

## METODOLOGÍA SISTEMÁTICA DE ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS EN MORTEROS

Mercedes Borreguero, Fco. Javier Alejandro, Vicente Flóres-Alés, Juan Jesús Martín-Del-Río

*Dpto. Construcciones Arquitectónicas II, Universidad de Sevilla, Sevilla, España*

**Autor de contacto:** Mercedes Borreguero. merborcid@alum.us.es

### RESUMEN

*En la actualidad, existe una clara necesidad de implantar metodologías que contribuyan a facilitar la comunicación entre los profesionales de diferentes campos del conocimiento implicados en el ámbito de las patologías en construcción, para disminuir la subjetividad inherente a cada profesional a la hora de tomar decisiones con respecto a la aplicación de técnicas analíticas que permitan identificar el problema que se ha producido. Con este trabajo se busca aprovechar las sinergias existentes entre los agentes implicados en el proceso constructivo con conocimientos transversales en el campo del análisis, conservación, reparación y restauración en su caso, cuya finalidad sería la de obtener mayor número de datos de entrada y, por tanto, enriquecer los contenidos y las conclusiones previas a la fase de intervención propiamente dicha, desarrollando una metodología para la selección de técnicas analíticas y/o ensayos aplicables a una patología en cada caso concreto.*

*El presente trabajo de investigación, el cual se encuentra en fase inicial, tiene como objetivo final desarrollar una propuesta metodológica que sirva de guía a los profesionales implicados en el proceso constructivo, a la hora de seleccionar las técnicas de análisis y/o ensayos más adecuados de análisis para el estudio de las distintas patologías que pudieran aparecer en los diferentes tipos de morteros y para cada caso concreto.*

*La investigación se inicia llevando a cabo una recopilación de todas las patologías posibles, ya sean comunes o de escasa incidencia, en todo tipo de morteros y aplicaciones constructivas. Esto se hará en base al análisis bibliográfico, consultas a laboratorios especializados y a datos estadísticos, así como a diversos grupos de investigación especializados en la materia.*

*Una vez estudiadas y clasificadas todas las patologías en función de la tipología de mortero y su función constructiva, se establecerán para cada una de ellas las técnicas posibles de análisis que permitan establecer la causa u origen más probable de la lesión en cuestión.*

*El paso final será desarrollar una propuesta metodológica que será validada mediante la aplicación del método Delphi de manera que permita establecer el grado de idoneidad de las diferentes técnicas de análisis para cada patología, pudiendo seleccionar las más apropiada en función de su adecuación al problema y a la casuística que lo acompaña.*

*Este método de pronóstico consiste en una consulta a un grupo de expertos en forma individual por medio de la interacción sucesiva de un cuestionario apoyado por los resultados promedio de la ronda anterior con el fin de generar convergencia de opiniones de manera que se comprobaría, verificando o modificando la hipótesis planteada en la metodología propuesta.*

**PALABRAS CLAVE:** patologías, morteros, metodología, análisis, consulta a expertos, método Delphi.

## 1. INTRODUCCIÓN

Existe una necesidad de poner en práctica procedimientos que contribuyan a facilitar la comunicación entre los profesionales de diferentes campos del conocimiento implicados en el ámbito de las patologías en construcción, para de esa forma disminuir la subjetividad inherente a cada profesional. De lo que se trata es de aprovechar las sinergias existentes entre los diferentes equipos participantes, con conocimientos transversales en el campo del análisis, conservación, reparación y restauración en su caso, con la finalidad de obtener mayor número de datos de entrada y, por tanto, enriquecer los contenidos y las conclusiones previas a la fase de intervención propiamente dicha (Lombillo, et al., 2007).

Tras llevar a cabo un primera revisión bibliográfica sobre clasificaciones de morteros, patologías, así como técnicas de análisis de las mismas, se puede comprobar que, aunque existe bibliografía de patologías concretas, recopilatorios de técnicas de análisis para caracterización de morteros, tratados sobre morteros en construcciones antiguas, etc., no se ha podido encontrar una metodología que ayude al técnico a la hora de seleccionar la técnica más apropiada para el estudio de las patologías en cuestión en una determinada situación.

El mortero se define como el material obtenido por la mezcla de un conglomerante, arena y, a veces, aditivos. (AENOR, Norma UNE-EN 998:2003). En la actualidad los más comunes son los morteros de cemento utilizados para obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de paredes, etc.

La evolución de las diferentes tecnologías ha originado cambios importantes en los componentes, fabricación, características y aplicaciones de los morteros. La tendencia actual en Europa está dirigida hacia la implantación de los morteros secos homogeneizados que, por su calidad, limpieza y garantía, ofreciendo una amplia gama de aplicaciones y ventajas. De igual manera, el progreso de la industria química ha influido en la composición de los morteros, entre los que se encuentran los polímeros y derivados de estos, entran a formar parte de los mismos para mejorar muchas de sus cualidades o proporcionarles otras no previsibles hasta ahora (Olivares et al., 2001) (Ramachandran, 1984).

Toda esta nueva evolución tecnología en el mercado de la construcción no ha venido sola, sino que se ha visto acompañada de una importante evolución en el estudio de nuevas normativas, nuevas aplicaciones y nuevas patologías (Martin del Río, 2004).

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación que se está desarrollando, es el de establecer una propuesta metodológica que sirva de guía a los profesionales implicados en el proceso constructivo, a la hora de seleccionar las técnicas más adecuadas de análisis para el estudio de las distintas patologías que pudieran aparecer en los diferentes tipos y usos de mortero.

Pretende ser referencia para aquel agente implicado que tenga que investigar y resolver una patología y, sin necesidad de tener conocimientos exhaustivos de técnicas analíticas o ensayos, obtenga la información suficiente sobre cuáles son las más idóneas a aplicar en su caso en cuestión de una forma lo más objetiva posible.

Ello supone facilitar el diagnóstico real y objetivo de la lesión por parte de los distintos agentes implicados en el proceso constructivo, así como ser más coherentes a la hora de aplicar las distintas técnicas y ensayos, pudiendo ser por ello más eficientes, dotando al proceso de selección de ensayos de mayor objetividad.



*Figura 1. Desprendimiento de mortero de revestimiento por inadecuado curado.*

## 3. PROPUESTA METODOLOGÍA

La propuesta metodológica que se está desarrollando en la presente investigación, se puede dividir en las siguientes etapas:

### 3.1. Estudio de las diferentes clasificaciones de morteros

Se ha realizado una recopilación exhaustiva, mediante búsqueda bibliográfica, de diferentes clasificaciones de mortero y los criterios en los que se basan para establecer las mismas.

Las principales fuentes de información sobre clasificaciones de mortero suele ser normativa UNE, por ejemplo, podemos encontrar clasificaciones basadas en distintos criterios en las normas *UNE 41807: Reparación de revocos de mortero*, *UNE EN 998-1: 201. Especificaciones de los morteros para albañilería* y *UNE EN 998-2: 2010. Morteros para albañilería*.

Se pueden encontrar clasificaciones de morteros comerciales realizadas por cada fabricante de los mismo. El criterio fundamental en el que se basan estas clasificaciones suele ser el uso o puesta en obra de los morteros, no obstante, cada fabricante emplea su propia terminología.

Hay autores, como Bustillo Revuelta, en su libro "Hormigones y Morteros", 2008, que establece tres clasificaciones de mortero: según el concepto, según sus propiedades y clasificación y según el sistema de clasificación.

### 3.2. Recopilación de patologías

Una vez establecida la clasificación de morteros, se ha llevado a cabo una búsqueda exhaustiva de patologías para los distintos tipos de mortero definidos según la clasificación.

Para desarrollar esta búsqueda, se ha recurrido a distintas fuentes: artículos en revistas, libros, estadísticas de laboratorios de materiales, estadísticas de compañías aseguradoras y fabricantes de mortero.

En función del volumen de datos obtenidos así como representatividad de los mismos según las estadísticas, se han seleccionado, a priori, las patologías a incluir en la presente investigación. No obstante, es un elemento abierto, sujeto a posibles ampliaciones.

### 3.3. Evaluación de las técnicas de análisis para cada patología

Una vez seleccionadas las patologías objeto del estudio, se hará una enumeración lo más exhaustiva posible de las técnicas analíticas y ensayos que serían de aplicación a cada caso, así como la información que nos proporcionaría cada uno de ellos.

Para cada patología se enumerarán los ensayos físicos, químicos, lugar de ensayos, toma de muestras posibles, técnicas instrumentales, etc., aplicables así como la información a obtener en cada caso.

Esta información se obtendrá de grupos de investigación referentes en materias de patologías, laboratorios de materiales de construcción que lleven a cabo este tipo de análisis y expertos en peritaje.

### 3.4. Determinación de la aplicabilidad e idoneidad "técnica-patología"

En función del tipo de patología (fisuras, eflorescencias, desprendimientos, manchas, etc.), se realizará un análisis exhaustivo de factores que pueden influir en el estudio de las mismas. Estos factores podrían ser:

- Antecedentes: sería conveniente llevar a cabo un estudio documental previo a la intervención en el que se analizara al menos las características de la obra, tipología y antigüedad de la misma, intervenciones acaecidas, etc.
- Económicos: uno de los aspectos fundamentales a evaluar en cada caso, son los medios económicos disponibles de todos los agentes implicados así como la accesibilidad o disponibilidad de técnicas de análisis.
- Información suministrada por la técnica o ensayo.
- Agentes implicados: para cada caso, se hará un análisis de todos los agentes implicados en la obra, clientes, dirección facultativa, constructora, promotor, laboratorios de control, etc. También es conveniente obtener información acerca de posibles causas, así como otras circunstancias de la obra que hubieran podido dar origen a la patología en cuestión.
- Grado de conservación deseado: este aspecto es relevante a la hora de determinar las técnicas analíticas a seleccionar en función de la localización de la patología. Ello condicionará la tipología de análisis o ensayos más conveniente: análisis in situ, en laboratorio, destructivos, no destructivos, etc.
- Tipos de materiales y sistemas constructivos: previo a la decisión y en cada caso se analizará el proyecto de la obra en cuestión, en el que se estudiarán los materiales empleados, sistemas constructivos y características de la obra. Se requerirán libro de órdenes, actas de reunión, etc. en los casos en los que hubiera habido modificaciones de proyecto con el objeto de analizar los cambios producidos.

Tabla 1. Factores que influyen en selección de técnicas

Patologías	Factores	Técnicas	Técnicas idóneas en cada caso
Fisuras	Antecedentes	Destructivos	
Eflorescencias	Económicos	No destructivos	
Desprendimiento	Agentes implicados	In situ	
Biodegradación	Información suministrada por la técnica o ensayo	Laboratorio	
Manchas	Grado de conservación deseado	Instrumentales	
Abultamientos	Tipos de materiales y sistemas constructivos	Físico-químicos	

Una vez analizados en cada patología a estudiar todos los aspectos anteriormente expuestos, se hará una enumeración con todas las técnicas analíticas y ensayos posibles que podrían ser de aplicación a cada caso en cuestión.

### 3.5. Validación mediante consulta a expertos. Aplicación del Método Delphi

El paso final será desarrollar una propuesta metodológica que será validada mediante la aplicación del método Delphi de manera que permita establecer el grado de idoneidad de las diferentes técnicas de análisis para cada patología, pudiéndose seleccionar las más apropiada en función de su adecuación al problema y a la casuística que lo acompaña. Este método de pronóstico consiste en una consulta a un grupo de expertos en forma individual por medio de la interacción sucesiva de un cuestionario apoyado por los resultados promedio de la ronda anterior con el fin de generar convergencia de opiniones de manera que se comprobaría, verificando o modificando la hipótesis planteada en la metodología propuesta

## 4. RESULTADOS

Después de estudiar la información suministrada mediante comunicación directa con fabricantes de mortero, aseguradoras, grupos de investigación y laboratorios de materiales, se muestran en la Tabla 2 los tipos de morteros que sufren mayor porcentaje de patologías.

Tabla 2. Porcentaje de patologías en función del tipo de mortero.

TIPOLOGÍA DE MORTERO	PATOLOGÍAS
Morteros cola adhesivos	66.66%
Morteros reparación	17.73%
Morteros de revestimientos de fachadas	52.48%
Morteros para pavimentos de suelo	12.06%

Como se puede observar en los datos de la Tabla 2, en los morteros cola se da un número mayor de patologías,

seguido por los morteros de revestimientos, siendo en ambos casos más significativo que en el resto.

Dentro de esos porcentajes de la Tabla 2 destacan como patologías más comunes a todos los tipos de mortero: las fisuras, eflorescencias, falta de adherencia, estriado vermicular, contaminación biológica y manchas.

Entre las posibles causas más frecuentes que originan estas patologías, se encuentran las intrínsecas al mortero: defecto en fabricación, formulación y/o dosificación errónea, defectos de envasado y materias primas no idóneas (arenas, conglomerantes, aditivos) y las extrínsecas al mismo: selección no adecuada del mortero, mala ejecución (como causas mayoritarias), acciones mecánicas producidas por otros elementos, interacciones con otros materiales de construcción y agentes contaminantes externos.

De la búsqueda bibliográfica de las técnicas de análisis y ensayos para caracterizar los morteros, a priori se podría decir que las más empleadas son el análisis químico básico y DRX fundamentalmente, no obstante, la información aportada por las mismas no es suficiente y por ello también son frecuentes el análisis mineralógico, microscopía óptica, electrónica y petrográfica, determinación de propiedades físicas, determinación de propiedades hídricas, determinación de propiedades mecánicas y determinación de la granulometría.

## 5. CONCLUSIONES

Concluida la revisión del estado del arte se podría afirmar la escasa información disponible sobre los criterios de selección de unas técnicas de análisis frente a otras, no existiendo ninguna propuesta metodológica ni procedimiento genéricamente aceptado para la evaluación de daños y causas que los originan en morteros. Ello da lugar a una selección subjetiva y sujeta a criterios particulares de ensayos y técnicas instrumentales lo cual no facilita la interpretación y comparación de resultados.

En segundo lugar, una vez llevada a cabo la fase de recopilación de datos de las patologías en función de los tipos de morteros así como las causas que las originan, a las aseguradoras, laboratorios de materiales, grupos de investigación y expertos en peritaje, se podría concluir que existe mucha heterogeneidad en los datos relativos a porcentajes de incidencias de patologías y, fundamentalmente, en las causas de las mismas, estableciéndose una tabla de valores generales básicos, conforme se ha expuesto en la Tabla 2, de manera que se puede hacer una focalización inicial del trabajo metodológico basada en los datos existentes sobre determinados morteros o tipos de mortero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, J. I. (1997) Tratamiento de revestimientos continuos de mortero de cal enfoscados, revocos y estucos". Revista de Edificación, 25: 52-58.
- Álvarez Galindo, J.I., Martín Pérez, A., García Casado, P.J. (1995) Historia de los Morteros, Boletín Informativo del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, nº 13. Consejería de Cultura de Andalucía. Sevilla, 52-59.
- ANFAPA, (2008) Morteros Monocapa. Revestimientos Continuos. Criterios de proyecto y puesta en obra.
- Bustillo Revuelta, M., (2008) "Hormigones y Morteros"
- Corroto, M., Sabador, E., Medina, C., Frías, M., Sánchez de Rojas, M. (2012) Reparación de revocos de morteros. Informes de la Construcción, vol. 64.
- Dipayan, J. (2005) Application of Petrography in Restoration of Historic Masonry Structures. Proceeding of the 10th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials. Paisley, Scotland.
- Elsen, J. (2005) Microscopy of historic mortars-review. Cement and Concrete Research.
- Flores-Colen, I., de Brito, J, de Freitas, V. (2008) Stades in facades rendering- Diagnosis and maintenance techniques classification". Construction and Building Materials.
- Fort González, R., Perez-Monserrat, E. (2012) La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio. Ed. Programa de geomateriales (Comunidad de Madrid y Fondo Social Europeo).
- Guillén Salmerón, J.L.  
[https://www.asemas.es/portal/web/informacion\\_tecnica/fichas\\_prevencion.asp](https://www.asemas.es/portal/web/informacion_tecnica/fichas_prevencion.asp) [Acceso el 2 de febrero de 2015]
- Iglesias Martínez, M<sup>a</sup>. C. (1996) Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid, Eds. A. de las Casas, S. Huerta, E. Rabasa, Madrid: I. Juan de Herrera, CEHOPU.
- Joisel, A. (1975) Fisuras y grietas en morteros y hormigones. Ed. Técnicos Asociados. Barcelona
- Lombillo, I., Villegas, L. (2007) Metodología para el análisis de las estructuras de fábrica del patrimonio construido. 2as. Jornadas Internacionales sobre Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND). Santander.
- Martín del Río, J. J. (2004) Estudio del comportamiento durable de pastas y morteros de cemento en ambientes agresivos. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- Menéndez Méndez, E. (2010) Análisis del hormigón en estructuras afectadas por reacción árido-álcali ataque por sulfatos y ciclos de hielo-deshielo. IECA. Instituto Español del cemento y sus aplicaciones.
- Middendorf, B., Hughes, J. J., Callebaut, K., Baronio, G., Papayianni, I. (2005) RILEM TC 167-COM: Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair. Materials and Structures.
- Monjo Carrió, J. (1992) Chequeo Constructivo de fachadas de Madrid/España II. Revista Informes de la Construcción, Vol. 43 n.º 418.
- Olivares Santiago, M., Galán Marín, C., Roa Fernández, J. (2001) IX jornadas sobre Otros Hormigones: Los Morteros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Sevilla.
- Ontiveros Ortega, E. (2001) Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: morteros empleados en construcciones históricas. Formulación y características-1ª parte. Revista IAPH 34. Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico.
- Pérez. A. (n.d).  
[http://www.fical.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58:tipos-de-morteros&catid=42:clasificacion&Itemid=27](http://www.fical.org/index.php?option=com_content&view=article&id=58:tipos-de-morteros&catid=42:clasificacion&Itemid=27)  
[Acceso el 12 de enero de 2015].
- Ramachandran, V.S. (1984) Concrete Admixtures Handbook, Properties, Science, and Technology. USA.
- Rodríguez García, M.R., Pereda Marín, J., Polo Velasco, J., Barrios Sevilla, J., (1994) Estudio de adherencia piedra-mortero. Materiales de Construcción, Vol. 44, nº 234.
- Silvestre, J., de Brito, J. (2007) Technical Note: Statistical analysis of defects of tiles' joints. Materiales de Construcción. Vol. 57, nº 285, 85-92.
- Silvestre, J.D., de Brito, J. (2010) Inspection and repair of ceramic tiling within a building management system. J Mater Civ Eng; 22 (1): 39-48.
- Silvestre, J.D., de Brito, J. (2010) Ceramic tiling in building façades: inspection and pathological characterization using an expert system. Construction and Building Materials.
- UNE 41805-2 IN Diagnóstico de edificios – Parte 2 - Estudios históricos.

UNE 41805-10 IN Diagnóstico de edificios – Parte 10 - Estudio patológico del edificio - Fachadas no estructurales.

UNE 41807 IN Reparación de revocos de morteros

UNE EN 998-1 Especificaciones de los morteros de albañilería. Parte 1: Morteros para revocos y enlucidos.

UNE EN 998-2. Especificaciones de los morteros de albañilería. Parte 2: Morteros para albañilería.

Veiga, M., Aguiar, J., Silva, A., Carvalho, F. (2001) Methodologies for Characterisation and Repair of Mortars of Ancient Buildings. Historical Constructions, Research Project.