

TEXTOS DE DOCTORADO

**HISTORIA, CARACTERIZACIÓN
Y RESTAURACIÓN
DE MORTEROS**

Francisco Javier Alejandro Sánchez

Índice

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

HISTORIA, CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MORTEROS

HISTORIA, CARACTERIZACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MORTEROS

Francisco Javier Alejandro Sánchez



Sevilla, 2019

Colección: Arquitectura, Textos de doctorado

COMITÉ EDITORIAL:

José Beltrán Fortes
(Director de la Editorial Universidad de Sevilla)
Araceli López Serena
(Subdirectora)

Concepción Barrero Rodríguez
Rafael Fernández Chacón
María Gracia García Martín
Ana Ilundáin Larrañeta
María del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado
Manuel Padilla Cruz
Marta Palenque Sánchez
María Eugenia Petit-Breuih Sepúlveda
José-Leonardo Ruiz Sánchez
Antonio Tejedor Cabrera

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla

Composición: Juan Carlos Pérez Juidías

Edición digital de la primera edición impresa de 2002

© Editorial Universidad de Sevilla. 2019

Porvenir, 27 - 41013 Sevilla.
Tlfs.: 954 487 447; 954 487 452
Fax: 954 487 443

<http://www.editorial.us.es>
eus4@us.es

© Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. 2019

© Francisco Javier Alejandro Sánchez. 2019

Edición electrónica: Ulzama Digital

I.S.B.N.: 978-84-472-2181-3

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447221813>

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS MORTEROS	9
1.1. LOS MORTEROS EN LA ANTIGÜEDAD	9
1.1.1. Consideraciones generales	9
1.1.2. Morteros neolíticos: los orígenes de la cal	10
1.1.3. Mesopotamia: los morteros de betún.	12
1.1.4. Morteros egipcios: el dominio del yeso.	13
1.1.5. Morteros griegos: el comienzo de la adición de puzolanas	15
1.1.6. Morteros romanos: el dominio sobre los morteros de cal	17
1.1.7. Morteros bizantinos	20
1.2. LOS MORTEROS EN LA EDAD MEDIA	21
1.2.1. Consideraciones generales	21
1.2.2. Morteros islámicos	22
1.2.3. Morteros prerrománicos	28
1.2.4. Morteros románicos y góticos	29
1.3. LOS MORTEROS EN EL RENACIMIENTO Y BARROCO	
1.3.1. Morteros renacentistas	31
1.3.2. Morteros barrocos	32
1.4. LOS MORTEROS MODERNOS	33
Notas del capítulo 1	36
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA PARA LA RESTAURACIÓN DE MORTEROS ANTIGUOS	39
2.1. CONSIDERACIONES GENERALES	39
2.2. ETAPAS	39
2.2.1. Descripción del edificio. Observación y valoración del estado general	40
2.2.2. Recopilación de información	42
2.2.3. Análisis de la situación y diagnóstico	43
2.2.4. El proyecto de intervención	45
2.2.5. Intervención	45
2.2.6. Mantenimiento	46

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS ANTIGUOS	47
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	47
3.2. DEFINICIÓN Y TIPOS DE MORTEROS	48
3.3. ETAPAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS HISTÓRICOS ...	49
3.3.1. Investigación previa	49
3.3.2. Inspección ocular	49
3.3.3. Toma de muestras	50
3.3.4. Análisis para la caracterización de morteros	51
3.3.5. Interpretación conjunta de resultados	71
3.4. CASO PRÁCTICO: “LOS MORTEROS TRADICIONALES DE ALBERO DE LA COMARCA DE LOS ALCORES (SEVILLA), UN PRIMER PASO HACIA SU CARACTERIZACIÓN”.	72
3.4.1. Introducción	72
3.4.2. El albero	73
3.4.3. La cal procedente del albero	73
3.4.4. Los morteros antiguos de albero	76
3.4.5. Los materiales	76
Notas del capítulo 3	82
CAPÍTULO 4. RESTAURACIÓN DE MORTEROS ANTIGUOS	83
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	83
4.2. SUSTITUCIÓN DE MORTEROS	84
4.2.1. Componentes para la elaboración de morteros. Especificaciones técnicas y normativas. Tipos y nuevos desarrollos para morteros de restauración	85
4.2.2. Propiedades de los morteros para restauración	99
4.2.3. Elaboración, puesta en obra y acabados ornamentales	102
4.2.4. Reparaciones parciales de morteros	118
4.2.5. Conservación de morteros	125
4.2.6. Control de calidad	129
Notas del capítulo 4	132
BIBLIOGRAFÍA	133
ÍNDICE DE FIGURAS	141
ÍNDICE DE TABLAS	145

CAPÍTULO 1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS MORTEROS

1.1. LOS MORTEROS EN LA ANTIGÜEDAD¹

1.1.1. Consideraciones generales

El comienzo de la utilización de los morteros por el hombre es un tema que da origen a una cierta especulación. Uno de los aspectos problemáticos que se debe tener en cuenta a la hora de establecer y datar el origen de los primeros morteros es la invalidez del concepto actual de mortero, que lo define como la mezcla de uno o varios conglomerantes minerales, áridos, agua y a veces adiciones y aditivos (Norma UNE 83-800, 1994). De esta forma podemos suponer que en los primeros morteros, las dos funciones básicas de los materiales que los componen: conglomerante o ligante y árido, no estaban bien delimitadas, pudiendo desarrollarlas una gran variedad de materias, con un mayor o menor grado de aptitud. Un ejemplo de esto último, lo podría constituir el mortero de tierra hallado en la villa neolítica de Çatal Hüyük (Turquía, 6.000 a. J.C.), utilizado para la construcción de paredes, y que era rico en cenizas y restos de huesos. El descubrimiento de sustancias con una mayor capacidad conglomerante como la cal, el yeso y los betunes, muy probablemente daría lugar a su diferenciación como materiales con capacidad cementante frente a otros más inertes, que son los que van a constituir el esqueleto o armazón del mortero.

En cuanto a las funciones constructivas básicas que han desempeñado los morteros en la antigüedad, se puede decir que no han variado substancialmente con respecto a las que presentan en la actualidad. Tenemos, por lo tanto, que los morteros se emplearon como materiales de agarre o unión para la construcción de

los distintos tipos de fábricas, de revestimiento para la protección y decoración de fábricas y de otros elementos, de impermeabilización de ciertos tipos de construcciones, de pavimentación de suelos, etc.

Se puede afirmar sin ningún tipo de duda, que los materiales y las técnicas utilizadas para la elaboración y ejecución de los morteros en la antigüedad, han constituido la base de los empleados hoy en día, teniendo siempre en cuenta la existencia de una discutible mejora en las calidades de los materiales, y de una evolución tecnológica, que ha modernizado el proceso constructivo.

El presente apartado hace un recorrido sobre los materiales, tipos de morteros y usos de los mismos, desde los orígenes neolíticos, hasta los constructores bizantinos del siglo III al XII, incluyendo a las civilizaciones de mayor importancia comprendidas entre ambos periodos (egipcios, griegos, romanos, etc.).

1.1.2. Morteros neolíticos: los orígenes de la cal.

Una de las más antiguas culturas urbanas del Neolítico es Çatal Hüyük (6000 a. J.C.) de Anatolia, en la actual Turquía, donde Mezzaart (1971) comenta que:

“...Cada una de las viviendas de la ciudad estaba provista de dos niveles; el más bajo de los dos estaba dotado de pilares de madera recubiertos con una mezcla de cal pintada de rojo y de igual manera se trataba el piso...”

El mortero utilizado para la construcción de las paredes, como se comentó anteriormente, era de tierra con un color negro y rico en cenizas y restos de huesos, por lo que todavía no disponía de un auténtico conglomerante. Probablemente, este tipo de morteros fabricados a base de materiales arcillosos de gran trabajabilidad y abundancia en la naturaleza, fueron los primeros en ser empleados por el hombre.

Según Álvarez *et al.* (1995): *“el descubrimiento de las propiedades conglomerantes de la cal es un tema de especulación, ya que algunos autores renuncian a datar los primeros morteros de cal, mientras que otros lo sitúan muy al comienzo de la Historia del hombre, cuando este empezó a usar el fuego para calentarse en cuevas de rocas calizas o cuando se preparaba la comida en hogares contruidos de dicho material. La caliza calcinada se apagaba en contacto con la humedad o la lluvia, y el polvo resultante tenía propiedades ligantes de materiales”* (fig. 1). Pero casi con toda seguridad, una de las primeras aplicaciones de la cal apagada fue como pintura de cuevas, bien sola o mezclada con tintes naturales, como se ha referenciado anteriormente que se encontró en las antiquísimas casas de Çatal Hüyük.

Otra de las más antiguas culturas urbanas neolíticas conocidas es la de Jericó, junto a Çatal Hüyük. En ella se encuentra uno de los primeros usos de los morteros de cal en la denominada Máscara de Jericó (fig. 2), una calavera cubierta con



Fig. 1. Fuego transformando las calizas.



Fig. 2. Máscara de Jericó.

un emplasto de cal pulido, que data del año 7000 a. J.C.. Álvarez *et al.* (1995), nos comenta sobre las excavaciones en Jericó, la más antigua ciudad neolítica fortificada conocida, que: “*supusieron una revolución en las ideas que sobre este periodo se tenían. Se han encontrado casas construidas con ladrillos, y con suelos hechos de un mortero de cal con superficies pulidas (llamadas enlucidos o emplastes por los arqueólogos), y a menudo, superficies con una capa de enlucido duro coloreado*”.

El empleo de los morteros de cal para la ejecución de pavimentos debió ser una práctica habitual de las culturas neolíticas, ya que además encontrarlos en Jericó, también se han encontrado en Nevali Çori (Turquía, 10000 al 8000 a. J.C.), en el asentamiento neolítico de Yiftah El (Sur de Galilea, 7000 a. J.C.), y en excavaciones posteriores de viviendas neolíticas, situadas en el Mediterráneo Oriental y en Europa. Este tipo de pavimentos o suelos, estaban generalmente compuestos de una base bien compactada, un pavimento duro de mortero de cal y una superficie cuidadosamente pulida. El autor Wooley (1958), se refiere a éstos como “*los pueblos de los suelos pulimentados*”.

Más cercano a nosotros, en Europa central y septentrional, no se conoce ningún caso de la utilización de morteros de cal. Los constructores prehistóricos se servían de arcilla cruda para el recubrimiento de suelos y paredes (excavaciones de la época de la Tène, del 450 a. J.C.). Si se especula con la utilización de cal en los decorados de los vasos cerámicos hallados en el Noroeste de Auvernier (Álvarez *et al.*, 1995; Gárate, 1993).

Se puede afirmar por último, que no existen datos precisos de la técnica utilizada para la fabricación de la cal, pese a que se han encontrado fragmentos de los revestimientos de los hornos de calcinación, compuestos generalmente de arcilla,

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1. Tipologías de los tapiales musulmanes.

Capítulo 3

Tabla 2. Técnicas analíticas para el estudio de la composición química

Tabla 3. Resumen de los métodos de Jedrzejewska, Frizot, Dupas, Cliver y General

Tabla 4. Composición química de diversos tipos de morteros

Tabla 5. Técnicas para el estudio de la composición mineralógica y textural

Tabla 6. Propiedades físico-mecánicas de interés en la caracterización de morteros antiguos

Tabla 7. Resistencias mecánicas de diferentes morteros empleados en restauración

Tabla 8. Dureza superficial de diferentes morteros empleados en restauración

Tabla 9. Relación entre la calidad de un mortero y su porosidad abierta

Tabla 10. Valores de la porosidad abierta para distintos morteros

Tabla 11. Estimación de la permeabilidad al agua.

Tabla 12. Valores de la permeabilidad para algunos materiales de construcción

Tabla 13. Permeabilidad al vapor de agua de los morteros de cal

Tabla 14. Resultados del análisis químico de los morteros antiguos

Tabla 15. Composición mineralógica de los morteros de cal y albero

Tabla 16. Algunas propiedades físicas y mecánicas de los morteros antiguos de albero

Capítulo 4

Tabla 17. Tipos de cales según la UNE-ENV 459-1

Tabla 18. Propiedades físicas de las cales aéreas según la UNE-ENV 459-1

Tabla 19. Tipos, usos y dosificaciones en peso de estucos según Azconegui et al., 1998

Tabla 20. Granulometrías de las arenas para los morteros según la FL-90, NTE-RPE y NTE-RPR

Tabla 21. Áridos (marmolinas) empleados en el estuco (Azconegui et al., 1998)

Tabla 22. Propiedades de los morteros de cal, cemento y bastardos

Tabla 23. Tipos comerciales y composiciones de la cal

Tabla 23. Tratamientos a seguir para la eliminación de diferentes tipos de manchas

Este libro se terminó de imprimir
el día 17 de diciembre de 2002
festividad de San Lázaro
en los talleres gráficos
de Pedro Cid, s. A.