

“ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA POROSIDAD EN MORTEROS PARA LA RESTAURACIÓN ARQUITECTÓNICA”.

R. Prado Govea¹, M. Louis Cereceda¹, Y. Spairani Berrio¹.

(1) Universidad de Alicante, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Campus de Sant Vicent del Raspeig, Ap.99 E-03080 Alacant (Alicante), España.

Email: raul.prado@ua.es

RESUMEN

Con el fin de establecer la composición y características de un mortero de enlucido y su mejor comportamiento frente al agua, se ha realizado este trabajo, que consiste en la comparación de distintos tipos de morteros en los que se fija el tipo de arena y la dosificación, variando el conglomerante y la adición o no de un producto porógeno, cuyo efecto debe ser modificar la trama de poros del mortero y con ello su comportamiento al agua.

El presente escrito expone los resultados obtenidos en laboratorio tanto del estudio de la trama porosa de los morteros como de su comportamiento a distintas acciones en las que interviene el agua, de forma que se pueden establecer relaciones entre ambos aspectos.

Con los datos obtenidos podemos deducir que tipo de mortero puede ser más adecuado para sustituir revestimientos alterados por el agua en edificios históricos.

Palabras claves: mortero, restauración, porosidad.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la porosidad y la accesibilidad del agua son características muy relacionadas con los procesos de alteración y durabilidad de los materiales de construcción¹, problema que afecta tanto a la arquitectura histórica como a la moderna.

Esto es todavía más destacable en los morteros como materiales compuestos en los que su calidad depende del mantenimiento en servicio de sus características de adherencia entre el conglomerante y el agregado. Estas son gravemente alteradas por acción del agua, especialmente si transporta sales solubles.

En los casos de obras de restauración arquitectónica en las que se tienen que reponer los morteros de revestimiento, las causas son una serie de circunstancias que han provocado su deterioro y,

aunque algunas pueden ser intrínsecas al material por una mala elección de sus componentes, lo más frecuente es que sean causas externas y tengan relación con el agua y las sales².

Por ello parece importante buscar morteros que, incluyendo algún tipo de aditivo, puedan resistir mejor la acción de estos agentes agresivos³.

En este trabajo se han fabricado diferentes tipos de morteros con y sin aditivos, elaborando diversas probetas y empleando distintas técnicas de acuerdo a las normas RILEM⁴ para determinar la porosidad, tanto en valor absoluto como en los distintos rangos de los poros, calculando la distribución por tamaños de los mismos y el tipo. Para ello se ha empleado fundamentalmente la porosimetría de mercurio.

En cuanto a las propiedades hídricas se han obtenido datos sobre la absorción al agua a baja presión y al vacío, absorción por gotas, succión capilar, conductividad al vapor de agua y curva de evaporación. Esto permite hacer comparaciones con situaciones reales ya que el agua penetra por los poros sin presión o con ella cuando coincide la lluvia con vientos fuertes y también por succión, al depositarse en los paramentos o desde el terreno.

Posteriormente se han establecido relaciones entre ambos grupos de características para comprobar la influencia de los grados y tipos de porosidad en la accesibilidad o evaporación del agua.

El empleo del aditivo, de los denominados porógenos, modifica sustancialmente estas características, por lo que se ha comprobado el efecto del mismo y su influencia en los procesos de alteración por agua.

Con los resultados obtenidos podemos definir las características que debe reunir un mortero cuyo comportamiento hídrico sea el óptimo y con ello el más adecuado para emplear como revestimiento, especialmente en la restauración arquitectónica.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En este trabajo se han caracterizado diversos tipos de morteros de uso corriente en restauración con el fin de determinar su comportamiento hídrico y el grado y tipo de porosidad. Se han empleado una cal aérea, un cemento blanco V22,5 y una mezcla de ambos. También se ha utilizado un aditivo porógeno que, añadido a los morteros, permite la transpirabilidad de las fábricas y la eliminación de la humedad. Estos últimos se denominan morteros de saneamiento o desecadores. Para obtener con los aditivos un producto de calidad uniforme, las condiciones deben ser siempre las mismas. Es decir que la calidad y la composición granulométrica de la arena, el tipo de aglomerante y el reparto del aditivo son criterios decisivos para lograr un buen resultado.

El comportamiento al agua tiene un especial interés, tanto en estado líquido como en vapor⁵, puesto que se trata de conseguir un mortero cuya trama porosa sea mayor, por lo que suele absorber más agua en condiciones normales de presión, pero su red de capilares es menor, al no estar los poros interconectados, lo que favorece la evaporación y reduce la succión.

La selección de la arena se ha realizado en función de su composición y granulometría, ya que no debe ser gruesa ni contener excesivos finos. La dosificación empleada ha sido la clásica que ya

señalaba Vitruvio para los morteros de cal y que se aconsejan para los morteros de restauración, considerándose las proporciones en peso en la relación 1:3 conglomerante-arena^{6,7}.

Para la elaboración de las probetas se ha tenido en cuenta la propuesta metodológica del ICCROM, confeccionando diversos formatos según el tipo de ensayo, que se han realizado según las normas RILEM de la Comisión 25-PEM (protección y erosión de monumentos, 1980) salvo en aquellos que no estuvieran normalizados. Dichos ensayos han sido los siguientes:

Relacionados con la Porosidad y el agua: Porosidad Accesible al agua. Ens. nº I.1, Coeficiente de Saturación. Ens. nº II.1, Absorción de Agua (a Baja Presión). Ens. nº II.4, Absorción por gotas. Ens. nº II.8^a. Coeficiente de Absorción de Agua (Capilaridad). Ens. nº II.6. Distribución de Tamaños de Poros (Porosimetría de Mercurio). Ens. nº I.5.

Relacionados con el vapor de agua: Coeficiente de Conductividad al Vapor. Ens. nº II.2, Curva de Evaporación. Ens. nº II.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla 1 y Fig. 4**, se exponen los resultados obtenidos en el porosímetro de mercurio con tres morteros convencionales y tres aditivados.

La **Tabla 2** refleja los resultados de los diferentes ensayos en cuanto a la comprobación de las propiedades hídricas para los mismos morteros.

Tabla 1

Tipo de mortero	CA	CA+A	Cto	Cto+A	CA+Cto	CA+Cto+A
Porosidad Intrusión Mercurio (%) .	30,9	35,1	28,6	31,8	31,2	34,1
Macroporosidad (200 a 5 µm) (%) .	2,3	2,9	0,2	1,2	2,0	2,8
Microporosidad (5 a 0,006 µm) (%) .	28	32,8	28,4	30,6	32,2	33,3
Superficie específica (m²/g) .	2,8	2,9	9,91	13,35	6,32	9,42
Tamaño medio de poros (µm) .	0,29	0,21	0,06	0,05	0,12	0,08

Tabla 2

Tipo de mortero	CA	CA+A	Cto	Cto+A	CA+Cto	CA+Cto+A
Absorción al agua (%)	17,18	18,37	14,20	16,48	17,52	19,14
Abs. agua baja presión (mm/seg)	0.090	0.018	0.012	0.004	0.040	0.012
Absorción de agua por gotas (seg).	107	165	274	925	205	330
Capilaridad (Kg/m ² .s ^{0.5}).	0.149	0.137	0.030	0.024	0.133	0.109
Conductividad al vapor de agua(Kg/m ² .s).	3	8	6	7	4	8
Cfte. de evaporación (%)	60	80	30	50	35	45

CA: Cal Aérea; **CA+A:** Cal Aérea+Aditivo; **Cto:** Cemento Blanco; **Cto+A:** Cto+Aditivo; **CA+Cto:** Cal Aérea+Cemento; **CA+Cto+A:** Cal Aérea+Cto+Aditivo.

La porosidad accesible, tanto al agua como al mercurio aumenta en los morteros aditivados, aunque se modifica de forma irregular y en bajo porcentaje, pudiéndose interpretar que, si bien se produce un aumento de la porosidad, esta no forma red capilar^{8,9}. El hecho de producirse una saturación inferior así como una reducción importante de la succión capilar, indica la poca conectividad de los poros, observada también en el M.E.B (figuras 1, 2 y 3).

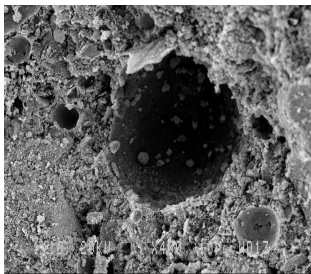


Fig 1 CA +A

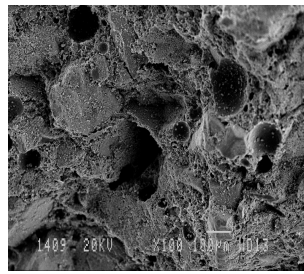


Fig 2 Cto +A

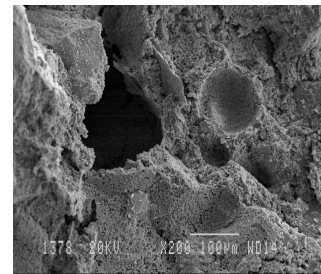


Fig 3 CA+Cto+A

Por lo tanto podemos deducir que el aditivo incrementa el porcentaje de porosidad pero al ser poros de bajo rango y no conectados, el aumento de la absorción de agua es poco importante y la succión capilar se reduce de forma importante.

En efecto, la absorción al agua no tiene grandes diferencias entre los tres tipos de mortero (varía entre el 14,2 y el 17,18) incrementándose ligeramente con el aditivo. Esto es normal puesto que también se incrementa la porosidad total siendo esta la finalidad del producto. Es mucho más importante la diferencia entre las distintas probetas al referirnos a la absorción a baja presión (entre 4 y 5 veces), que se asemeja más a una situación real con viento y lluvia combinados y que además se reduce notablemente en las muestras aditivadas (Tabla 2).

El que la absorción de agua a baja presión o por gotas sea muy inferior en dichas muestras, es debido al efecto hidrorrepelente que tienen estos productos. También se reduce notablemente la absorción de agua por gotas sin presión, especialmente en el mortero de cemento, con lo que se puede asegurar el efecto hidrófugo que produce el aditivo, aunque inferior al de productos específicos.

Cuando el tamaño medio de los poros es bajo (entre 0,06 y 0,05 micras), como en los morteros de cemento, se reduce más la absorción de agua, especialmente si es a baja presión, aumentando considerablemente el tiempo de absorción por gotas. La succión capilar es así, mucho más reducida, aunque esto debe responder a la menor conectividad entre los poros, aspecto corroborado por los resultados de los análisis por Porosimetría de Hg, ver **Fig. 4**.

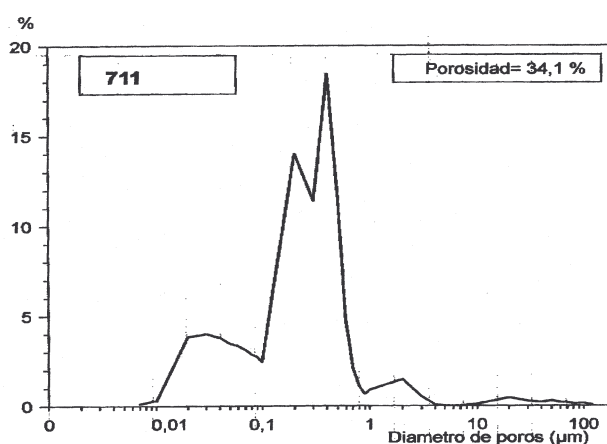


Fig 4. Resultados del análisis de Porosimetría de Mercurio. Mortero de Cemento BL V22,5

Para tamaños mayores de poros aumenta algo la absorción al agua pero si es a baja presión el incremento es muy superior (unas 4 veces), siendo todavía mayores la absorción por gotas y la capilaridad (del orden de 5 veces).

En el comportamiento ante el vapor se evidencia la mayor permeabilidad de la cal aérea sobre el resto de conglomerantes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se deduce que los morteros de cal aérea y especialmente los de cal aérea-cemento aditivados, son los más apropiados para aplicaciones como enlucidos de saneamiento en la restauración arquitectónica, ya que su comportamiento hídrico y su trama porosa permiten una mayor durabilidad de las fábricas de piedra por proporcionarle una mayor transpirabilidad. La proporción más adecuada debe estar entre las mezclas de cal pura y la de cal-cemento 1:1 utilizadas, ya que mayores proporciones de cemento darán morteros más impermeables y con riesgo de retracción. No obstante, podría ser interesante aumentar la proporción de cal aérea trabajando con diversas dosificaciones hasta alcanzar la más adecuada para estas aplicaciones.

REFERENCIAS

1. Lazzarini L. and Laurenzi m. (1986). "Il restauro della pietra". Cedam. Padova, pp. 307. Rhodes (1999).
2. Louis M., Spariani Y. and Chinchón S., Study of treatments for the elimination of soluble salts and dampness in the repair of coating stone buildings. 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean., , p.p. 177-191. Rhodes, Greece (1997).
3. Luxán M. P., Sotolongo R. and Dorrego F., Estudios preliminares sobre morteros de cal hidrofugados para restauración y rehabilitación de edificaciones antiguas. Restoration of buildings and Architectural Heritage, , p.p. 320, CEDEX-MOPTMA, Granada (1996).
4. RILEM. Commission 25-PEM. Protection et érosion des Monuments. Recommandations provisoires. Matériaux et Constructions. Vol 13, 1980, pp. 175-252.
5. Quénard D. and Sallée H., Le transfert isotherme de la vapeur d'eau condensable dans les matériaux microporeux du bâtiment, Cahiers du CSTB, Paris (1991).
6. Waldum, A.M., Mortars for restoration of historic buildings, 2nd International Eurolime meeting, Copenhagen (1993).
7. Louis, M., Prado, R., Spairani, Y. and García, E., Characterisation of Mortars for Architectural Restoration, 5th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin., p.p. 245-247. Sevilla, Spain (2000).
8. Prado, R., Louis, M.,, Spairani, Y. and García, E., Study of morphology of the pore restoration mortars by SEM. Proceeding of the 8th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, pp 459-463. Athens, Greece (2001).
9. Louis M., Alonso J., Alonso L. and Galvañ V., Geographic, climatic and environmental factors which influence the mechanism of weathering of stone used in the main Monuments of the city of Alicante-Spain. European Symposium Science, Technology and European Cultural Heritage. Commission of the European Communities, Oxford, 1991, p.p. 388-392.