, the visualization of the work is promoted without subjecting it to physical risks from unnecessary manipulation. Additionally, the enhancement and dissemination of the work has been promoted through digital methods, which do not affect the commitment with the owners regarding a possible transfer or deposit as it is not an option currently considered.

### Keywords

Ceramic restoration, Roman amphora, desalination, submerged ceramics, archaeology.

## AGRADECIMIENTOS

Una vez finalizado el proceso de investigación, de digitalización de la obra y de redacción de este documento, veo conveniente mencionar y agradecer a las personas que han colaborado en la realización de este trabajo final de grado. Primeramente, darle lugar a la docente Elvira Aura Castro por su disposición al llevar la tutoría y la guía fundamental para completar el TFG de manera satisfactoria, aportando su ayuda y su visión para conseguir los objetivos propuestos.

Seguidamente a la familia Estévez, propietarios durante décadas de la obra en cuestión, por permitir estudiar y analizar la pieza ubicada en su domicilio. Finalmente, a mi familia y a mis padres por su apoyo incondicional, especialmente a mi padre Edgar Hernández Henao por su colaboración y aportación de conocimientos en digitalización 3D, que han sido de gran importancia para visualizar y llevar a cabo el proyecto de registro virtual que se ha propuesto.

## ÍNDICE

- Índice.....	5
1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	7
3. Metodología.....	7
4. Contextualización histórica.....	9
4.1. La dominación romana en la península.....	9
4.2. La importancia del comercio romano en la historia.....	10
4.2.1. La cerámica romana.....	12
4.3. Contexto arqueológico del hallazgo.....	13
4.4. Tipología cerámica.....	14
5. Estado de conservación.....	17
5.1. Croquis de daños.....	21
6. Propuesta de intervención.....	23
6.1. Pruebas y estudios previos.....	24
6.1.1. Pruebas de solubilidad y absorción.....	25
6.1.2. Pruebas de limpieza.....	26
6.1.2.1. Pruebas de limpieza físico-mecánica.....	26
6.1.2.2. Pruebas de limpieza fisicoquímica.....	28
6.2. Tratamientos de limpieza.....	28
6.2.1. Proceso de limpieza mecánica.....	29
6.2.2. Proceso de limpieza fisicoquímica.....	31
6.3. Desalación.....	33
6.3.1. Secado.....	34
6.4. Registro virtual.....	34
6.4.1. Técnicas de modelado 3D.....	35
6.4.1.1. Proceso del dibujo 3D.....	36
6.5. Presupuesto.....	40
6.6. Cronograma.....	41
7. Conservación preventiva.....	42
7.1. Divulgación y Difusión.....	42
7.2. Exhibición.....	45
8. Conclusiones.....	46
9. Bibliografía.....	47
10. Índice de imágenes.....	50
11. Anexo.....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

En este Trabajo Final de Grado, se ha tomado como objeto de estudio un ánfora perteneciente a una colección privada de Valencia.

La obra no contaba con ningún tipo de documentación, catalogación o información tipológica. Debido a esto, con ayuda de diferentes fuentes bibliográficas y estudios comparativos llevados a cabo en *el Museu de Prehistòria de València* se ha realizado un análisis de la posible tipología y contextualización histórica. Por otro lado, se ha llevado a cabo un diagnóstico respecto a la conservación de la obra, teniendo en cuenta factores determinantes de su deterioro y degradación.

Con todos estos datos, se ha realizado una detallada propuesta de intervención, basada en la limpieza de la obra mediante diferentes métodos, promoviendo su puesta en valor mediante la elaboración complementaria de distintas propuestas expositivas y de almacenaje.



Figura1 (a-b-c-d) a.) Vista frontal en alzado. b.) Vista posterior en alzado. c.) Vista superior. d.) Plano detalle del faltante en la zona de la boca.

## 2. OBJETIVOS.

Los objetivos del presente trabajo se basan en la realización de un estudio centrado en la pieza cerámica, “ánfora romana”. En este, se determinan las características y propiedades del material en cuestión.

El trabajo de académico concreta los factores contextuales de la obra, como lo son la aproximación histórica, la técnica de realización, el propósito de la obra y los factores de degradación presentes.

Finalmente, el diagnóstico proporciona la información necesaria para determinar el criterio a seguir y las opciones de propuesta de intervención que se consideren óptimas para la conservación de la obra.

- El principal objetivo es contemplar y elaborar una correcta documentación, que relate los procedimientos propuestos y deje constancia del trabajo realizado, así como la puesta en valor de la cerámica estudiada.
- Otro objetivo de gran importancia se basa en la puesta en valor del hallazgo y del objeto, mediante su difusión, documentación y digitalización mediante técnicas como el dibujo arqueológico y el dibujo 3D.

## 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo, así como el cumplimiento de los objetivos propuestos, se ha organizado la metodología en cinco etapas diferenciadas:

- En primer lugar, se escogió una pieza cerámica con un estado de conservación “no favorable”, con escasa contextualización y sin documentación de ningún tipo.
- En segundo lugar, se realizó una investigación exhaustiva de las fuentes bibliográficas, para las que se utilizaron fuentes primarias como monografías pertenecientes a los fondos de la biblioteca de la Facultad

de Bellas Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, y al Museo de Prehistoria de Valencia. Gracias al estudio de estos textos se consiguió realizar la aproximación histórica y la contextualización romana de la obra.

- En tercer lugar, se realizó un diagnóstico de la obra con la ayuda de análisis visuales, documentación gráfica y croquis de daños, permitiendo definir el estado de conservación.
- Una vez realizado el diagnóstico, se prosiguió con la redacción de la propuesta de intervención, en la que se describen las técnicas y los materiales que sería conveniente aplicar en la pieza en caso de llevarse a cabo la intervención, incluyendo tanto un cronograma como un presupuesto de lo que sería la restauración completa.
- Finalmente, se ha propuesto la implementación de las nuevas tecnologías aplicadas a la conservación del patrimonio, utilizando en este caso el dibujo 3D para la recreación virtual de la pieza, teniendo así un registro que permite la visualización completa de la obra, la documentación, el diseño de la reintegración volumétrica con materiales innovadores como los filamentos de impresión 3D, y en general el reconocimiento virtual de la obra mediante softwares libres como CAD Nx Siemens 10.

Respecto al estado de conservación y a la terminología descriptiva de patologías, se ha utilizado el glosario del ICOMOS-ISCS: Glosario ilustrado de formas de deterioro de la piedra ( International Scientific Committee for Stone (ISCS) 2010) para comparar y definir los diferentes daños y deterioros presentes en el material cerámico. De manera complementaria se utilizó una versión de este glosario adaptada a cerámica extraído de los apuntes en diapositivas de la asignatura Taller 3: Conservación y Restauración en Escultura y Arqueología. (Castro 2022)

## 4. CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA

La contextualización histórica es fundamental para la comprensión de la naturaleza de la obra. Se pretende profundizar en torno a su origen, trayectoria, utilidad y tipología con la finalidad de componer una proyección acertada de su técnica y elaboración. Para ello, se estudian los materiales de la pieza, la información tipológica, el contexto de su hallazgo y los datos que aporte la propia obra para contrastarlos con la información adquirida por las diferentes fuentes bibliográficas.

### 4.1. LA DOMINACIÓN ROMANA EN LA PENÍNSULA

La historia señala la fundación de Roma aproximadamente en el 753 a.C, sin embargo, no fue hasta el siglo V a.C cuando se produjo la transición y liberación por parte de los etruscos a los romanos (Cooper 1987, 37). Este avance permitió que el imperio prosperase y sentara sus bases para ser el más grande hasta ese momento, y gobernar casi la totalidad de la península itálica hacia el año 275 a.C.

Los romanos estaban interesados en extender sus conocimientos en ingeniería y comercio, al igual que su gobierno ordenado y su cultura, por esto, uno de sus ideales era conquistar países y colonias similares a su propio país. Pudiendo así promover el crecimiento de la industria, la calidad de sus bienes materiales y los métodos de producción rápidos y eficaces. Esto fue propiciado gracias a la cantidad de influencias que absorbió el imperio romano tras la conquista por parte de Grecia, ciertas partes de Italia y la conquista etrusca del norte de Roma, pudiendo aprovechar para expandirse por los países vecinos.

En el año 218 a.C se produce la conquista de Hispania, teniendo lugar el primer desembarco en Empúries, Girona. La conquista de la Península Ibérica estuvo presente durante 7 siglos, hasta el siglo V d.C, dando lugar a lo que se denominó Hispania Romana.



Hasta el siglo IV, el comercio fue totalmente libre, sin intervenciones del estado salvo por necesidad, guerras o piratería. Sin embargo, Augusto creó flotas permanentes con la finalidad de vigilar el Mare Nostrum, planteando las bases más importantes en Miseno, encargada de la zona occidental y Rávena encargada de la zona oriental.

Los principales puertos de Roma eran el de Ostia y Génova. Por una parte, en la ciudad portuaria de Ostia, se encontraban los *naviculares*, o transportistas encargados del control de mercancías que llegaban. Por otra parte, los *negotiatores*, eran mercaderes encargados del tráfico de estos mismos materiales. Se conocen muchas de las rutas principales, incluso su duración media, estas permitieron el transporte de productos comerciados como vino y aceite, o incluso bienes exóticos, a larga distancia.

Los navíos se construían según la tradición griega, se trataba de naves onerarias, amplias, pesadas y movidas mediante vela, aunque también se utilizaban las actuarias (Jose 2003). Este exclusivo medio de transporte resultaba ser el más rápido, con mayor volumen de carga y el más seguro para el material cerámico, proporcionando mayor rentabilidad que las vías terrestres. Aun así, en el "Itinerario de Antonino", uno de los documentos medievales de mayor interés, en lo que, a la representación histórica, el entendimiento de la época y la cotidianidad romana se refiere; se recogen gráficamente 372 de las vías terrestres principales del comercio romano, ubicando 34 de ellas en la península ibérica. (Sanson 1641)

Asimismo, las vías marítimas generan mayor desconocimiento, por existir menor cantidad de documentos gráficos, o definiciones al respecto; por ello, su historia se argumenta mediante los hallazgos de los navíos naufragados, la cerámica y demás elementos perdidos a lo largo de la dominación del comercio romano en las propias rutas del Mediterráneo. Gracias a esto se consigue realizar una aproximación de lo que serían las vías marítimas y gran parte de los elementos que se comercializaban.

Por otra parte, el imperio se encargó de regular y estandarizar el sistema monetario, además de las medidas y las pesas. De la misma manera se establecieron normas para las ánforas, que definían su tamaño y forma en relación con el material que iban a contener.

Esta normativa agiliza y facilita el comercio en las distintas provincias del imperio. En los inicios de Roma, las transacciones comerciales se conformaron mediante el trueque, seguido por la incorporación del metal, en lingotes de peso variable, principalmente de bronce, conocidos como "*aes rude*" o "*aes infectum*", llegando finalmente a la "moneda" con lingotes de peso fijo o "*aes signatum*", en los que se grababa la imagen de un animal, como un cordero, un buey o un cerdo. El "as" era la unidad monetaria, y en el siglo IV a.C surgieron las primeras monedas redondas. Posteriormente, se acuñaron también sestercios de plata y monedas de oro. (Jose 2003)

#### **4.2.1. La cerámica romana**

La historia de la cerámica está estrechamente ligada al desarrollo de las distintas civilizaciones, gracias a esta, y a las investigaciones de su alrededor, en la actualidad se ha formado una imagen acertada de la sociedad antigua. Aun así, la historia de la cerámica no es continúa ni irrefutable, ya que parece saltar en tiempo y lugar, sin dejar de proporcionar conexiones de estilo y técnica durante toda su cronología. Las variaciones de tipo y estilo parecen estar relacionadas con las necesidades sociales y económicas de las diferentes civilizaciones (Cooper 1987).

Hasta ahora, la cerámica utilitaria prehistórica más antigua conocida se remonta a la época Neolítica, en el año 6.000 a.C, y registrando restos incluso hasta el año 10.000 a.C, en el territorio de Asia Menor. Sin tener en cuenta los objetos esculpidos con carácter religioso, como figuras dedicadas a la fertilidad, que se remontan hasta los años 29.000-25.000 a.C.

En cuanto al territorio romano los registros reportan piezas desde una aproximación del año 1.500 a.C, época en la que la pericia de los ceramistas ya estaba altamente desarrollada, al igual que el uso del torno de giro suave y el horno. En ese año la cerámica reportada era la gris dura, cercana a la edad del hierro, de la civilización de Villanova en el norte de Italia.

Seguida por la cerámica gris etrusca y finalmente por el establecimiento del imperio romano que introduce la cerámica rústica, la de brillo rojo y la vidriada de plomo entre los siglos 1 y 5 d.C (Cooper 1987, 27).

A partir del siglo 5 d.C, se introduce la cerámica doméstica vidriada al plomo o sin vidriar.

Simultáneamente, en España se desarrolló la cerámica por parte de los Íberos, alrededor del 1.500 a.C con un estilo pintado, influenciado por la cerámica griega importada. Seguida por la cerámica basta de estilo romano durante un largo periodo de aproximadamente 1000 años (1.000 a.C- 100 d.C) hasta que se produjo la invasión visigoda a principios del siglo V, que conlleva un cambio importante e introduce la cerámica pintada y la decoración impresa. (Cooper 1987, 9-10)

En roma, los métodos de producción eran rápidos y eficaces acompañando a la demanda del creciente comercio internacional, asimismo, debían adaptarse a métodos de trabajo factibles en diferentes ciudades y países. Se establecieron centros de cerámica en diferentes puntos de las rutas comerciales como podría ser Lefoux en Galia Central, entre otros. Se manufacturaban las piezas sin tener en cuenta el trabajo indígena, pero conservando aspectos locales de decoración y estilos.

### **4.3. CONTEXTO ARQUEOLÓGICO DEL HALLAZGO.**

La obra fue hallada en el terreno subacuático, entre los territorios de Ceuta y Melilla, en el mar Mediterráneo. Se trata de un hallazgo sin ningún tipo de documentación y donde no se ha respetado la metodología e intereses. Este hallazgo podría catalogarse como parte de una acción de expoliación.

Ceuta y Melilla son puntos con una ubicación estratégica, en torno al estrecho de Gibraltar, punto crucial en el tránsito comercial entre el Mediterráneo y el Atlántico, así como las provincias occidentales y las rutas atlánticas hacia el norte de Europa.

#### 4.4. TIPOLOGÍA CERÁMICA

Se trata de una pieza cerámica, denominada “ánfora”, utilizada para el almacenaje y transporte, normalmente en barco, de sustancias líquidas como vino, aceite y alimentos en grano. A esto se debe la forma estrecha y alargada que cuenta con la finalidad de un correcto aprovechamiento del espacio, abarcando el mínimo posible a la vez que albergando una gran cantidad de producto llegando a contar con una capacidad de almacenamiento de entre 26 y 30L.

A pesar de esto, este tipo de recipientes no siempre se usaba para su propósito inicial, llegando a utilizarse incluso como urnas funerarias. (Ferrerías 2014)

En la fase de análisis contextual, se consideran los factores que se unificaron en el trabajo de Shepard (1956), el cual se basa en las tendencias de la identificación de los tipos para averiguar la cronología, en la identificación de materiales para describir el intercambio y la distribución, y la identificación de las características físicas para mostrar su lugar en el desarrollo tecnológico. (Clive Orton s.f.)

El análisis visual y técnico de la pieza permite reconocer sus características para realizar una adecuada aproximación de su tipología y naturaleza.

Así pues, la descripción formal y morfológica indican que la pieza presenta un fragmento de perfil incompleto, al mostrar un claro faltante en la zona de la boca.

La singular disposición del cuello y de la boca propician la lectura de la forma restringida o cerrada de la pieza que también cuenta con una forma compuesta de línea continua, en la que apenas se aprecia diferenciación entre el cuello y el cuerpo.

El cuerpo, sumamente estrecho, probablemente con la finalidad de abarcar el menor espacio posible, cuenta con una marcada forma cónica con líneas poco acentuadas, ya que no se aprecian puntos de rotura o inflexión, lo que proporciona suavidad al contorno, que presenta dificultades en la investigación debido a su particularidad y a la carencia de similitudes con gran parte de las ánforas comparadas en el Museo de Prehistoria de Valencia y a través del repertorio Dressel.

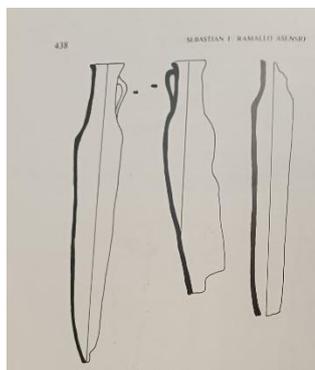


Figura 3 Envases para salazón en el bajo imperio (Gisbert Santoja 1982)

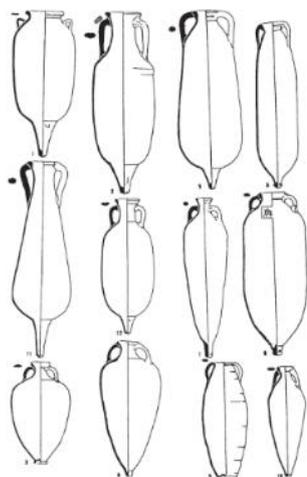


Figura 4 Tipología Lusitana (Bernal-

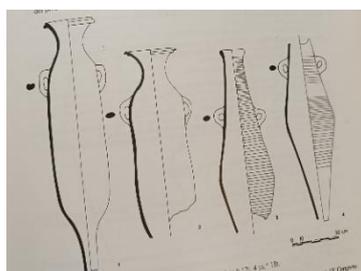


Figura 5 Ánforas de tipo Mañá C-2 Y E. (Gisbert Santoja 1982)

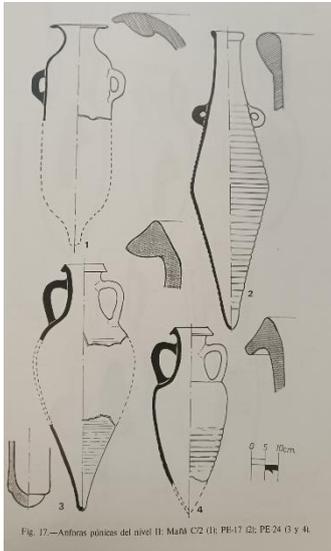


Figura 6 Ánforas púnicas del nivel II. (Ferreras 2014)

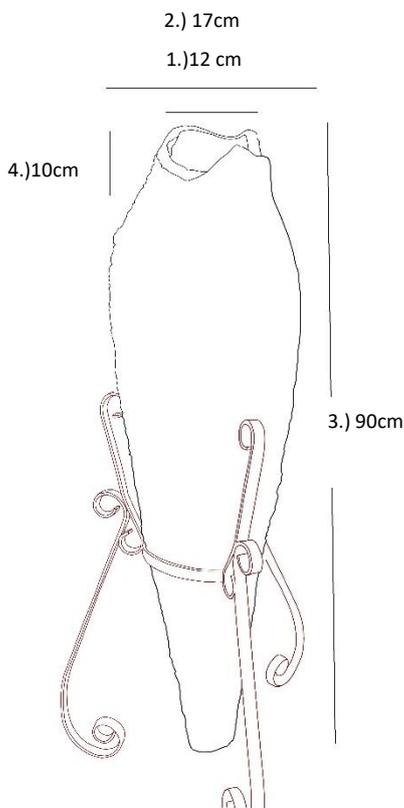


Figura 7 Gráfico referente a las dimensiones de la obra.

En relación con este último, las características físicas de la obra presentan cierta similitud con el ánfora de tipología nº17. (cf. DRESSEL 1899), indicando la probabilidad de que se trate de una pieza de finales del periodo Republicano o del periodo Alto Imperial Romano, con una aproximación entre los siglos I a.C y II d.C. Sin embargo, debido a la ubicación del hallazgo y a la falta de información tipológica, se ha considerado revisar otros catálogos como las ánforas lusitanas, Keay, o ánforas púnicas, ibéricas y norteafricanas, sin tener resultados concluyentes (Pascual s.f.).

En cuanto a la forma de la boca, se llega a apreciar la estructura redonda. Sin embargo, el labio, el borde y las asas se han perdido casi en su totalidad por lo que se complica su descripción, y, por ende, se complica el análisis descriptivo de la obra en su totalidad.

Finalmente, la base es bicóncava y apuntada de manera que requiere de un “pie” metálico a modo de soporte para sostenerse verticalmente, este cuenta con tres patas dispuestas en posición triangular, y con los extremos retorcidos orgánicamente conformando espirales decorativas. Este soporte se ha adquirido tras el hallazgo de la pieza alrededor de la década de 1970, suponiendo que en la antigüedad se hubiera utilizado también un soporte para mantener la forma vertical se intuye que se trataría de una forma más sencilla de materiales metálicos o madera.

Tabla 1. Dimensiones de la obra

1.) Diámetro de la boca	12cm
2.) Diámetro del cuerpo	17cm
3.) Altura total	90cm
4.) Altura del cuello conservado	10cm

En cuanto al material cerámico, el bizcocho de color rojizo, poroso y sin cubierta, está compuesto por una pasta de arcilla, constituida por una mezcla de agua, desgrasante y arcilla. Esta última, compuesta por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas con contenidos de feldespatos, como el granito o de naturaleza caolinítica, que sufren un largo

proceso de descomposición hasta llegar a conformar el limo y la arcilla (Woody 1987).

La pieza no parece contar con inclusiones de gran tamaño por lo que se determina una presencia escasa y de tipo muy fino.

En cuanto al color del bizcocho se encuentra entre los tonos rojizos, rosas y beige dependiendo de la zona a analizar, principalmente por el desgaste de la obra, sin embargo, el bizcocho parece indicar una cocción en atmósfera homogénea oxidante, posiblemente llevada a cabo en un horno romano de estructura permanente y cerrada, lo que conlleva una cocción óptima y estable.

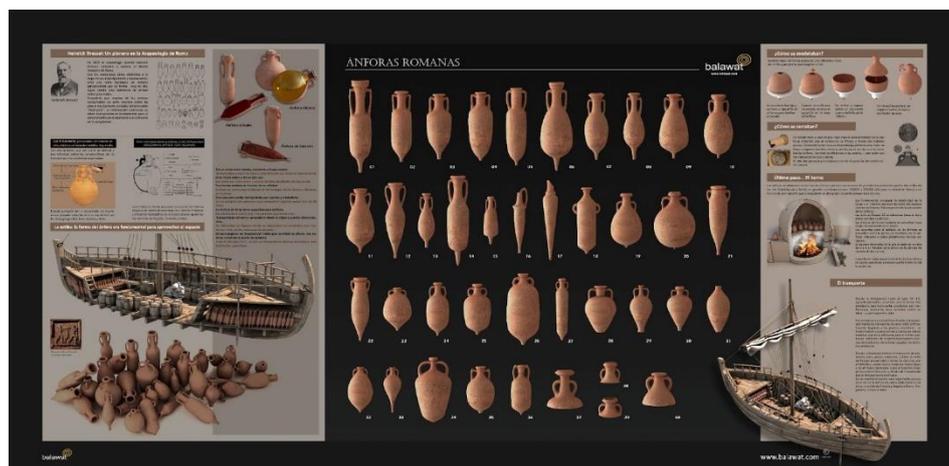


Figura 8 Catálogo de tipología Dressel (Dressel s.f.).

Por otra parte, la técnica de producción del barro se establece mediante el análisis visual, concretando un trabajo realizado mediante el modelado a torno, llegando a confundirse con la técnica de modelado mediante churros, pero debido a los surcos horizontales, que se aprecian principalmente en el interior de la pieza, finalmente se ha podido llegar a identificar.

## 5. ESTADO DE CONSERVACIÓN

En cuanto al estado de conservación de la pieza "ánfora romana", se ve reflejado un nivel de alteración significativo. Al permanecer sumergida durante tanto tiempo en condiciones de elevada salinidad, aunque el material cerámico presente un aspecto compacto, su estado de conservación se puede determinar como "desfavorable".

El análisis organoléptico de la obra ha sido el principal estudio que se ha llevado a cabo. Con este, se ha podido determinar un diagnóstico sobre el estado de conservación y definir las patologías presentes en la pieza.

A pesar de la estabilidad y resistencia al ataque químico de la cerámica, siendo un material de elevada inalterabilidad, los agentes de deterioro a los que se ha visto sometida la obra, así como: la humedad excesiva, la fluctuación de temperaturas incorrectas en ambiente post-excavación, las fuerzas físicas y el ataque biológico, han causado daños irreparables a la obra.

De la misma manera, el deterioro cerámico de la pieza, junto con las concreciones marinas naturalmente originadas la han dotado de un valor histórico significativo.

- La obra ha experimentado un proceso de alteración generalizado sobre la superficie, presentando patologías como suciedad superficial, pérdida de material y depósitos.
- El análisis de daños ha seguido el modelo del glosario ICOMOS-ISCI (International Scientific Committee for Stone (ISCS) 2010)
- Análisis y diagnóstico del estado de conservación de la obra:

**Tabla 2 referente al estado de conservación de la**

Zonas afectadas	Principales patologías
	<b>Pérdida de material:</b> tras la inspección del objeto, se ha determinado que el principal deterioro presente, ha sido propiciado probablemente por fuerzas físicas directas sobre la obra, ocasionando la <b>fractura de la boca</b> . Se aprecia un importante faltante en la zona superior, con la

	<p>pérdida de información significativa para la identificación y análisis de la tipología de la pieza.</p>  <p>De la misma manera, la base ha sufrido pérdidas de material que dificultan la lectura tipológica.</p>
	<p><b>Pérdida de material:</b> Asimismo, ocurre con las asas, de existencia desconocida, a pesar del indicio del agarre de un asa, debido a la protuberancia que se aprecia en uno de los laterales. Esta zona presenta descamación, cráteres y daños por impacto que dificultan en gran medida la legibilidad de la obra.</p>
	<p><b>“Pátina”</b> creada por los ataques biológicos con el paso del tiempo en el entorno subacuático. Esta <b>pátina biológica</b> ha de considerarse como parte de la obra al momento de intervenir el objeto. Se puede retirar selectivamente siempre que no afecte la integridad del material y la legibilidad de la obra.</p>

	<p><b>Pérdida de material:</b> micro karstificación</p> <p><b>Causas:</b> disolución parcial y selectiva de la superficie cerámica y posterior carbonatación. El carbonato insoluble se transforma en bicarbonato soluble al estar totalmente expuesta a las condiciones del agua marina, ácida, de baja temperatura, presión alta y altas concentraciones de CO<sup>2</sup>, lo que acidifica en mayor medida el propio entorno acuático.</p>
	<p><b>Alteraciones cromáticas:</b> entre las que se encuentran la <b>pérdida del cromatismo</b> de origen, de restos que probablemente fueron inscripciones informativas.</p> <p><b>Decoloración:</b> blanqueamiento y desaparición de elementos cromáticos por lixiviación y desgaste.</p> <p><b>Manchas:</b> oscurecimiento debido a enmugrecimiento y deposición de costras oscuras.</p> <p><b>Humedades:</b> oscurecimiento de la superficie.</p>
	<p><b>Desprendimientos:</b> estallidos debido a tensiones internas, impactos y disgregación por daños mecánicos</p> <p><b>Perdida de material:</b> excoriación, fricción, arañazos, abrasión generalizada, cráteres y deformaciones en zonas diferenciadas debidas a golpes y a los elementos metálicos, concretamente por el soporte que sujeta la obra.</p>
	<p><b>Alteraciones cromáticas y depósitos</b> formados en ambiente post-excavación, se encuentran ciertos daños de carácter intrínseco, como la elevada porosidad, que en conjunto con las fluctuaciones de temperatura y el gradiente de humedad, provocan la migración de las sales solubles hasta penetrar por completo el sistema poroso, y una vez la pieza ha sido retirada del entorno acuático y se evapora el agua y seca por completo, también lo hacen las sales, que cristalizan creando las <b>subflorescencias</b> en el interior y las <b>eflorescencias</b> en la superficie cerámica formadas por las sales de mayor solubilidad.</p>

	<p>Las sales presentes (más comunes) son: los carbonatos (carbonato cálcico), los cloruros (cloruro de sodio), los nitratos causados por descomposición de materia orgánica, y que a pesar de ser más higroscópicos no suelen causar eflorescencias. Los fosfatos normalmente son causados por cenizas depositadas en el horno en el momento de la cocción e incluso por la presencia de elementos de naturaleza ósea.</p> <p>De la misma manera, se aprecian las incrustaciones o concreciones de varios tipos, incluyendo de las sales mencionadas, provocadas por el proceso de precipitación o de lixiviación.</p>
	<p><b>Depósitos de material exógeno:</b> recorren gran parte de la superficie siendo conformados principalmente por materia de origen orgánico provocados por animales y plantas marinas. Se aprecian restos fósiles producidos por las estructuras de los <b>poliquetos</b> (Polychaeta, annelida) o gusanos marinos que tapizan la superficie para crear cavidades y orificios.</p> <p>En el mismo apartado, se encuentran los <b>restos de foraminíferos</b>, organismos unicelulares y eucariotas que se adhieren a la superficie para crear una concha mineralizada por carbonatos y otras sustancias como sílice.</p> <p>Cuentan con un proceso de formación lenta, en el que se dividen en dos grupos diferenciados, los macro foraminíferos, que pueden vivir móviles sobre plantas, y el caso que concierne a la obra, los micro foraminíferos, que se adhieren y fijan a una superficie mineralizada como piedras calizas o areniscas, en este caso cerámica.</p> <p>Se trata mayoritariamente de la especie del ejemplar <b>heterostegina</b> y de los <b>orbitolinos</b>.</p> <p>(Cuesta 2006, 148-151 , 171-186)</p>

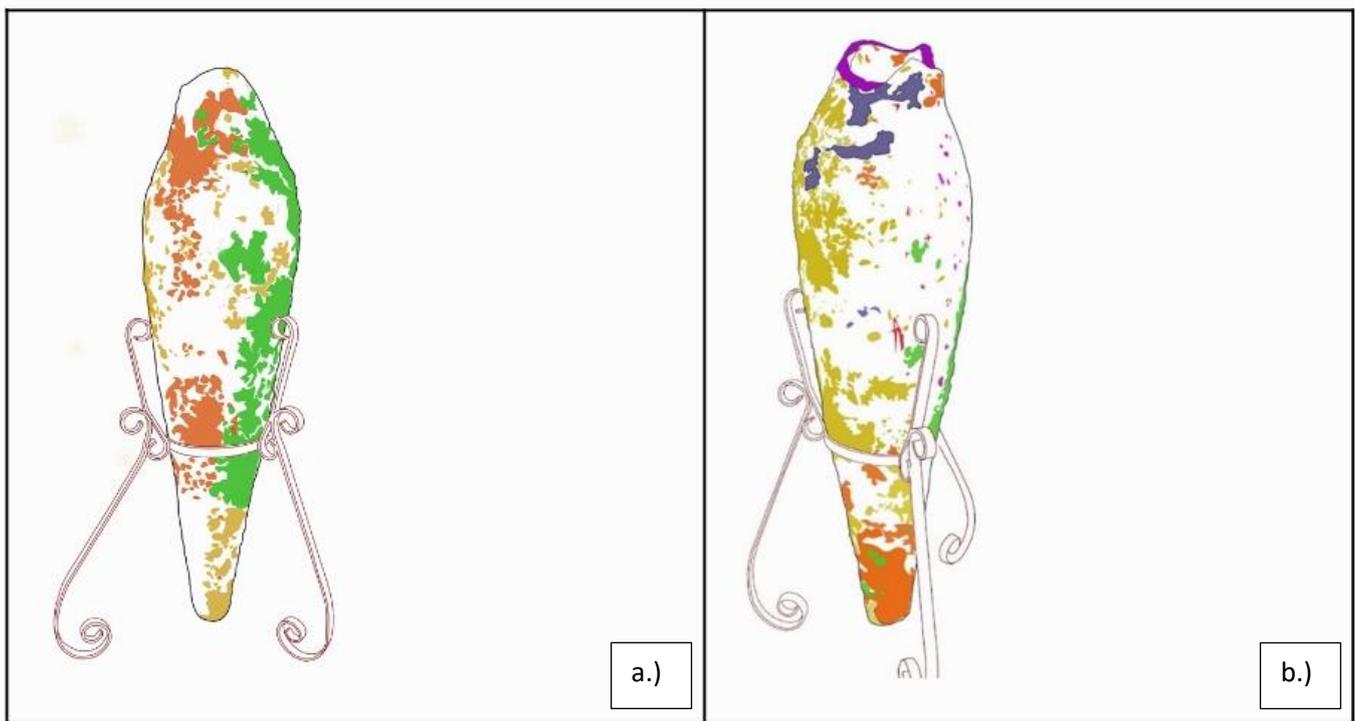
Tabla 2. Diagnóstico del estado de conservación.



Figura 9 Foraminíferos y fósiles de poliquetos (Fundación Integra Digital s.f.).

### 5.1. CROQUIS DE DAÑOS BIDIMENSIONALES.

Tabla 3. Croquis de daños.



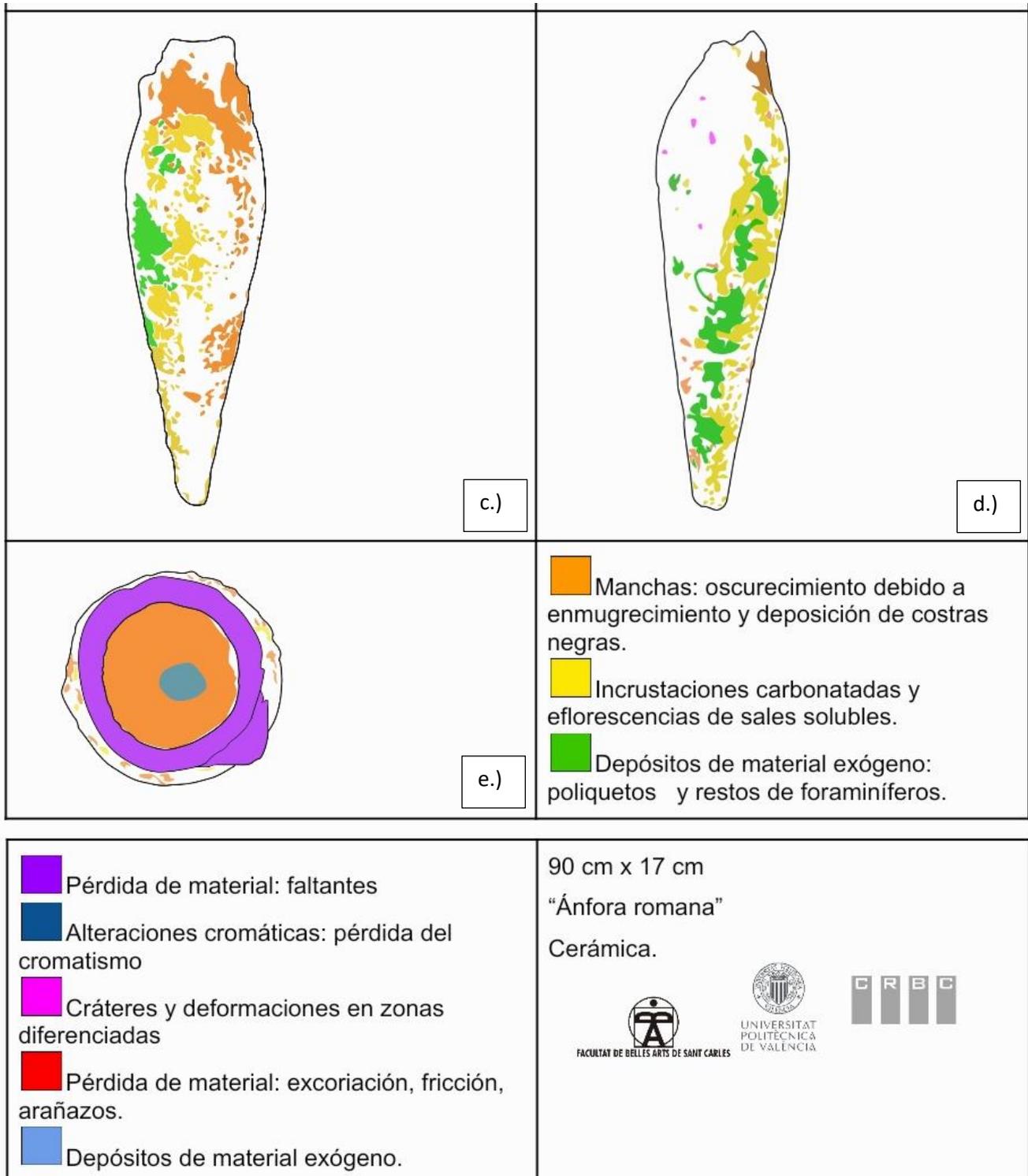


Fig.10 (a-b-c-d-e) a-b-c-d.) Vistas laterales en alzado. e.) Vista superior.

## 6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Se llevado a cabo una propuesta de intervención basada en el respeto hacia la historicidad de la obra patrimonial estudiada. Se propone seguir el criterio de mínima intervención llevando a cabo una conservación curativa, refiriéndose a las acciones aplicadas de manera directa sobre un bien cultural, teniendo como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones solo se realizan cuando los bienes se encuentran en notable estado de fragilidad o se deterioran a un ritmo elevado, pudiendo perderse en un tiempo relativamente breve. En este caso, el tratamiento prioritario, basado en la demanda del material cerámico, es la desalinización del objeto (ICOM-CC 2008). De manera complementaria y para poder poner en valor este objeto se propone el estudio de la pieza mediante la realización del dibujo arqueológico con el fin de determinar correctamente su tipología y poder clasificarla. El dibujo arqueológico es un dibujo técnico de estudio, que facilita una visión estandarizada de la pieza mediante la recreación de dos vistas distintas del objeto en un mismo gráfico.

Este dibujo se basa en la geometría descriptiva, disciplina que permite la representación gráfica de figuras tridimensionales en un plano.

Para realizarlo, se sigue la metodología basada en los siguientes puntos:

- Orientación del fragmento.
- Determinación de la altura.
- Obtención del diámetro.
- Obtención de la sección de la pieza.
- Inserción de la decoración y la escala.
- Digitalización.

Este método de documentación permite la lectura analítica, clasificación y comparación tipológica de las obras mediante la representación gráfica de los objetos cerámicos.

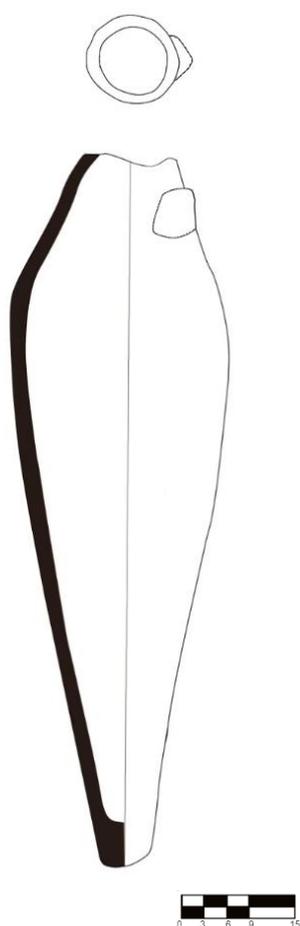


Fig.11 Dibujo arqueológico y escala gráfica

## 6.1. PRUEBAS Y ESTUDIOS PREVIOS

Al tratarse de una pieza perteneciente a una colección privada, los propietarios han manifestado su deseo de no intervenir en la misma. Esto se debe a que, a lo largo de cinco décadas, se ha mostrado una correcta estabilidad del material que ha permitido conservarla gracias a su matriz compacta y resistente.

Por otro lado, los efectos de la situación actual son lentos pero acumulativos y se deben a causas de deterioro naturales asociadas a temperatura y humedad relativa inapropiadas. Sin embargo, nuevas condiciones ambientales incrementarían notablemente el riesgo del objeto.

- Con el fin de determinar de manera completa las alteraciones presentes, se ha llevado a cabo un estudio organoléptico, no invasivo basado en la inspección visual y la investigación sobre los documentos gráficos realizados, así como los diagramas de daños y la interpretación de estos.
- De manera complementaria, se propone la realización de pruebas identificativas de sales solubles. Estas, se originan principalmente durante el “enterramiento”, en este caso en el terreno subacuático, así como después de la excavación por la actividad metabólica de microorganismos y seres vivos. Sin embargo, también se pueden producir antes de la excavación debido a la naturaleza de la propia cerámica o por diferentes actividades de restauración y limpieza. Este tipo de patología resulta ser uno de los factores de alteración de mayor relevancia en sustratos porosos, por ello, su identificación y eliminación son primordiales para una correcta conservación de la pieza.

Tabla 4. Pruebas de identificación de sales solubles:

Tipos de Sales	Análisis micro químico a la gota	Detección, identificación y cuantificación
Carbonato (CaCO <sub>3</sub> )	Agua desionizada +Ácido clorhídrico al 10% (HCL)	Efervescencia sobre una muestra: indica carbonatos.

Cloruros (CL-)	Agua desionizada + ácido nítrico(-NO <sub>3</sub> H-) disuelto al 10% + Nitrato de plata(-NO <sub>3</sub> AG-)	Formación de un precipitado blanquecino o azulado: indica sales cloradas
Nitratos	Agua desionizada + ácido acético (CH <sub>3</sub> COOH) + reactivo Griess Ilosvay A y B (2 gotas) + zinc	Coloración rosa: indica presencia de sales
sulfatos (SO <sub>4</sub> )	Agua + Ácido clorhídrico (HCL)al 2% + calor + Cloruro de Bario (CL <sub>2</sub> BA) al 10%	Formación de un precipitado blanquecino: presencia de sales
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	Agua desionizada + ácido acético (CH <sub>3</sub> COOH) + reactivo Griess Ilosvay A y B (2 gotas)	Coloración rosa: in*9dica presencia de sales
Prueba de pH	Tiras PANREAC sobre una gota de agua que haya reposado sobre el material por al menos 1 minuto	Un pH alejado de 7 indicará excesiva acidez o alcalinidad.

Nota: el agua desionizada debe proceder del lavado de al menos 24 horas de la pieza. (Ibañez 2003, 310-311)

### **6.1.1. Pruebas de solubilidad y absorción.**

Son un paso imprescindible para definir la estabilidad de los materiales arqueológicos, para ello, evaluaremos las propiedades de la pieza, con relación a su estado poroso y al estado de su superficie:

- 1.) Prueba de permeabilidad con pipeta Karsten, que determina el grado y el tiempo de penetración del material con relación a la absorción de sustancias líquidas. La pipeta se llenará de agua hasta llegar a la marca de 20ml y se irá midiendo el nivel cada determinado tiempo hasta llegar por lo menos a 10 minutos. Así, se comparan las marcas para concretar la cantidad de agua penetrada en el soporte a lo largo del tiempo concretado.

- 2.) Seguidamente, las pruebas con disolventes, utilizando tres de los más requeridos y eficaces, el agua, la acetona y el etanol. Para ello, se aplica una moderada cantidad de la sustancia sobre una discreta zona de cata en el material, comprobando el efecto sobre éste.

### **6.1.2. Pruebas de limpieza**

Las pruebas de limpieza son una serie de medidas realizadas con la finalidad de proteger la pieza ante un tratamiento irreversible, como lo es la limpieza. De esta manera, se evitan desgastes, daños, pérdidas o deterioros ocasionados innecesariamente en el proceso de restauración de una obra. Para ello, se realizan pruebas de compatibilidad entre materiales, análisis de las propiedades del soporte, y de los daños para valorar el nivel y las técnicas de limpieza necesarias. El objetivo de estas es saber elegir qué materiales aplicar para realizar el tratamiento de limpieza adecuado.

#### **6.1.2.1. Pruebas de limpieza físico-mecánica**

- 1.) En primer lugar, se realizan las pruebas de limpieza físico- mecánica, basadas en la abrasión suave y controlada de la superficie, con herramientas como brochas, hisopos en seco, y bisturí en las zonas problemáticas.
- 2.) Seguidamente, los disolventes anteriormente indicados como aptos en las pruebas de solubilidad se aplican en la zona de cata acompañado de la acción mecánica con hisopo, empezando por utilizar agua y escalando a alcohol o acetona en caso de que la suciedad presente resistencia. Estos productos también se pueden aplicar mediante baños o emplastos.

Con esto, se pretende determinar el nivel de adhesión de la capa de suciedad superficial y la compatibilidad entre los materiales. Las catas deben ubicarse en zonas discretas que no comprometan la legibilidad de la pieza en caso de no resultar satisfactorias.

3.) En tercer lugar, se realizan pruebas con material de borrado para eliminar la suciedad superficial que se encuentra más adherida al soporte.

Tabla 5 referente a las pruebas de material de borrado.

<b>Gomas de borrar y abrasión suave</b>	<b>Nivel de limpieza</b>	<b>Residuos</b>	<b>Resultado</b>
Faber Castell®	Alto	No	Óptimo.
Esponja Wishab®	Alto	Si	Bueno.
Esponja mágica-Caucho	En seco: Bajo	No	Medio
Goma de borrar moldeable de Faber-Castell®	Alta	No	Óptimo.
Borrador Stabilo®	Alta	Si	Bueno
Goma Milán®	Alta	Si	Bueno
Lápiz con punta de fibra de vidrio	Medio	No	Medio

Los resultados de cada prueba deben registrarse con el fin de realizar comparaciones y seleccionar las técnicas adecuadas para realizar una correcta limpieza de la pieza tratada, anotando el nivel de agresión al material respecto al resultado del saneamiento.

### 6.1.2.2. Pruebas de limpieza fisicoquímicas

Respecto a las pruebas con agentes químicos, seguirán el mismo procedimiento que las anteriores, realizándose en lugares de poca visibilidad para evitar alterar la visión de la obra.

- En este caso, se utilizarán soluciones al 5% en agua desionizada que se aplican en la superficie de la obra impregnada previamente en agua, a fin de saturar las cavidades porosas. Esta impregnación se realizará mediante aplicación con pincel, emplastos con compresas o por inmersión mediante baños.

Estos procesos deben controlarse teniendo en cuenta la porosidad de la pieza, y el nivel de actuación de los ácidos y productos seleccionados, ya que podrían tener efectos irreversibles sobre la integridad de la obra. Estas pruebas determinan el proceso de limpieza química a realizar.

La limpieza química abarca una amplia gama de productos, desde los agentes tensioactivos y resinas catiónicas, a productos específicos como ácido nítrico o fosfórico y polifosfatos, entre otros. La selección de estos materiales tendrá un impacto directo sobre la obra, por ello las pruebas son de gran relevancia, así como una ejecución gradual y controlada de los productos.

## 6.2. TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA

El tratamiento de limpieza es de los procesos de conservación curativa más relevantes y de mayor dedicación que se realizan sobre un bien cultural; se trata de un proceso de acción directa, mayormente irreversible, que tiene como objetivo detener y ralentizar el deterioro, así como los agentes causantes activos sobre la pieza. Debido a esto, es un proceso que requiere respeto, cautela y delicadeza en la toma de decisiones, así como en la ejecución. En la figura 12 se muestra el protocolo de limpieza establecido para la pieza de estudio. El protocolo se ha elaborado a partir de los conocimientos obtenidos en clase y de la bibliografía específica consultada.

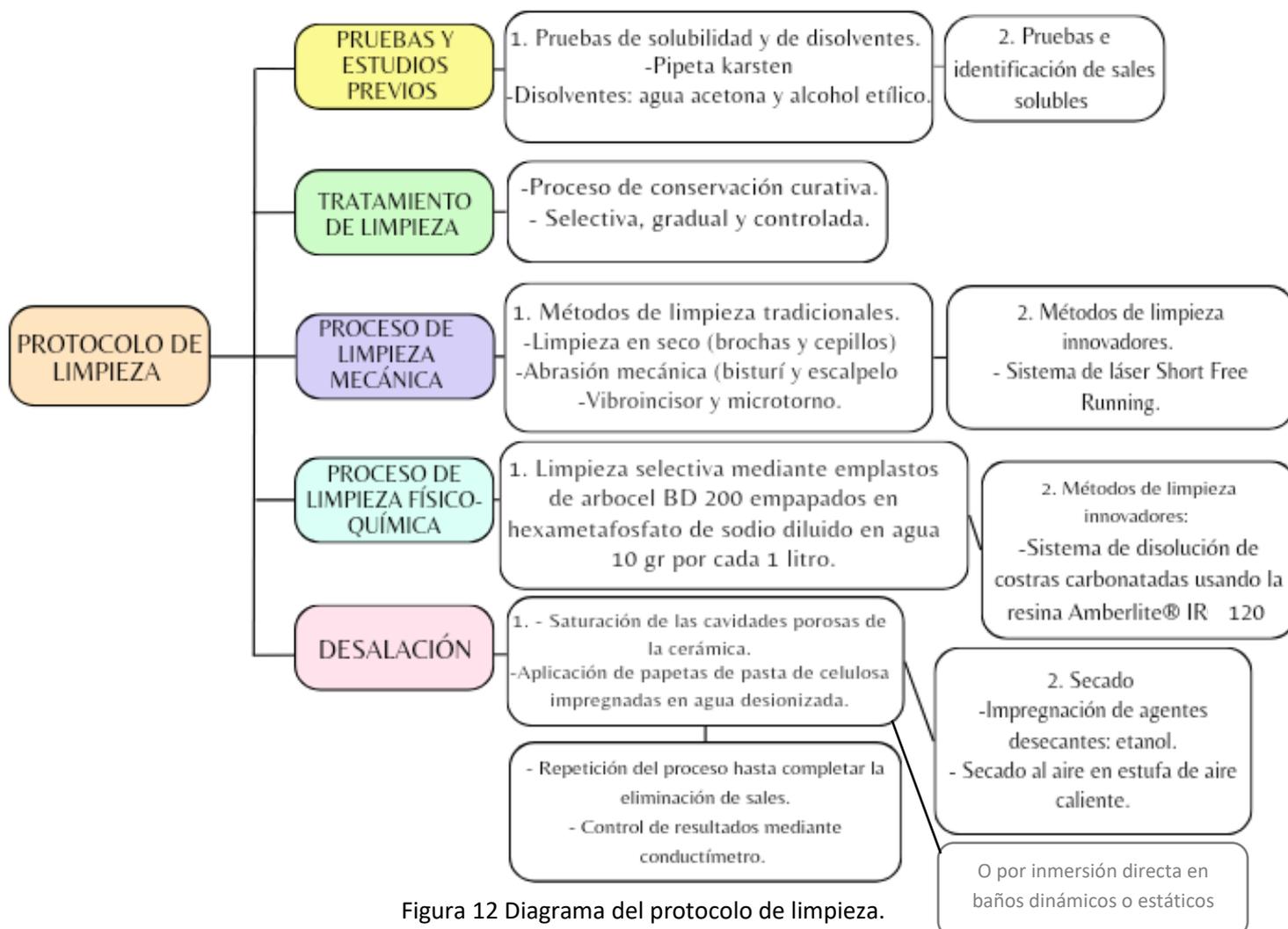


Figura 12 Diagrama del protocolo de limpieza.

### 6.2.1. Proceso de limpieza mecánica.

#### Métodos de limpieza tradicionales.

1. En primer lugar, se realiza la limpieza en seco de la suciedad superficial. Para ello se utilizan materiales de abrasión suave, que rompen los enlaces entre las partículas de suciedad y el sustrato cerámico, sin reacciones químicas. Se utilizan brochas de cerdas suaves o cepillos, acompañados de una aspiración controlada.

2. Seguidamente, la técnica de abrasión con material quirúrgico, como bisturís y escalpelos, en zonas problemáticas con curvaturas acentuadas, concreciones o depósitos.

3. Finalmente se incorporan herramientas eléctricas como los microtornos, con movimientos de rotación y disposición de diferentes cabezales y materiales, o herramientas de precisión como el vibroincisor de punta de widia, que combina el aire comprimido con la vibración de su terminal (35.000 vibraciones por minuto).

#### **Métodos de limpieza innovadores.**

En este caso, debido a la importancia del material arqueológico, han de considerarse procedimientos tecnológicos como el láser, que aseguran la estabilidad de la pieza al no aplicar ningún tipo de químico.

El sistema trabaja mediante emisiones de energía por bombeo de luz infrarroja, con parámetros como la energía (mJ), el diámetro del spot (mm) y la frecuencia (Hz). Estos, se pueden modificar, salvo por la duración del pulso, que es el único parámetro fijo en los diferentes sistemas.

Tras analizar los resultados de la investigación del artículo La Ciencia y el Arte V-Ciencias experimentales y conservación del patrimonio se propone (J. Barrio 2015):

- La utilización del sistema de láser Short Free Running, con la pieza sumergida y con una fina película de agua (de entre 1 y 2 mm) por encima de la superficie. Considerando este sistema como el que proporciona una limpieza más gradual y controlada. Permite la evasión de residuos químicos sobre la obra, así como marcas o desperfectos sobre el sustrato cerámico, además de tratarse de un procedimiento sostenible para el restaurador como para el medio ambiente.

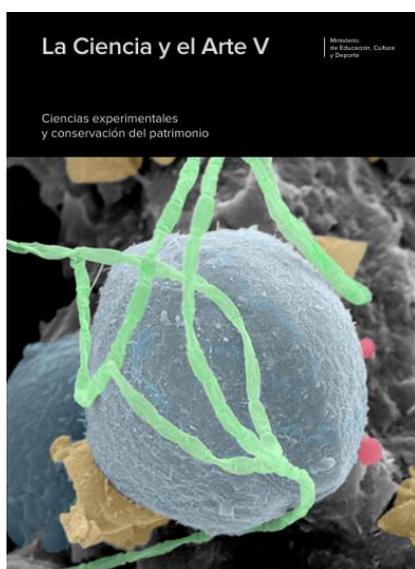


Fig.13 Portada del artículo La Ciencia y el Arte V-Ciencias experimentales y conservación del patrimonio se propone (J. Barrio 2015)

Tabla 6. Parámetros técnicos del sistema láser propuesto.

<p><b>Las características técnicas</b> del sistema de láser Short Free Running:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- longitud de onda (<math>\lambda</math>) 1064 nm.</li><li>- duración del pulso (<math>\tau</math>) 60-120 <math>\mu</math>s,</li><li>- energía (E) 50-1000 mJ (<math>\Delta E=100</math> mJ) 1400-2000 mJ (<math>\Delta E=200</math> mJ).</li><li>- frecuencia (f) cada pulso, 1-10 Hz (<math>\Delta f=1</math> Hz), 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz.</li><li>- diámetro del Spot (ds) 1,5-6 mm.</li><li>- puntero láser de enfoque Láser de He-Ne (<math>\lambda=632,8</math> nm).</li></ul> <p>(J. Barrio 2015)</p>
---

### 6.2.2. *Proceso de limpieza fisicoquímica*

Se trata de un método efectivo y rápido, sin embargo, existe el riesgo de la toxicidad y peligrosidad de los productos empleados, además del escaso control sobre las reacciones químicas.

- En cerámica, el método más efectivo es el lavado por inmersión de la pieza en agua desionizada. Para ello, se debe mantener la pieza sumergida durante al menos 24 horas en agua para saturar las cavidades porosas. La inmersión para la limpieza se realizará en cubetas o una pila de polipropileno, en la que se añadirá una suficiente cantidad de agua desionizada.

Si el objeto acabase de ser extraído del lugar subacuático, este proceso se debe de realizar empezando por la utilización de agua marina mezclada con un porcentaje añadido de agua procedente del suministro público. Una vez la pieza no desprenda tierra se procederá a utilizar agua desionizada que se podrá calentar de forma progresiva para conseguir una dilatación gradual.

Los productos que se utilizan para los lavados son los tensoactivos, jabones o detergentes. Sustancias que aumentan la humectabilidad al disminuir la tensión superficial del agua, esto conlleva un incremento de la dispersabilidad y una mejor limpieza.

Tabla 7. Tipos de productos tensoactivos.

Aniónicos (sulfatos-s. de sodio)	Catiónicos (compuestos cuaternarios de amonio)
Anfóteros (grupo catiónico + grupo aniónico)	No iónicos (condensación del óxido de etileno con materiales fenólicos)

Los productos de restauración tienen altas concentraciones, por ello deben diluirse a concentraciones bajas de hasta 0,0025%. En este caso, se propone la utilización de una concentración de Synperonic A-7 al 5% a partir de una dilución del producto al 5%.

- Otra opción de menor agresividad, selectiva y adecuada tanto para el tamaño de la pieza, como para el estado de su superficie, es la utilización de emplastos compuestos por pasta celulósica de fibra media, concretamente el arbocecel BD 200. Se colocan sobre los poros previamente saturados en agua, utilizando la polifosfato a base de **hexametafosfato de sodio** (diluido en agua 10 gr por cada 1 litro) o ácido nítrico disuelto al 3% para la eliminación de costras terrosas y calcáreas duras, también con la misma función, la Papeta -AB 57, que por otra parte actúa eliminando las grasas y suciedades orgánicas y las costras negras sulfáticas.
- Por otra parte, se debe poner en valor la utilización del producto Amberlite IR 120 H para la disolución de las incrustaciones. Se trata de una resina catiónica que actúa mediante el intercambio iónico ante la presencia de agua, que cumple con la función de “vehículo” de los iones. La aplicación se realiza mediante emplastos que garantizan la presencia constante de agua, durante un tiempo estimado de 24h, y a una temperatura óptima de 30º.



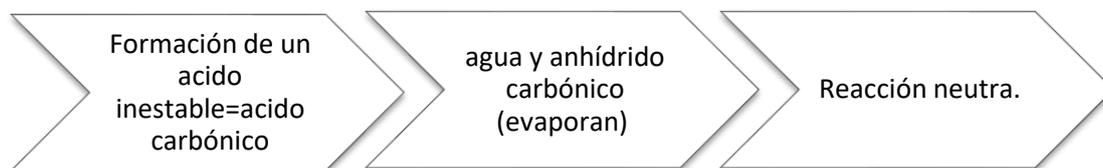


Figura 14 Diagrama del funcionamiento de la resina Amberlite IR 120 H.

### 6.3. DESALACIÓN

En cuanto a la remoción de las sales solubles, se valoran las tres técnicas posibles, entre las que se encuentran los baños dinámicos y baños estáticos que se desempeñan mediante la inmersión de la pieza cerámica con el fin de que se efectúe la disolución de las sales.

**1.) Baño estático:** se cambia periódicamente el agua, que puede calentarse progresivamente hasta unos 60°C (Método Olson), y se realizan cepillados al material para acelerar el proceso.

**2.) Baño dinámico:** consiste en crear una corriente artificial para promover un movimiento controlado y constante sin necesidad de sacar la pieza (Ibañez 2003).

**3.) Emplastos:** En tercer lugar, el método selectivo y de mayor control para una pieza antigua, con policromías y de considerable tamaño, son los emplastos o *papetas* húmedas. Se trata de sustentantes de pulpa de celulosa impregnadas para lograr la eliminación de sales mediante el movimiento de la disolución salina. Actúan a través de dos mecanismos:

- El fenómeno de difusión-gradiente iónico.
- El fenómeno de difusión-gradiente humedad.

1. El proceso de colocación de *papetas* comienza por la humectación de la superficie para saturar los poros y promover la disolución de las sales, seguidamente, se puede colocar un material poroso intermedio como papel japonés, para promover el intercambio de iones.

2. Sobre este, se colocaría la masa de pulpa de celulosa de arboce<sup>®</sup> saturada en agua de naturaleza salina primero, ya que es una pieza de

excavación subacuática y presenta altos índices de salinidad en el sustrato.

3. El conjunto se cubre con una película retráctil de plástico con el fin de evitar la evaporación y se deja actuar.
4. El proceso se repite utilizando incrementos del porcentaje de agua desionizada, las veces que fueran necesarias, hasta que se complete la migración de las sales a los emplastos.
5. De la misma manera, se sumergen las *papetas* utilizadas en una menor cantidad de agua, para así disolver las sales e ir controlando los niveles con el conductímetro, tomando las muestras desde el fondo de recipientes, así, se irán reflejando los valores para obtener una representación gráfica (Ibañez 2003, 318-321).

#### **6.3.1. Secado**

Tras la eliminación de las sales migratorias se realiza el secado de la pieza, pudiendo lograrlo mediante el secado al aire en condiciones de temperatura y humedad controladas, durante varios días, para evitar hongos o microorganismos, de manera más eficaz, se recomienda el secado en estufa de desecación por ventilación forzada de aire caliente, llegando a temperaturas de hasta 50°. Otra alternativa sería mediante impregnación del material con agentes desecantes como el etanol.

#### **6.4. REGISTRO VIRTUAL.**

En la actualidad, los procesos de conservación y restauración del patrimonio se ven cada vez más relacionados con la tecnología. Las nuevas técnicas de digitalización y computarización, relacionadas con los bienes culturales, están cambiando la tendencia y creando nuevos sistemas de intervención.

Esta opción, complementaria a los procesos tradicionales, promueve la visualización y el registro de la obra sin someterla a riesgos físicos, procurando evitar el contacto directo o los movimientos innecesarios de la obra. Por otra

parte, su utilización está siendo cada día más requerida entre los museos y fundaciones que pretenden conservar e intervenir piezas dentro de sus colecciones. En relación con las ventajas culturales, estas técnicas propician la difusión y el mantenimiento de la historia, además de contribuir al ahorro en los costosos procesos de restauración (González 2021).

Con esta estrategia, la finalidad es la de la conservación y divulgación virtual de la obra. Además, se consigue preservar los datos analíticos y gráficos de cada pieza, propiciando la visualización online con objeto de estudio o de reconocimiento social, sin implicar la integridad de la obra original.

Siguiendo estos aspectos, las nuevas estrategias deben seguir gran parte de los criterios tradicionales, respetando la historicidad, la legibilidad y los planos conceptuales y físicos de las diferentes obras.

La regulación de los nuevos métodos computarizados se ve reflejada en documentos como La Carta de Londres (Denard 2009).

Por otra parte, se introducen términos adquiridos gracias a los métodos innovadores de conservación, como la arqueología virtual, refiriéndose a la disciplina científica destinada a la investigación virtual del patrimonio arqueológico. En esta, se incluyen técnicas como la recreación o reconstrucción virtual, que parten del modelo virtual de la pieza para realizar el intento de recuperación visual (ICOMOS 2017, 3).

Gracias al desarrollo de La Carta de Londres y a los términos definidos en el acta de principios de arqueología virtual, denominada Los Principios de Sevilla, se puede actualizar la terminología a través de los avances técnicos de la restauración y la conservación de los bienes culturales.

#### **6.4.1. Técnicas de modelado 3d**

Una vez analizados los principios de la arqueología virtual, se ha procedido a valorar las técnicas de digitalización de piezas, en las que se engloban procesos automáticos como la fotogrametría, que es la conversión de imágenes bidimensionales en modelos tridimensionales con el objetivo de obtener las características geométricas de los objetos (Magallón 2016). Esta técnica se ha popularizado en gran medida en el ámbito de conservación del patrimonio

gracias a su accesibilidad, rapidez y eficacia. Uno de los factores de esta popularidad, se debe a que no se requieren equipos más profesionales que una cámara de alta resolución, ajustando la asequibilidad de los costes a diferentes presupuestos (Jullian 2022).

Otro tipo de técnica es la utilización de un escáner 3D de alta resolución. Entre las opciones se encuentran los escáneres de largo o de corto alcance, que se deben seleccionar procurando una mayor calidad en relación con la pieza a digitalizar. Estos funcionan utilizando sistemas basados en tiempo de vuelo o pulso láser en los que una luz láser rebota en el objetivo a distancia (Fundación Autodesk 2024).

Sin embargo, en este caso, el método seleccionado ha sido la representación matemática basada en la geometría de la pieza, conocido como el modelado 3D. Para ello, se extrajo la información tridimensional de la pieza a partir de imágenes en dos dimensiones. Se utilizaron diferentes vistas del objeto, y con diferentes softwares, de esta manera, se consiguió crear un modelo 3D del dibujo arqueológico del ánfora (Factum foundation 2022).

#### **6.4.1.1 Proceso del dibujo 3D a partir de fotografías.**

En cuanto al proceso detallado de la digitalización de la obra, se exponen los pasos seguidos a través del software CAD Nx Siemens 10. Este programa se ha utilizado durante todo el proceso para recrear la volumetría de la obra, principalmente para analizar su tipología, y como alternativa de conservación. Se trata de un software de desarrollo digital de productos 3D creado para optimizar los procesos a través de soluciones avanzadas centradas en el diseño conceptual, el modelado 3D y la documentación (CT Avantek Siemens s.f.). Es una opción gratuita, intuitiva y de resultados óptimos. Sin embargo, de llevarse a cabo la exposición de la obra, se propondría la utilización de un software más avanzado, y una mejoría en el desarrollo de técnicas y conocimientos con el fin de presentar un resultado adecuado y fiel al patrimonio.

En cuanto al procedimiento llevado a cabo:

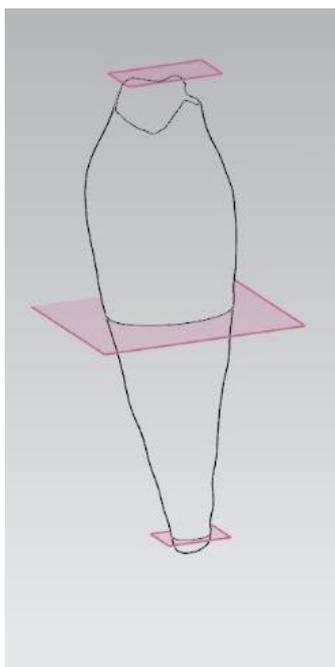


Figura 15 Proceso de modelado 3D en base a fotografías de la pieza.

1. En primer lugar, se utilizó una cámara réflex (DSLR)-Canon para realizar múltiples fotografías de la superficie del objeto. Estas imágenes se tratan mediante un proceso de técnicas basadas en la geometría que permiten crear representaciones realistas y detalladas.
2. El flujo de trabajo consiste en añadir vértices, basados en los factores de longitud, altura y ancho sobre una forma geométrica básica. Ajustando su colocación y manipulando la malla del objeto subdividiendo sus polígonos con el objetivo de crear una nueva forma 3D.
3. El modelado manual se logra a través de la manipulación de los vectores tridimensionales, referentes a cantidad y magnitud física, representados mediante segmentos de recta orientados y alguna letra del alfabeto (Terrel 2015). Siguiendo esta base, primeramente, se introdujo una vista de la fotografía seleccionada para digitalizar.
4. Teniendo la imagen de referencia, se procedió introduciendo tres planos, o bases, a alturas diferenciadas de la obra. Estos, se situaron en la base, la mitad del cuerpo y la boca como se puede referencia en la figura 15.
5. Seguidamente, en los planos introducidos, se realizaron circunferencias que abarcaban el diámetro de la obra en las diferentes zonas. Estos, tienen como finalidad construir la geometría de la obra.
6. Una vez delimitados los diámetros, se procedió marcando los contornos de la obra bidimensional con el comando de *curva Split* o curva de estudio. En este punto ya se trabaja por secciones diferenciadas y guías
7. Seguidamente se aplica la *revolución o barrido*, que provocan la creación del volumen y el cuerpo de la pieza mediante la proyección de las curvas creadas y las circunferencias. Estas herramientas se pueden encontrar en la sección de *extrucción*.
8. Finalmente, se recrea el faltante de la boca mediante un recorte aplicado sobre la sección superior y se aplica la textura a través del renderizado, con herramientas de sombreado. Esta textura, juega un papel importante en la interpretación de la obra, ya que contextualiza aspectos como el material o la técnica de creación de esta.

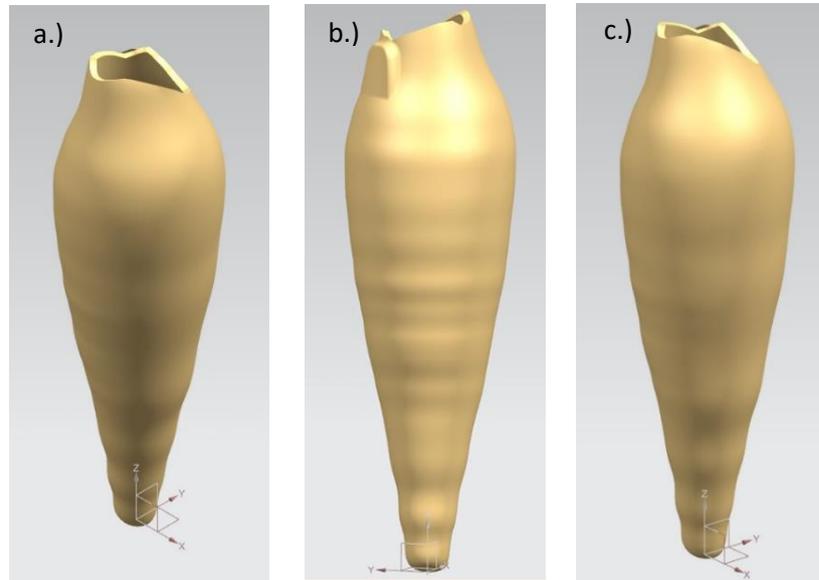


Figura 16 (a-b-c) a.) Vista lateral en plano picado. b-) Vista del lateral izquierdo en alzado del modelo 3D finalizado. c.) Vista de lateral derecho en alzado del modelo 3D finalizado.

Gracias a este proceso, ha sido posible recrear la estructura y el volumen de la pieza original, propiciando su estudio tipológico y difusión. Sin embargo, el realismo de la obra se consigue con técnicas más avanzadas pertenecientes a los métodos de renderización, en los que se pueden desarrollar aspectos de iluminación, detalles y espacios en los que se podría encontrar la pieza.

Una vez finalizados los procesos de modelado 3D, se puede valorar la opción de restauración digital, que no implica contacto con la obra.

A través de esta, se puede llevar a cabo la reintegración volumétrica de la obra, siguiendo la tipología previamente estudiada, permitiendo a los espectadores y futuros investigadores visualizar la pieza en su totalidad.

Para ello, se puede realizar una recreación integral de la obra, en la que se aprecie toda la estructura, permitiendo su reproductibilidad y análisis total.

Por otra parte, una opción igualmente efectiva es la de reproducir únicamente el faltante de la obra, con la finalidad de estudiarlo, crear moldes o llevar a cabo la novedosa técnica de impresión 3D. Esta permitiría obtener una visualización completa de la obra tangible, proporcionando un molde completamente reversible con materiales termoplásticos como el TPE o el policarbonato o la realización o para recrearlo con materiales como morteros tradicionales (Factum foundation 2022).

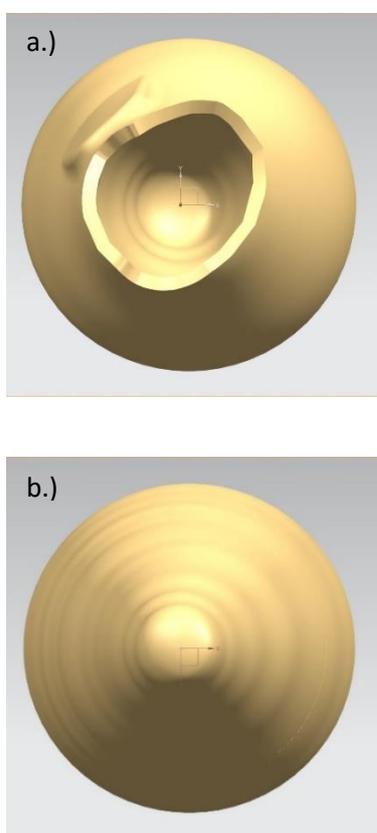


Fig. 17 (a-b) a.) Vista superior de la figura 3D.  
b.) Vista inferior de la figura 3D.

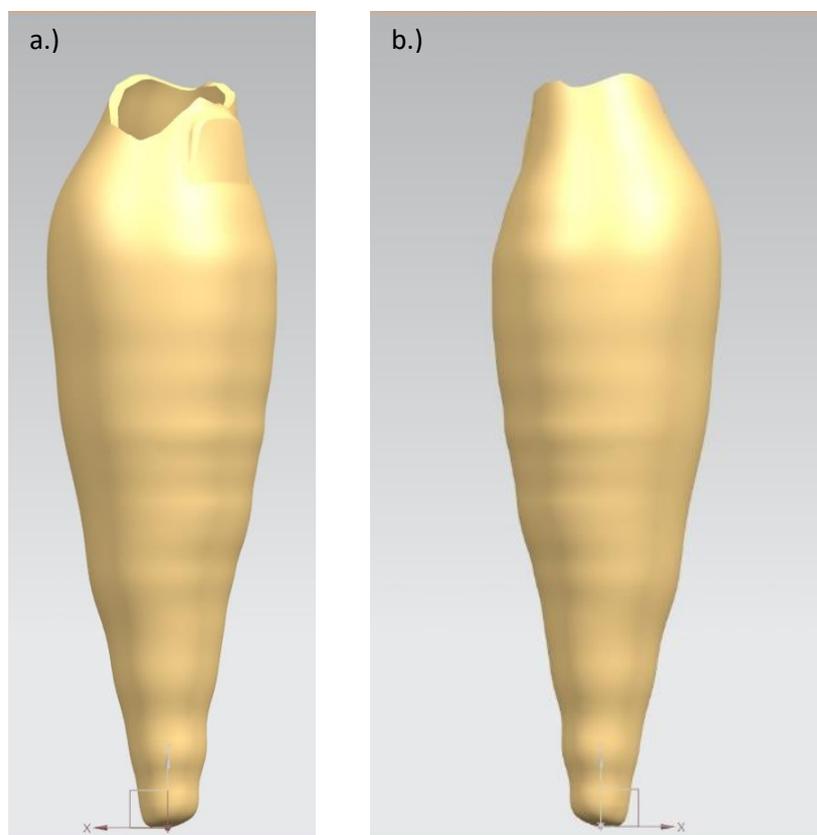


Fig. 18 (a-b) a.) Vista frontal en alzado de la figura 3D finalizada.  
b.) Vista posterior en alzado de la figura 3D finalizada.

## 6.5. PRESUPUESTO

Tabla 8. Referente al presupuesto previsto y resultado del costo global de los materiales junto con el correspondiente Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA).

Materiales de uso general.		Producto	Proveedor	Cantidad	Precio
Fungible	Test de solubilidad	Agua destilada	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/">https://shop-espana.ctseurope.com/</a>	10L	12,42€
		Acetona	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/">https://shop-espana.ctseurope.com/</a>	1L	4,70€
		Etanol	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/">https://shop-espana.ctseurope.com/</a>	1L	3,69€
Inventariable		Palitos para hisopos	<a href="https://www.amazon.es/dp/B0BDS91Y4W/ref=twist">https://www.amazon.es/dp/B0BDS91Y4W/ref=twist</a>	1 paquete	3,39€
		Cinta de carroceros	<a href="https://www.leroymerlin.es/productos/pintura/protec">https://www.leroymerlin.es/productos/pintura/protec</a>	1 rollo	1,72€
		Algodón	<a href="https://www.amazon.es/Algod%C3%B3n-Arrollado-">https://www.amazon.es/Algod%C3%B3n-Arrollado-</a>	250g	6,00€
Limpieza mecánica		Producto	Proveedor	Cantidad	Precio
Inventariable		Bisturí	<a href="https://www.amazon.es/cuchillas-adecuadas-letrec">https://www.amazon.es/cuchillas-adecuadas-letrec</a>	1u	7,99€
		Jeringa	<a href="https://www.amazon.es/Jeringas-Desechables-Vers">https://www.amazon.es/Jeringas-Desechables-Vers</a>	1u	0,60€
		Brochas	<a href="https://www.leroymerlin.es/productos/pintura/herram">https://www.leroymerlin.es/productos/pintura/herram</a>	3u	9,99€
		Goma de borrar moldeable	<a href="https://www.amazon.es/Faber-Castell-borrar-aprete">https://www.amazon.es/Faber-Castell-borrar-aprete</a>	2u	6,50€
		Esponja Wishab	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/627-esponja-w">https://shop-espana.ctseurope.com/627-esponja-w</a>	30u/ 7.08 5u	1,18€
Medidas de prevención		Producto	Proveedor	Cantidad	Precio
Equipos de protección individual		Guantes latex	<a href="https://www.climprofesional.com/quantes-desechab">https://www.climprofesional.com/quantes-desechab</a>	1 paquete	5,46€
		Mascarilla de polvo	<a href="https://www.amazon.es/Mascarilla-FFP2-Ultraresist">https://www.amazon.es/Mascarilla-FFP2-Ultraresist</a>	1 paquete	7,50€
Equipos de protección colectiva		Aspiración centralizada		126,5 €/semana	126,50€
Limpieza química		Producto	Proveedor	Cantidad	Precio
Pruebas y limpieza química		Ácido clorhídrico	<a href="https://www.ibdciencia.com/es/reactivos-quimicos/5">https://www.ibdciencia.com/es/reactivos-quimicos/5</a>	100 ml	13,90 €/L 1,39€
		Portaobjetos 1		2,18 € x 50 ud.	0,05€
		Synperonic A-7 al 5%	<a href="https://conservation-resources.co.uk/products/synp">https://conservation-resources.co.uk/products/synp</a>	100g	3,03€
		Hemafosfato de sodio	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/322-hexametaf">https://shop-espana.ctseurope.com/322-hexametaf</a>	1kg	10,04€
		Papeta -AB 57	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/313-amonio-bic">https://shop-espana.ctseurope.com/313-amonio-bic</a>	1kg	4,47€
		Ácido cítrico en polvo	<a href="https://productosderestauracion.es/producto/metale">https://productosderestauracion.es/producto/metale</a>	100 g	1,50€
		Arbocel BC 200	<a href="https://www.kremer-pigmente.com/es/shop/cargas-">https://www.kremer-pigmente.com/es/shop/cargas-</a>	100 g	3,97€
Desalación.		Conductímetro	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/1147-conductiv">https://shop-espana.ctseurope.com/1147-conductiv</a>	1u	125,84€
		Barreño	<a href="https://www.amazon.es/dp/B01ANLNBHO/ref=sspe">https://www.amazon.es/dp/B01ANLNBHO/ref=sspe</a>	1u	24,99€
Alternativas de limpieza		Láser Short Free Running	<a href="https://shop-espana.ctseurope.com/830-art-laser">https://shop-espana.ctseurope.com/830-art-laser</a>	1u	40€/h
		Amberlite™ IR-120(Na)	<a href="https://www.fishersci.es/shop/products/amberlite-irc120-">https://www.fishersci.es/shop/products/amberlite-irc120-</a>	100g	27,50€

Presupuesto base de licitación sin IVA	676.88 €
21% de IVA	142.14€
Presupuesto base licitación	819.02€

### 6.6. CRONOGRAMA

DÍAS:	1	2	3	4	5	6	7	
1º SEMANA								
1. Investigación	█	█	█	█	█			
2. Documentación	█	█	█	█	█			
2.1 Fotografías						█		
2º SEMANA								
2.2 Croquis de daños	█	█						
3. Análisis previos			█	█				
4. Desmontajes					█			
5. Traslado					█			
6. Análisis de procesos de intervención						█		
3º SEMANA								
7. Limpieza mecánica	█	█						
8. Catas limpieza químicas			█					
9. Limpieza fisico-química				█	█			
4º SEMANA								
10. Desalación	█	█	█	█	█	█		1º MES
5º SEMANA								
11. Secado	█	█	█	█	█	█		
6º SEMANA								
12. Modelado 3D	█	█	█	█	█	█		
7º SEMANA								
14. Renderizado	█	█	█	█	█			
15. Limpieza del soporte/ pie						█		
8º SEMANA								
16. Transporte	█							
17. Montaje		█						
18. Conservación preventiva			█					2º MES

Fig. 19 Referente a la programación prevista del proceso de intervención.

## 7. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Tras una correcta intervención sobre la obra, el principal objetivo es, en mayor medida, preservar la integridad de la obra. Las medidas de conservación preventiva se llevan a cabo para cumplir con este propósito, evitando así el posible avance de la degradación, y con ello futuras intervenciones.

Según el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) esta estrategia evita y minimiza el deterioro mediante el seguimiento y control de los riesgos de deterioro que pueden afectar al bien cultural.

La estrategia se basa en los siguientes conceptos:

- Monitorización de parámetros ambientales basada en sensores inalámbricos.
- Análisis de contaminantes atmosféricos.
- Medida de concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles.
- Fotometría, seguimiento de la luz y radiaciones asociadas (UV e IR).
- Termografía infrarroja. (INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA (IPCE) S.F.)

Entre los factores de deterioro de mayor relevancia se encuentran:

-**Temperatura** (la cerámica arqueológica puede mantener un rango de entre 18-25°C).

-**Humedad relativa** (el rango en materiales arqueológicos se encuentra entre el 30-65% con fluctuaciones del <5% en 1 hora) (CASTRO 2022).

-**Iluminación** (idealmente 150 lux, se admiten intervalos desde 50-250 lux).

-**Gases contaminantes** Principalmente, deben eliminarse todos los gases contaminantes.

De esta manera, se asegura un entorno apto para la conservación de la obra. (LEZCANO 2018).

## 7.1. DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN

Respecto a la exhibición de la obra, se valoran diferentes alternativas. Al tratarse de un bien arqueológico, se debe proponer a los propietarios la comunicación del hallazgo a las autoridades, o a la Consejería de Cultura, Turismo y Deportes. Ya que, según la ley de Patrimonio histórico español, todo nuestro patrimonio histórico y arqueológico goza de protección de dominio público. Esta ley, relativamente de reciente creación, dice que por Patrimonio se entiende todo el conjunto de bienes de valor histórico, artístico y científico constituido por bienes muebles e inmuebles. En esta, se han incluido el patrimonio arqueológico, el etnográfico, de interés histórico, paleontológico y documental, museos, jardines y parques con valor histórico o artístico (JEFATURA DEL ESTADO 1985).

Sin embargo, esta fue la primera promulgación de la norma. A partir del siglo XIX, a raíz de los constantes expolios y a la relación del patrimonio arqueológico con la identidad nacional, se incluyeron dentro del demanio ciertos bienes arqueológicos. Pero en ningún caso es defendible que antes de 1985 existiera un ordenamiento jurídico para el dominio público arqueológico (ALONSO 2022). Una vez se ha expuesto el caso, se entiende que la regulación de la normativa ha sido posterior al hallazgo del objeto en cuestión, el cuál sucedió aproximadamente en la década de 1970. Por esto, a pesar de ser un bien de dominio público, según El Código Civil, al ser objeto de mercado y superar los tiempos determinados, se debería valorar la ley de usucapión extraordinaria y de prescripción adquisitiva que dotan al poseedor de la protección jurídica para elevar el título de propietario.

Los requisitos para llevar a cabo la normativa de la usucapión ordinaria son:

- Posesión.
- Buena fe.
- Justo título.
- Por tiempo determinado en la ley.

Sin embargo, otra opción es la usucapión extraordinaria, en la que no se solicitan todos los requisitos mencionados, por lo que se debe exponer y justificar el caso específico (Conceptos Jurídicos s.f.).

En relación con estas leyes, las obligaciones de los propietarios se basan en el adecuado mantenimiento y conservación de la obra, protegiendo la estabilidad del material y la historicidad que determina parte del valor de esta. Siguiendo estas premisas, las opciones de exhibición se ven limitadas a la difusión del patrimonio cultural online, en las que se pueden recrear modelos interactivos con el espectador con la finalidad de analizar los objetos con libertad.

Para llevar a cabo este método, sería necesario comunicarle la propuesta al Museo Nacional de Arqueología Subacuática de Cartagena (ARQVA), el cual cuenta con su propio apartado de “Museo digital” en la página web. En este, los usuarios pueden explorar el museo, las exposiciones y las piezas destacadas a través de una visita virtual desde cualquier lugar como se puede observar en la figura 21 (ARQVA s.f.). En lugar de añadir únicamente la pieza junto con la ficha técnica, se puede seguir la metodología del propio museo, en el que se renderizan las piezas añadiendo iluminación, texturas y detalles para acoplar la pieza al escenario realista basado en la exposición original.

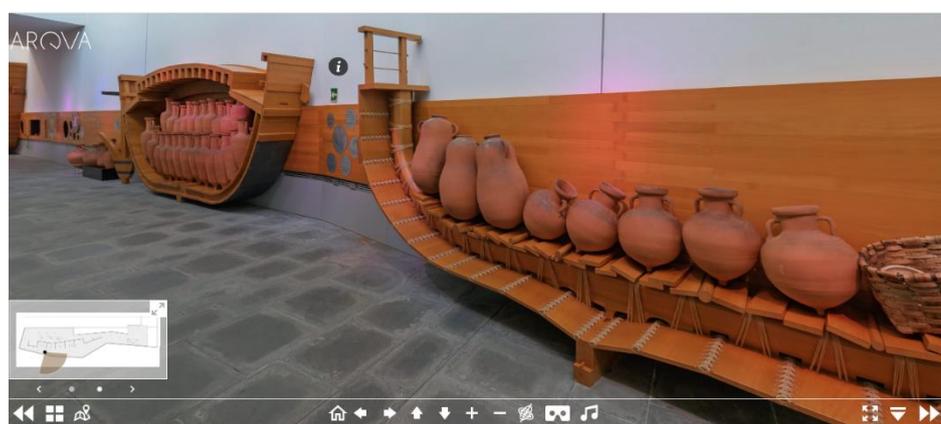


Fig. 20 “Museo digital” de la página web del Museo Nacional de Arqueología Subacuática de Cartagena (ARQVA)

Por otra parte, al tratarse de una pieza ajena al catálogo de obras del museo, se contempla una segunda opción de exhibición virtual a través de la plataforma de Sketchfab. Se trata de un sitio web creado con la finalidad de la visualización multidisciplinar y profesional de un enorme repertorio de modelos 3D. En esta, se crean comunidades de usuarios y entidades que engloban diferentes temas, incluido el patrimonio cultural e histórico (Sketchfab s.f.).

Dentro de este sitio web dedicado a la difusión de contenido 3D, se encuentran galerías virtuales de tal importancia como las pertenecientes al British Museum, al Museo Arqueológico Nacional de España o The Natural History Museum de Londres. (Jullian 2022)

Para realizar la difusión a través de este medio, es necesario crear una cuenta para subir los archivos que se deseen exhibir, teniendo la opción de admitir la disposición para visualización, venta y descarga del contenido, además de interactuar con la comunidad.

## 7.2 EXHIBICIÓN

Por otra parte, respecto a la divulgación de la obra, el interés por las experiencias físicas y tangibles promueve la valoración de una última alternativa basada en la restauración digital de la obra. En relación con el modelo 3D previamente ejecutado, se pretende devolver la legibilidad original de la obra, sin manipulación directa sobre la pieza. Esta opción, se llevaría a cabo bajo términos muy específicos, con la finalidad de no crear una copia, en los que la intencionalidad se defina exclusivamente como educativa y divulgativa. Con una correcta ejecución, esta técnica abarca diferentes ventajas, en cuanto a sostenibilidad, difusión e inclusión. La recreación de obras arqueológicas con este método permitiría la interacción física con el objeto, promoviendo el interés de usuarios de todas las edades y la inclusión de personas en situación de discapacidad visual. Uno de los requisitos para implementar este método en las exposiciones, acompañar a la pieza con una documentación en profundidad que aclare la naturaleza, materiales, antigüedad, tipología e historia del objeto real. Este tipo de métodos novedosos, se deben implementar conscientemente para lograr el resultado esperado. De esta manera, las ventajas en cuanto a protección de la obra original, la difusión y la sostenibilidad se verán reflejadas a largo plazo.

## 8. CONCLUSIONES

A lo largo de este proceso, se ha llevado a cabo una investigación en profundidad de lo que, hasta hace pocos meses, había sido una obra sin relevancia arqueológica ni documentación. Ante esto, se ha plasmado el interés en reconocer la tipología y la contextualización histórica de esta, además de la necesidad de un correcto y detallado diagnóstico del estado de conservación, que determine las patologías activas en la obra.

Este trabajo de final de grado se ha realizado en base a la admiración por los tratamientos de restauración y conservación tradicionales, asociados con el interés por los métodos innovadores, de limpieza y de digitalización, adaptados al patrimonio cultural y a la arqueología. Gracias a esto, se ha podido concebir la propuesta de conservación curativa, adaptada a la pieza *Ánfora romana* basándose en los criterios de puesta en valor y divulgación de la obra.

Tras la documentación específica sobre la civilización del imperio romano, el comercio de la época del Alto Imperio y el análisis tipológico de la pieza, se pudo llevar a cabo la valoración de la obra, en cuanto a estado de conservación y propuestas de intervención.

La etapa de mayor complicación que ha presentado el proceso del trabajo ha sido el análisis tipológico del ánfora, ya que la pérdida de información de los faltantes obstaculiza que las similitudes con otros objetos de esta categoría se encuentren fácilmente. Debido a estas complicaciones algunos tratamientos de restauración, como la reintegración volumétrica, no se deben llevar a cabo para evitar la modificación de la lectura de la pieza original, procurando no realizar deducciones en base a una un falso histórico. Esto conlleva a la decisión de proponer un tratamiento de restauración basado en la mínima intervención y en la conservación curativa de la obra. Este tratamiento se ha basado en la propuesta de un protocolo de limpieza que combina técnicas tradicionales e innovadoras, involucrando alternativas sostenibles como la limpieza con sistemas láser (ODS11, ODS12) (UPV 2022).

La fase práctica, en la que se llevó a cabo la realización del modelado 3D con el software CAD Nx Siemens 10, ha marcado la pauta de mayor repercusión en el

trabajo, permitiendo la proposición de diferentes alternativas de estudio, de análisis y de divulgación de la pieza. Este proceso también ha permitido completar el principal objetivo del trabajo, basado en la puesta en valor de la obra mediante su estudio y difusión.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Estilo Chicago, Sistema autor-fecha.

Alonso, Alejandro Zalama. «Origen de la regulación y situación normativa actual.» *EL DOMINIO PÚBLICO ARQUEOLÓGICO*. Valladolid, 2022.

ARQVA. *Museo Nacional de Arqueología Subacuática*. s.f.  
<https://www.cultura.gob.es/mnarqua/museo-digital.html>.

Bernal-Casasola, Dario. *Ánforas tardorromanas en Hispania. Claves de identificación*. 2020.

Castro, Elvira Aura. «Lección 5. Agentes, Mecanismos y deterioro del material cerámico.» *Taller 3: Conservación y Restauración en Escultura y Arqueología*. Valnevia, 2022.

Chic García, Genaro. «Comercio e intercambio en la Hispania romana (Alto imperio).» *Studia Historica. Historia Antigua 17*. febrero de 2010.  
<https://revistas.usal.es/uno/index.php/0213-2052/article/view/6256>.

Clive Orton, Paul Tyers, Alan Vince. *La Cerámica en Arqueología*. Crítica, s.f.

Conceptos Jurídicos. *Usucapión*. s.f.  
<https://www.conceptosjuridicos.com/usucapion/>.

Cooper, Emmanuel. *Historia de la Cerámica*. Ceac, 1987.

CT Avantek Siemens. *Software NX Siemens*. s.f.  
<https://avantek.es/productos/software-nx-siemens/#:~:text=NX%20es%20la%20soluci%C3%B3n%20para,modelado%203D%20y%20la%20documentaci%C3%B3n>.

Cuesta, Edison Navarrete. «Apuntes de Paleontología.» expositivo, Guayaquil - Ecuador, 2006.

- Denard, Hugh. «LA CARTA DE LONDRES.» *LA CARTA DE LONDRES PARA LA VISUALIZACIÓN COMPUTARIZADA DEL PATRIMONIO*. Alfredo Grande León (Universidad de Sevilla), 2009.
- Dressel, Henrich. «ÁNFORAS DRESSEL.» Balawat, s.f.
- Factum foundation. *FACTUMarte-DIGITALIZACIÓN EN 3D PARA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL*. 2022.  
<https://www.factum-arte.com/pag/706/digitalizacion-en-3d-para-conservacion-del-patrimonio-cultural>.
- Ferreras, Verónica Martínez. *Ánforas Vinarias de Hispania Citerior-Tarraconesis s.I a.C- I d.C*. 2014.
- Fundación Autodesk. *SOFTWARE DE MODELADO 3D*. 2024.  
<https://www.autodesk.com/mx/solutions/3d-modeling-software#:~:text=El%20modelado%203D%20consiste%20en,se%20utiliza%20en%20distintas%20industrias>.
- Fundación Integra Digital. *Foraminíferos*. s.f.  
[https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-30570-DETALLE\\_REPORTAJES](https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-30570-DETALLE_REPORTAJES).
- Gisbert Santoja, Josep Antoni. «Hallazgos arqueológicos submarinos en la costa de Denia.» En *Arqueología Submarina*, de VI Congreso Internacional de Arqueología Submarina. Cartagena, 1982.
- González, Merlyn. «TECNOLOGÍA 3D PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL.» 2021.  
<http://directivoaldia.villaclara.cu/index.php/dad/article/view/199/110>.
- Ibañez, Carmelo Fernández. «Las Sales y su Incidencia en La Conservación de la Cerámica Arqueológica.» En *La Conservación del Material Arqueológico Subacuático*. Monte Buciero, 2003.
- International Scientific Committee for Stone (ISCS). *ICOMOS-ISCS Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*. Glosario ilustrado, COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL, 2010.
- ICOM-CC. «Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible.» *Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible.Español*. New Delhi , 2008.
- ICOMOS. «LOS PRINCIPIOS DE SEVILLA.» *LOS PRINCIPIOS DE SEVILLA*. New Delhi: CIPA Heritage Documentation, 2017. PRINCIPIOS INTERNACIONALES DE LA ARQUEOLOGÍA VIRTUAL.

- Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). «Aspectos Técnicos de la Práctica de la Conservación Preventiva.» *Los laboratorios del IPCE realizan el diagnóstico, tratamiento y prevención de las alteraciones producidas en los bienes culturales por agentes externos, ya sean factores climáticos o antrópicos*. Ministerio de Cultura - Gobierno de España, s.f.
- J. Barrio, I. Donate, M.ª C. Medina, A. I. Pardo, P. Recio, C. Pascual y E. Criado. *La Ciencia y el Arte V Ciencias experimentales y conservación de patrimonio*. SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA, 2015.
- Jefatura del Estado. *Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español*. 19 de 07 de 1985.  
<https://www.boe.es/eli/es/l/1985/06/25/16/con>.
- Jose, Jose A. y. *tarraconensis.com*. 2003.  
<https://www.tarraconensis.com/menu.html>.
- Jullian, Fernanda Matthaei. «Puesta en valor, visualización y recreación 3D de una pieza cerámica precolombina chilena: una aproximación a su estudio y difusión .» Valencia, España, 2022.
- Lezcano, Isabel Silvestre. *PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA LA RESTAURACIÓN DE UNA PIEZA CERÁMICA PROCEDENTE DE LOS FONDOS ARQUEOLÓGICOS DEL SIAM*. Valencia, 2018.
- Magallón, Héctor Arcusa. « LA FOTOGRAMETRÍA COMO ALTERNATIVA AL REGISTRO DE MATERIALES ARQUEOLÓGICOS.» En *ARQUEOMETRÍA Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS*. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón, 2016.
- Pascual, Ricardo. «ALGUNOS ASPECTOS DEL COMERCIO ANTIGUO SEGUN LAS ANFORAS.» 72. s.f.
- Sanson, Nicolas. *Itinerario de Antonio*. 1641.  
[https://oa.upm.es/7253/2/INVE\\_MEM\\_2010\\_78650.pdf](https://oa.upm.es/7253/2/INVE_MEM_2010_78650.pdf).
- Sketchfab. *Sketchfab*. s.f. [https://sketchfab.com/3d-models/categories/cultural-heritage-history?date=week&sort\\_by=-likeCount&cursor=bz00JnA9OA%3D%3D](https://sketchfab.com/3d-models/categories/cultural-heritage-history?date=week&sort_by=-likeCount&cursor=bz00JnA9OA%3D%3D).
- Terrel, Walter Pérez. «Análisis Vectorial.» 2015.  
<https://es.slideshare.net/slideshow/analisis-vectorial-semana-2/48394118>.

UPV. «NORMATIVA DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO Y TRABAJOS DE FIN DE MÁSTER DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.» 2022. <https://www.upv.es/entidades/vecal/normativa-2/>.

Woody, Elsbeth S. *Cerámica a mano*. Ceac, 1987.

## 10. ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 (a-b-c-d) a-b.) Vistas frontales. c.) Vista superior. d.) Plano detalle del faltante en la zona de la boca- Elaboración propia.....	6
Figura 2 Mapa de las principales rutas marinas de comercio romano (Jose 2003) .....	10
Figura 3 Envases para salazón en el bajo imperio (Gisbert Santoja 1982).....	14
Figura 4 Tipología Lusitana (Bernal-Casasola 2020).....	14
Figura 5 Ánforas de tipo Mañá C-2 Y E. (Gisbert Santoja 1982) .....	14
Figura 6 Ánforas púnicas del nivel II. (Ferreras 2014) .....	15
Figura 7 Gráfico referente a las dimensiones de la obra- Elaboración propia.....	15
Figura 8 Catálogo de tipología Dressel. (Dressel s.f.) .....	16
Figura 9 Foraminíferos y fósiles de poliquetos. (Fundación Integra Digital s.f.) .....	21
Figura 10 (a-b-c-d-e) /a-b-c-d.) Vistas laterales. e.) Vista superior- Elaboración propia.....	22
Figura 11 Dibujo arqueológico y escala gráfica- Elaboración propia.....	23
Figura 12 Diagrama del protocolo de limpieza- Elaboración propia .....	29

Figura 13 Portada del artículo La Ciencia y el Arte V-Ciencias experimentales y conservación del patrimonio se propone_(J. Barrio 2015) .....	30
Figura 14 Diagrama del funcionamiento de la resina Amberlite IR 120 H <a href="https://shop-espana.ctseurope.com/1231-1-quimica-e-investigacion-la-solucion-en-el-intercambio-amberlite-ir-120-h">https://shop-espana.ctseurope.com/1231-1-quimica-e-investigacion-la-solucion-en-el-intercambio-amberlite-ir-120-h</a> .....	33
Figura 15 Proceso de modelado 3D en base a fotografías de la pieza- Elaboración propia.....	37
Figura 16 (a-b-c) Vistas laterales del modelo 3D finalizado- Elaboración propia.....	38
Figura 17 (a-b) a.) Vista superior de la figura 3D. b.) Vista inferior de la figura 3D- Elaboración propia.....	39
Figura 18 (a-b) Vistas laterales de la figura 3D finalizada- Elaboración propia.....	39
Figura 19 Referente a la programación prevista del proceso de intervención- Elaboración propia.....	41
Figura 20 “Museo digital” de la página web del Museo Nacional de Arqueología Subacuática de Cartagena (ARQVA s.f.).....	44
Figura 21 Anexo referente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA 2024).....	53
Figura 22 Anexo de contrato de alquiler de sistema Art Laser, CTS (Dpto. Comercial CTS 2024).....	54

# 11. ANEXO



Producción en colaboración con TROUBLESHOOTING COMPANY | [trobleshooting.com](http://trobleshooting.com) | +34 932 504 100  
Para saber más sobre la eficiencia, por favor contacta con nosotros: [info@trobleshooting.com](mailto:info@trobleshooting.com)




**ANEXO I.**  
**RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030**

Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

---

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 2. Hambre cero.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 3. Salud y bienestar.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 4. Educación de calidad.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 5. Igualdad de género.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 10. Reducción de las desigualdades.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 12. Producción y consumo responsables.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 13. Acción por el clima.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ODS 14. Vida submarina.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Descripción de la alineación del TFG/TFM con los ODS con un grado de relación más alto.

1

Fig. 21 Anexo referente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.



**C.T.S. ESPAÑA**  
 Productos y Equipos para la Restauración, S.L.  
 C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos  
 28906 GETAFE (MADRID)  
 Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) – Fax: +34 91 601 03 33  
 https://shop-espana.ctseurope.com – cts.espana@ctsconservation.com



**CONTRATO DE ALQUILER ART LASER N° \_\_\_\_\_**

El abajo firmante \_\_\_\_\_ en nombre y representación de la  
 Empresa \_\_\_\_\_  
 con domicilio en \_\_\_\_\_ Ciudad \_\_\_\_\_  
 Telefono \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_  
 C.I.F. \_\_\_\_\_ Banco \_\_\_\_\_

de acuerdo con las condiciones de alquiler abajo descritas, toma a título de préstamo de uso por la  
 empresa CTS. España S.L. el Equipo Art Laser n° serie LAALS 004.1/\_\_\_\_ con 2 gafas de protección por :

**n° \_\_\_\_\_ Semanas DESDE \_\_\_\_\_ HASTA \_\_\_\_\_**  
**al precio a continuación indicado:**

Semana	Marque con una X	Precio sin IVA
Primera	<input type="checkbox"/>	1.400 Euros
Segunda	<input type="checkbox"/>	1.400 Euros
Tercera	<input type="checkbox"/>	1.300 Euros
Cuarta	<input type="checkbox"/>	1.300 Euros
Quinta	<input type="checkbox"/>	1.200 Euros
Succursias (máx. n°)	<input type="checkbox"/>	1.200 Euros

Por cada semana de alquiler se entiende la utilización del equipo por 2.500.000 de golpes  
 disparados, en caso de que fuese superado el límite de utilización, los golpes suplementarios serán  
 facturados a 70 Euros cada 100.000 golpes efectuados.

(OPCIONAL) A el alquiler se añade el coste de la entrega y retirada del equipo como sigue:

Zonas (Provincias)	ENTREGA	X	RETIRO
ZONA 1: Madrid, Avila, Segovia, Guadalajara, Cuenca y Toledo	180 Euros	<input type="checkbox"/>	90 Euros
ZONA 2: Valladolid, Palencia, León, Zamora, Salamanca, Cáceres, Córdoba, Ciudad Real, Jaén, Albacete, Teruel, Zaragoza, Soria, La Rioja, Valencia y Murcia	300 Euros	<input type="checkbox"/>	150 Euros
ZONA 3: Badajoz, Sevilla, Málaga, Granada, Almería, Murcia, Alicante, Castellón, Tarragona, Lérida, Huesca, Guipúzcoa, Vizcaya, Cantabria, Asturias, León, Orense, Alava y Navarra	420 Euros	<input type="checkbox"/>	210 Euros
ZONA 4: Huelva, Cádiz, Gerona, Barcelona, La Coruña, y Pontevedra	510 Euros	<input type="checkbox"/>	255 Euros

(Precios sin I.V.A.)

Por un total de Euros : \_\_\_\_\_ + IVA

Deposita en concepto de fianza el importe de Euros \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ igual a la mitad del  
 importe total del Alquiler + el coste de la entrega retirada del equipo.

El pago del alquiler restante se hará a la devolución del equipo.  
Eventuales golpes suplementarios serán contabilizados inmediatamente.

Fig. 24 Anexo de contrato de alquiler de sistema Art Laser, CTS.

