

MORTEROS DE REPOSICIÓN

SU ROL EN LA CONSERVACIÓN

Parte I

En los edificios de alto valor histórico-cultural, los morteros de reposición, deben atender a los diferentes usos y funciones que, en cada caso, definen su formulación.

Por Fernando M. A. Henriques; A. Elena Charola; Vasco M. Rato; Paulina F. Rodrigues*

Resumen

Los morteros de reposición cumplen una importante función para conservar edificios de alto valor histórico-cultural. La formulación de estos morteros debe basarse en su función en el edificio: morteros de juntas, morteros de revoques o morteros de inyección. Para poder definir las formulaciones es imprescindible caracterizar el material sobre el cual se ha de aplicar el mortero: su porosidad, resistencia mecánica, etc. Sólo entonces se podrán definir formulaciones que deberán ser evaluadas por ensayos de laboratorio. Se presentan varias opciones respecto a cuáles son los principales ensayos que se han de realizar para confirmar las características fundamentales de estos morteros. Se listan las condiciones mínimas que estas formulaciones deben cumplir según su función. Se subraya la importancia de la textura y el color para el caso de morteros expuestos a fin de mantener el valor estético del monumento.

Palabras clave: Morteros de reposición, función del mortero, características, formulación del mortero, ensayos de laboratorio.

1.Introducción

La importancia de la conservación del patrimonio arquitectónico es reconocida colectivamente pues la simplicidad del concepto lo torna universalmente aceptable. Pero la misma simplicidad complica su implementación, ya que ni el concepto de “conservación” está claramente definido ni el patrimonio arquitectónico es uniforme. Por lo tanto, antes de poder considerar el problema de la conservación del patrimonio arquitectónico es preciso definir los términos utilizados, lo que no es tan sencillo cuando se tiene en cuenta que deberían ser perfectamente traducibles a diferentes idiomas. Se dan, a continuación, las definiciones prácticas resultantes de una reunión internacional sobre morteros [1]:



EJEMPLO DE CONSERVACIÓN. LA INTERVENCIÓN EN EL CLAUSTRO DEL MONASTERIO DE LOS JERÓNIMOS, LISBOA, PORTUGAL. VISTA DEL ÁNGULO NE DEL CLAUSTRO ANTES DE LA INTERVENCIÓN.

VISTA DEL ÁNGULO NE DEL CLAUSTRO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN

DETALLE DE UNO DE LOS MEDALLONES DE LA PLATIBANDA PLATERESCA QUE DECORA LA PARTE SUPERIOR DEL CLAUSTRO. SE PUEDEN OBSERVAR LA FALTA DE MORTEROS EN LAS JUNTAS (ALGUNOS YA REMOVIDOS POR SU AVANZADO ESTADO DE DETERIORO) Y UN "AGREGADO" EN LA BOCA DE LA FIGURA DONDE EXISTE UNA PÉRDIDA. ESTA PÉRDIDA NO FUE "COMPLETADA" PUES NO SE CONOCE EXACTAMENTE COMO ERA ORIGINALMENTE. ES DECIR, LA INTERVENCIÓN QUE SE REALIZÓ EN EL CLAUSTRO FUE EXCLUSIVAMENTE DE CONSERVACIÓN. LA SEGUNDA FIGURA ILUSTRADA, EN LA INTERVENCIÓN DEL CLAUSTRO SE TUVIERON QUE REPONER 15 KM DE JUNTAS QUE, O BIEN ESTABAN ABIERTAS, O PRESENTABAN LOS MORTEROS MUY DETERIORADOS.



EJEMPLO DEL PALACIO NACIONAL DE SINTRA



DETALLE DE LA VARIACIÓN DE DETERIORO QUE CORRESPONDE A LA VARIACIÓN DEL MORTERO UTILIZADO EN EL REVOQUE.



EL PALACIO NACIONAL DE SINTRA ES UN EDIFICIO TOTALMENTE REVOCADO. CON LOS AÑOS Y EL CLIMA HÚMEDO Y TEMPLADO DE SINTRA, LA COLONIZACIÓN BIOLÓGICA SE ARRAIGA CONTRIBUYENDO A SU DETERIORO QUE TAMBIÉN SE DEBE A LA POLUCIÓN AÉREA GENERADA POR EL TRÁFICO. VISTA DEL PALACIO ANTES DE LA INTERVENCIÓN (1995)



EL PALACIO DE SINTRA LUEGO DE LA INTERVENCIÓN (1997). ESTA FUE REALIZADA USANDO MORTEROS DE CAL ÁREA, COMPATIBLES CON EL MORTERO HISTÓRICO. SÓLO SE INTERVINERON ÁREAS QUE MOSTRABAN UN DETERIORO ACTIVO, COMO EVIDENCIADO EN LA FOTO ANTERIOR. SE APLICÓ LUEGO UNA LECHADA DE CAL, QUE ACTÚA TAMBIÉN COMO DESINFECTANTE ELIMINANDO LA COLONIZACIÓN BIOLÓGICA.



DETALLES DEL ASPECTO DE LAS PAREDES LUEGO DE LA INTERVENCIÓN.

La **conservación** es una actividad que combina valores culturales, sociales y económicos que deben ser balanceados, pero este equilibrio no es fácil de hallar dada la disparidad de estos valores. Por lo tanto, cada intervención de conservación es, en cierta manera, única, pues es muy difícil que el balance de valores sea similar de un edificio a otro, sobre todo si se consideran edificios de mayor valor cultural e histórico. Consecuentemente, cada edificio o estructura para ser conservada requiere una definición de la metodología específica para su conservación. Dentro de esta metodología, se debe incluir la formulación de los morteros de reposición.

En general, se considera que los morteros cumplen una función secundaria en una mampostería, pero con la experiencia ganada en la conservación de edificios de valor cultural e histórico, se ha puesto en evidencia que el papel que desempeñan es fundamental. Por ejemplo, los morteros son un elemento crucial en el relleno de muros de pared doble que pueden llegar a tener espesores de hasta 3 metros, y tienen una función fundamental tanto en la estabilidad de mamposterías como en su protección cuando son aplicados como revoques. Lo antedicho esclarece que los morteros cumplen diversas funciones en las mamposterías.

Continuando y expandiendo un estudio anterior[2], el presente trabajo se limita a considerar los **morteros de re-**

posición que se han de utilizar en la conservación de estructuras de alto valor cultural, es decir, los que comúnmente se llaman monumentos.

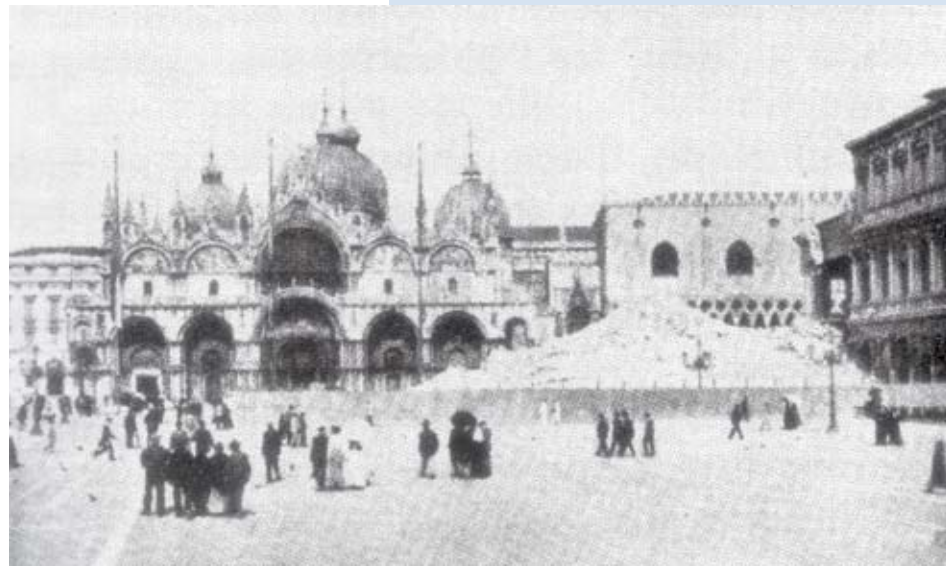
2. Consideraciones generales

Uno de los problemas básicos en el uso de **morteros de reposición** es definir su formulación, para lo cual es fundamental definir la función que estos morteros han de cumplir en el edificio. Por ejemplo, si el mortero ha de desarrollar una función estructural, es evidente que sus propiedades mecánicas serán críticas. De esta manera, en un proyecto de conservación, se han de identificar, primeramente, los diferentes usos y funciones de los **morteros de reposición** necesarios para establecer los requerimientos que estos deben cumplir y, así, poder definir la formulación que mejor los satisfaga. Como ya se ha expresado, los morteros pueden cumplir distintas funciones, como: revoques exteriores para proteger la mampostería del medio ambiente, o estucos interiores con importantes funciones de valor estético, o morteros de juntas para rellenar aquellas que quedaron abiertas con el paso del tiempo y aun como morteros de inyección para problemas estructurales en mamposterías. También, pueden cumplir otras funciones, como: morteros de asentamiento para la construcción o la reconstrucción parcial de mamposterías así como para la creación de partes faltantes. Estas últimas situaciones corresponden a intervenciones de restauración.

Partiendo de la base de que las formulaciones de los morteros deben responder a las funciones que estos han de desarrollar, es fundamental considerar que muchas veces aquellas pueden ser contradictorias. Por ejemplo, el caso de una mampostería de ladrillo que tiene un alto contenido de sales solubles, y que con el pasar del tiempo ha perdido gran parte de los morteros de juntas. Los **morteros de reposición** que han de usarse deben tener una porosidad igual o mayor a la de los ladrillos, pues se espera que el agua evapore por las juntas y no, por los ladrillos. Esto implica que el **mortero de reposición** servirá como material de sacrificio y no tendrá una larga vida de servicio, cualidad que normalmente se considera fundamental.

Se pueden definir brevemente las principales funciones que los diversos **morteros de reposición** han de cumplir, limitándolas a los morteros que se consideran en el presente estudio:

- **Revoques exteriores:** protección contra la acción del agua, fundamentalmente en forma líquida.
- **Morteros de juntas:** protección contra el agua y estabili-



VISTA DE LA PIAZZA SAN MARCO EN VENEZIA LUEGO DEL COLAPSO DEL CAMPANILE EN 1902. A LA DERECHA DE LA FOTO SE VEN LOS RESTOS DE LO QUE ERA EL CAMPANILE.

- **Morteros de juntas:** protección contra el agua y estabilidad estructural.
- **Morteros de inyección:** estabilidad estructural.

Las propiedades básicas que los morteros de reposición deben tener para estas funciones son las siguientes:

- **Revoques exteriores:** reducida absorción de agua y alta permeabilidad al vapor de agua.
- **Morteros de juntas:** las mismas características de los revoques, a las que se suman el no contraer al fraguar y, en lo posible, presentar una leve dilatación.
- **Morteros de inyección:** facilidad en la aplicación

Se ha de tener en cuenta que los morteros de reposición en la conservación arquitectónica no pueden ser considerados de la misma manera que los morteros para construcciones nuevas, ya que para estos últimos la durabilidad es fundamental porque es parte del aspecto económico de toda nueva construcción. En el caso de intervenciones de conservación, lo importante es preservar el material existente de la estructura por conservar, por lo que la compatibilidad del mortero con el material de la mampostería tiene prioridad, y la durabilidad del mortero resulta secundaria. Consecuentemente, la correcta formulación de un mortero de reposición requiere que sea evaluado el interaccionar de los materiales, existentes y nuevos, a corto y largo plazo.

El conocimiento científico de los materiales y de sus interacciones, así como de su deterioro, ha avanzado con los adelantos científicos del último medio siglo y con ello, se ha logrado una mejor comprensión de los materiales, de los



EJEMPLO DE RECONSTRUCCIÓN. EL CAMPANILE FUE RECONSTRUÍDO NUEVAMENTE RESPETÁNDOSE SUS DIMENSIONES, VOLUMEN Y DETALLES ARQUITECTÓNICOS

fenómenos de deterioro y de sus causas. Cabe recordar el cambio que se ha generado en el campo de la conservación con respecto al uso de cemento Pórtland en la formulación de morteros, que a principios del siglo XX, era considerado la solución para la mayoría de los problemas de deterioro. Pero a pesar del avance en este campo, aún no se conocen todas las respuestas necesarias, por lo que es importante que los morteros de reposición sean formulados con cautela. Para ello, los ensayos de laboratorio que se realizan para su evaluación son fundamentales.

3. Características necesarias para morteros de reposición

3.1 Revoques exteriores

Las características necesarias que deben presentar los revoques para proteger la mampostería sobre la que se aplican son:

- La absorción capilar de agua debe ser lo más baja posible, es decir, tanto el coeficiente de absorción capilar como el del valor asintótico deben ser bajos. El coeficiente de absorción capilar refleja la velocidad de absorción del agua, y el coeficiente de valor asintótico refleja la mayor cantidad de agua que puede absorber el material en esas condiciones. Estos valores están definidos por la porosidad del material y por el número relativo de poros grandes (los de mayor influencia en la velocidad de absorción del agua) y de poros chicos.
- La velocidad de secado del revoque, una vez que este haya absorbido agua. Son deseables los poros de diámetro peque-

ño pues bajarán la velocidad de absorción del agua del material, pero presentan el inconveniente de retener el agua y, en consecuencia, retardarán el secado del revoque.

- La permeabilidad al vapor de agua debe ser alta, para favorecer la eliminación de agua de condensación o de infiltración en el muro que el revoque protege.
 - La resistencia mecánica del mortero debe seguir las reglas básicas: ser más débil que los elementos de la mampostería, ser más deformable (propiedad que se evalúa con el módulo de elasticidad), y cuando se aplica en varias capas, como es el caso normal de los revoques, las propiedades mecánicas deben decrecer desde la capa interior hasta la exterior.
 - La estabilidad dimensional para la protección de las mamposterías, ya sea en un comienzo, si ocurren retracciones que pueden resultar en la formación de grietas, o a largo plazo, cuando cambios dimensionales del revoque pueden generar "estrés" en la mampostería y pérdida de adhesión entre ambos.
 - La adhesión del revoque a la mampostería es esencial para su protección. Como esta característica generalmente está en relación directa con la resistencia mecánica, esto puede derivar en un problema con respecto al punto anterior.
 - Los morteros no deben liberar sales solubles, y esto es importante no sólo para la preservación de la mampostería, sino también para la durabilidad del revoque mismo.
- Las **principales características** que estos morteros deben cumplir para incrementar su **durabilidad** son:
- **Alta resistencia a la presencia de sales solubles**, ya que



EJEMPLO DE "REHABILITACIÓN". LA REHABILITACIÓN, COMO LA MISMA PALABRA LO SUGIERE, ES UNA INTERVENCIÓN QUE VUELVE A "HABILITAR" UN EDIFICIO PARA SU USO. LAS FOTOS MUESTRAN UNA INTERVENCIÓN EN UN EDIFICIO PRIVADO, EL PALACIO ALMEIDA BRANDÃO EN LISBOA. (ANTES DE LA INTERVENCIÓN)



FUNDAMENTALMENTE, LA INTERVENCIÓN, DIVIDIÓ LA MANSIÓN EN DOS DEPARTAMENTOS Y SIRVIÓ PARA LA INSTALACIÓN DE SERVICIOS QUE NO EXISTIAN EN EL EDIFICIO ORIGINAL. MUCHAS VECES SE INTRODUCEN VARIACIONES EN SU APARIENCIA EXTERIOR, EN ESTE CASO SE AGREGÓ UNA BARANDA EN LA PARTE SUPERIOR DEL EDIFICIO REHABILITADO. TAMBIÉN SE QUITÓ UNA PARTE DEL TECHO DE TEJAS DEL EDIFICIO ORIGINAL PARA HACER UNA TERRAZA (DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN)



es casi inevitable que las mamposterías de edificios antiguos las contengan. En principio, se deben considerar dos tipos de acciones por sales: las que simplemente ingresan en el mortero y allí cristalizan (cloruro de sodio) o las que pueden reaccionar con elementos del mortero mismo, (sulfatos, silicatos y los aluminatos), que forman sales de neoformación, como la taumasita y la etringita. El deterioro en ambos casos es por acción mecánica generada por la cristalización de un nuevo elemento en el mortero

- Alta resistencia a ciclos de hielo-deshielo. Deterioro que también se produce en la estructura por acción mecánica de cristalización de una nueva fase, el hielo. Es evidente la importancia tanto de la absorción como de la retención mínima de agua y de la suficiente resistencia mecánica del mortero para “acomodar el estrés” que, aún con una mínima presencia de agua, se ha de generar.
- Resistencia mecánica adecuada para resistir a los impactos mecánicos a los que puede estar sujeto el revoque.
- Tiempo de fraguado relativamente corto, para evitar daños



EJEMPLO DE RESTAURACIÓN CONSERVATIVE. CASO DEL TEATRO COLÓN, BUENOS AIRES. DETALLE DE UNA PÉRDIDA EN EL FRENTE DE UNA DE LAS DECORACIONES ARQUITECTÓNICAS. (FOTOS CORTESÍA DEL ARQ. M. MAGADÁN)



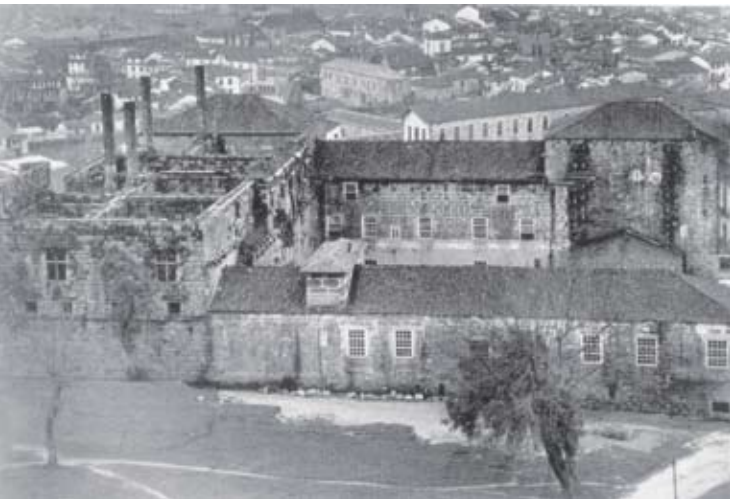
LA PÉRDIDA FUE REPUESTA. LO QUE CONSTITUYE UNA RESTAURACIÓN DEL DETALLE. ESTA REPARACIÓN ERA NECESARIA PARA EVITAR EL INGRESO DE AGUA EN LA PIEZAY EVITAR ASÍ UN MAYOR DETERIORO DE ESTOS ORNATOS DE SÍMIL-PIEDRA. (

que eventualmente se produzcan durante ese período.

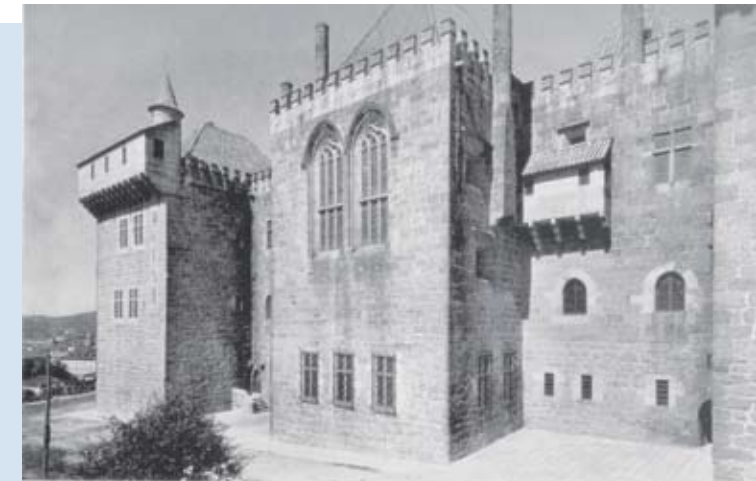
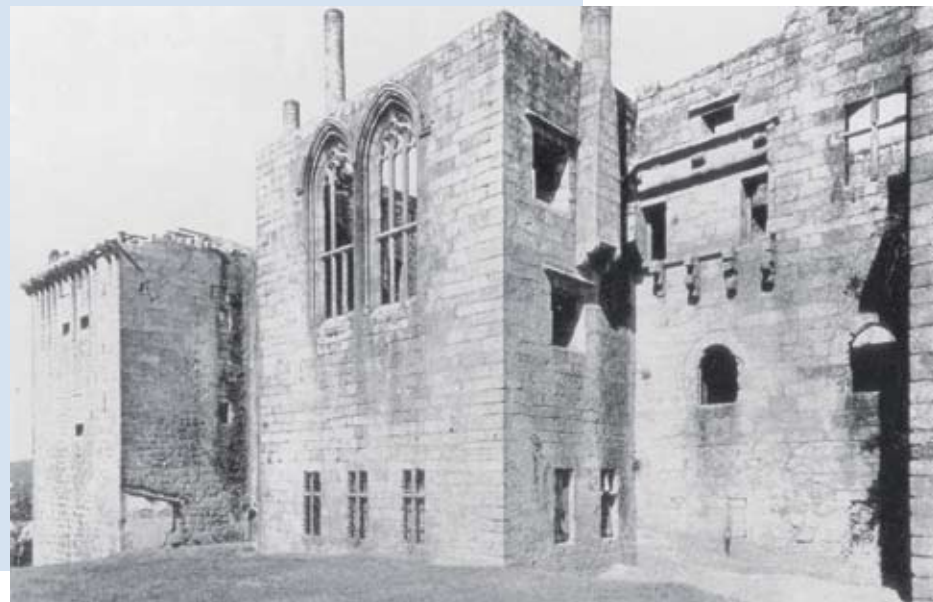
3.2 Morteros de juntas

La primera característica necesaria de los **morteros de juntas** es la resistencia mecánica, ya que la función de una junta es fundamentalmente estructural. Las juntas sirven para distribuir las tensiones de un mampuesto a otro, además de incrementar el coeficiente de fricción entre ellos y prevenir, de esta manera, su dislocación. Por esto, un **mortero de junta** necesita tener desde el inicio una resistencia mecánica suficiente para resistir las tensiones existentes en la mampostería, además de las que se puedan generar en el futuro. Los morteros no deben contraerse al fraguar; por el contrario, sería preferible que tuvieran una cierta propiedad de expansión para asegurar la buena distribución de cargas, ya que cualquier disminución en el área de contacto tendrá como resultado un incremento de tensiones en ese punto.

La formación de grietas en el **mortero de junta** no es tan



EJEMPLO DE RESTAURACIÓN. PALACIO DE LOS DUQUES DE GUIMARÃES, PORTUGAL. DOS VISTAS DEL PALACIO ANTES DE LA RESTAURACIÓN.



VISTAS LUEGO DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA EN 1997. LA RESTAURACIÓN RE-CREÓ MUCHAS SECCIONES DEL PALACIO TOTALMENTE Y NO HABIENDO DOCUMENTACIÓN EXACTA. LA RESTAURACIÓN SE PUEDE CONSIDERAR COMO FANTASIOSA.

significativa como en el caso de un **mortero para revoques**, siempre que la mampostería sea recubierta por un revoque final. Los **morteros a base de cal aérea** tienen un uso relativamente limitado pues si llegan a mayores profundidades, su fragüe se verá restringido por el difícil acceso del anhídrido carbónico del aire al interior de la estructura.

Si los **morteros de juntas** quedaran expuestos, como en el caso de mamposterías a las que no se aplicará un revoque final, es fundamental considerar el comportamiento de estos morteros en presencia del agua, tanto en estado líquido como de vapor. En estos casos —como en el de los revoques— una baja absorción capilar de agua, un rápido secado y una alta permeabilidad al vapor de agua son condiciones básicas. Además, los morteros de junta deben ser compatibles con el material usado en la mampostería y, en lo posible tener una buena resistencia a la presencia de sales solubles.

Es muy común usar dos tipos de formulaciones: una, para el interior de la junta (a más de 3cm de profundidad), y otra, para la superficie (menos de 3cm de profundidad). Las formulaciones para el primer caso requieren, además de la mencionada resistencia mecánica, la fácil inyección para asegurar una distribución uniforme en el interior de la junta. Pero no necesitan cumplir tantos requerimientos como las de los morteros exteriores, cuyas características deberán ser similares a las de los revoques. Son las que se mencionan a continuación:

- Buena adhesión a los mampuestos
- Ausencia de contracción al fraguar y presencia de una

leve expansión para asegurar tanto la adherencia como para evitar la formación de grietas

- Baja absorción capilar de agua
- Secado rápido
- Alta permeabilidad al vapor del agua
- Buena resistencia a la cristalización de sales solubles
- Buena resistencia a ciclos de hielo-deshielo
- Una mínima contribución de sales solubles
- Características mecánicas compatibles con los mampuestos
- Cierta dureza superficial
- Color y textura compatibles con el objetivo de la intervención

Esta última característica, aparentemente de menor importancia, no lo es, pues la visión estética de la totalidad del monumento es fundamental para mantener su valor.

3.3 Morteros de inyección

Aunque el objetivo final de los morteros de inyección es el de incrementar la estabilidad estructural de la mampostería, se ha comprobado que esta función sólo se puede alcanzar mediante buenas características de inyección. Este requerimiento es lógico, ya que sólo una buena distribución del mortero podrá cumplir con el requisito de consolidar mamposterías de baja coherencia. La falta de coherencia de una mampostería puede deberse tanto a una pobre calidad de construcción original como a eventos catastróficos, como terremotos, o simplemente a una pobre manutención que permitió la ocurrencia de filtraciones de agua.

Generalmente, las estructuras antiguas no están sometidas a grandes tensiones, no sólo por el gran tamaño de sus elementos constructivos sino también por los materiales, tales como los morteros de cal, que no las resisten. Por lo tanto, el objetivo principal es el de llenar la mayor cantidad posible de los vacíos presentes en la estructura. Aunque no es difícil preparar un mortero que consolide la estructura, es importante tener en cuenta que las estructuras antiguas tienen la capacidad de resistir deformaciones por su ductilidad, por lo que una disminución de esta característica no es deseable.

Además de la inyectabilidad, la capacidad de penetración de los morteros de inyección —aún en vacíos pequeños— tiene mucha importancia, ya que definirá el grado de consolidación que pueda lograrse. El mortero de inyección debe tener una buena estabilidad y no permitir la separación del agua de la mezcla, pues esta segregación rompe la homogeneidad de aquella no permitiendo llenar los vacíos: el agua llenaría la parte superior de un vacío dejándolo eventualmente vacío al evaporar. También, la viscosidad y la tensión de corte deberán ser bajas.

Otras características que los **morteros de inyección** deben presentar son:

- una **baja contracción** y, en lo posible, una **leve expansión** al fraguar, para asegurar el máximo contacto con todos los elementos;
- una **parcial propiedad hidráulica** a fin de desarrollar

una cierta resistencia mecánica desde su inyección;

- **capacidad de fraguar** en un ambiente con acceso relativamente restringido del anhídrido carbónico;
- **resistencia mecánica** compatible con la de la estructura por consolidar ;
- **porosidad similar a la de los materiales de la estructura**, tanto en cantidad (porosidad total) como en la distribución de diámetros de los poros;
- **estabilidad** frente a la presencia de sulfatos para evitar la neoformación de sales como la etringita y la taumasita;
- **capacidad para no liberar sales solubles**, en particular las alcalinas que generalmente acompañan los cementos.
- **alta resistencia a la presencia de sales solubles**, ya que es casi inevitable que las mamposterías de edificios antiguos las contengan.

En principio, se deben considerar dos tipos de reacciones por sales: las que simplemente ingresan en el mortero y allí cristalizan, como el cloruro de sodio; o las reacciones con componentes de morteros hidráulicos o parcialmente hidráulicos, tales como los silicatos y los aluminatos que, con el ingreso de sulfatos ya sea originados por polución aérea o ingresados por ascenso capilar desde los suelos, que forman sales de neoformación, como la taumasita y la etringita.

El deterioro, en ambos casos, es por acción mecánica generada por la cristalización de un nuevo elemento en el mortero **H**



***Dr. Fernando M. A. Henriques.** *Arquitecto. Profesor Catedrático en la Universidade Nova de Lisboa y coordinador del Programa de Ingeniería Civil. Es miembro de la Comisión Científica de la World Monuments Fund-Portugal y de la Comisión Científica Permanente de los Congresos Internacionales sobre Deterioro y Conservación de la Piedra.*



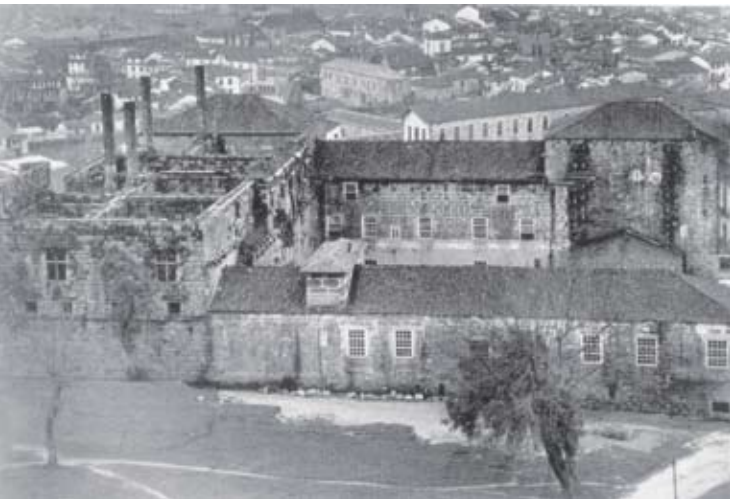
***Dra. A. Elena Charola.** *Arquitecta. Recibió su título de la Universidad Nacional de La Plata. Ejerce como consultora en conservación del patrimonio arquitectónico, colaborando fundamentalmente en proyectos de la World Monuments Fund y como asesora científica de la WMF-Portugal. Es Visiting Scientist en el Museum Conservation Institute del Smithsonian Institution y Lecturer en el Graduate Program of Historic Preservation de la Universidad de Pennsylvania en los EEUU y Guest Lecturer en el Centro Raymond Lemaire para Conservación de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Correo electrónico charola_ae@yahoo.com*



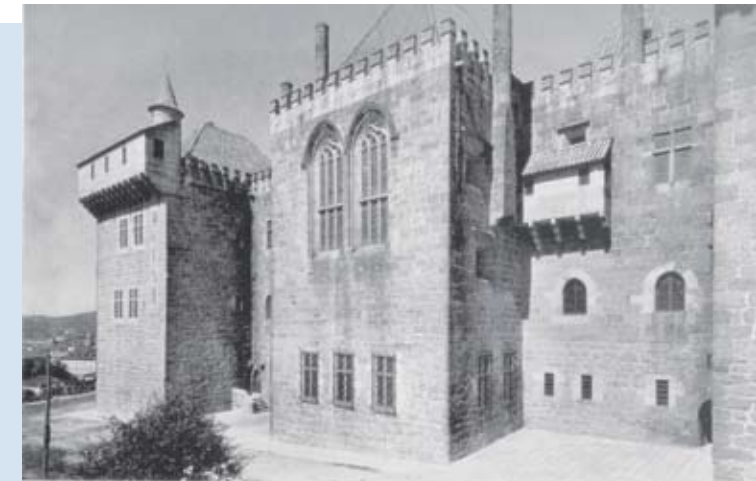
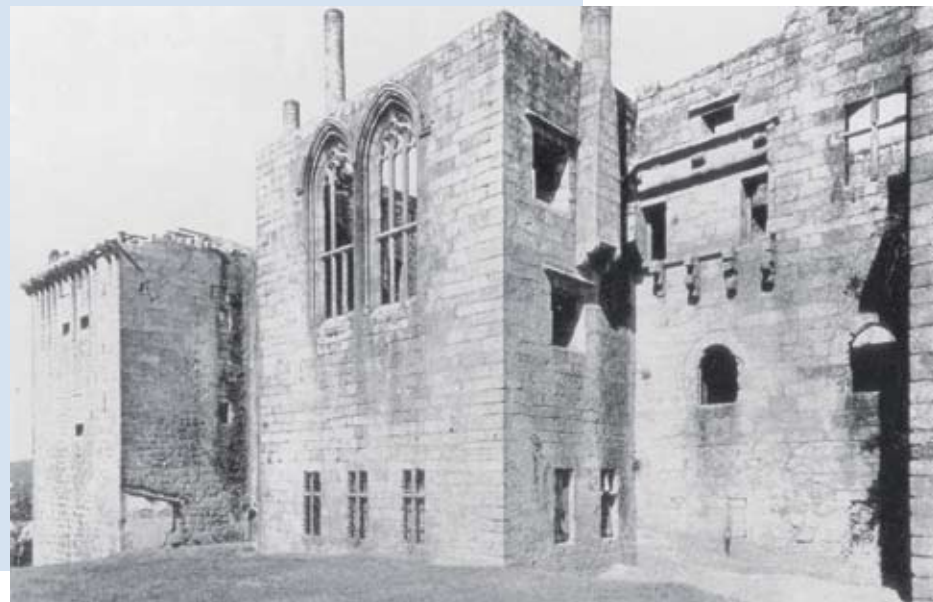
***Dr. Vasco Moreira Rato.** *Profesor Adjunto en la Universidade Nova de Lisboa responsable de las clases sobre Materiales de Construcción. Su investigación se centra sobre la performance de morteros en la conservación arquitectónica, particularmente en lo que se refiere a la relación entre microestructura y absorción capilar de agua. Correo electrónico: vmnr@fct.unl.pt*



***Paulina Faria.** *Ingeniera. Obtuvo su título de Ingeniero Civil y su Master en Construcción de la Universidade Técnica de Lisboa y su doctorado en Conservación del Patrimonio Arquitectónico de la Universidade Nova de Lisboa. Es docente en la División de Materiales y Técnicas de Construcción del Departamento de Ingeniería Civil mientras continúa su investigación sobre morteros aptos para edificios antiguos.*



EJEMPLO DE RESTAURACIÓN. PALACIO DE LOS DUQUES DE GUIMARÃES, PORTUGAL. DOS VISTAS DEL PALACIO ANTES DE LA RESTAURACIÓN.



VISTAS LUEGO DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS DE LA DÉCADA DE 1930. LA RESTAURACIÓN RE-CREÓ MUCHAS SECCIONES DEL PALACIO TOTALMENTE Y NO HABIENDO DOCUMENTACIÓN EXACTA, LA RESTAURACIÓN SE PUEDE CONSIDERAR COMO FANTASIOSA.

final. Los **morteros a base de cal aérea** tienen un uso relativamente limitado pues si llegan a mayores profundidades, su fragüe se verá restringido por el difícil acceso del anhídrido carbónico del aire al interior de la estructura.

Si los **morteros de juntas** quedaran expuestos, como en el caso de mamposterías a las que no se aplicará un revoque final, es fundamental considerar el comportamiento de estos morteros en presencia del agua, tanto en estado líquido como de vapor. En estos casos —como en el de los revoques— una baja absorción capilar de agua, un rápido secado y una alta permeabilidad al vapor de agua son condiciones básicas. Además, los morteros de junta deben ser compatibles con el material usado en la mampostería y, en lo posible tener una buena resistencia a la presencia de sales solubles.

Es muy común usar dos tipos de formulaciones: una, para el interior de la junta (a más de 3cm de profundidad), y otra, para la superficie (menos de 3cm de profundidad). Las formulaciones para el primer caso requieren, además de la mencionada resistencia mecánica, la fácil inyección para asegurar una distribución uniforme en el interior de la junta. Pero no necesitan cumplir tantos requerimientos como las de los morteros exteriores, cuyas características deberán ser similares a las de los revoques. Son las que se mencionan a continuación:

- Buena adhesión a los mampuestos
- Ausencia de contracción al fraguar y presencia de una leve expansión para asegurar tanto la adherencia como para evitar la formación de grietas

- Baja absorción capilar de agua
- Secado rápido
- Alta permeabilidad al vapor del agua
- Buena resistencia a la cristalización de sales solubles
- Buena resistencia a ciclos de hielo-deshielo
- Una mínima contribución de sales solubles
- Características mecánicas compatibles con los mampuestos
- Cierta dureza superficial
- Color y textura compatibles con el objetivo de la intervención

Esta última característica, aparentemente de menor importancia, no lo es, pues la visión estética de la totalidad del monumento es fundamental para mantener su valor.

3.3 Morteros de inyección

Aunque el objetivo final de los morteros de inyección es el de incrementar la estabilidad estructural de la mampostería, se ha comprobado que esta función sólo se puede alcanzar mediante buenas características de inyección. Este requerimiento es lógico, ya que sólo una buena distribución del mortero podrá cumplir con el requisito de consolidar mamposterías de baja coherencia. La falta de coherencia de una mampostería puede deberse tanto a una pobre calidad de construcción original como a eventos catastróficos, como terremotos, o simplemente a una pobre manutención que permitió la ocurrencia de filtraciones de agua.

Generalmente, las estructuras antiguas no están sometidas a grandes tensiones, no sólo por el gran tamaño de sus

elementos constructivos sino también por los materiales, tales como los morteros de cal, que no las resisten. Por lo tanto, el objetivo principal es el de llenar la mayor cantidad posible de los vacíos presentes en la estructura. Aunque no es difícil preparar un mortero que consolide la estructura, es importante tener en cuenta que las estructuras antiguas tienen la capacidad de resistir deformaciones por su ductilidad, por lo que una disminución de esta característica no es deseable.

Además de la inyectabilidad, la capacidad de penetración de los morteros de inyección —aún en vacíos pequeños— tiene mucha importancia, ya que definirá el grado de consolidación que pueda lograrse. El mortero de inyección debe tener una buena estabilidad y no permitir la separación del agua de la mezcla, pues esta segregación rompe la homogeneidad de aquella no permitiendo llenar los vacíos: el agua llenaría la parte superior de un vacío dejándolo eventualmente vacío al evaporar. También, la viscosidad y la tensión de corte deberán ser bajas.

Otras características que los **morteros de inyección** deben presentar son [3,4]:

- una **baja contracción** y, en lo posible, una **leve expansión** al fraguar, para asegurar el máximo contacto con todos los elementos;
- una **parcial propiedad hidráulica** a fin de desarrollar una cierta resistencia mecánica desde su inyección;
- **capacidad de fraguar** en un ambiente con acceso relati-

vamente restringido del anhídrido carbónico;

- **resistencia mecánica** compatible con la de la estructura por consolidar ;
- **porosidad similar a la de los materiales de la estructura**, tanto en cantidad (porosidad total) como en la distribución de diámetros de los poros;
- **estabilidad** frente a la presencia de sulfatos para evitar la neoformación de sales como la etringita y la taumasita;
- **capacidad para no liberar sales solubles**, en particular las alcalinas que generalmente acompañan los cementos ^(H)

1. **Henriques, F., Charola, A.E., Groot, C., Forster, A.M. y Auras, M.**: *Formulating Mortars and Renders for Historic Buildings: A Discussion Paper. International Journal for Restoration*, 10 [6], 2004, pp. 583-592.

2. **Henriques, F.**, *Replacement mortars in conservation: an overview. Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*. D. Kwiatkowski and R. Löfvendahl Eds., ICOMOS Sweden, Stockholm, 2004, pp. 973-983.

3. **Van Rikstal, F. et al.**, *Development of mineral grouts for consolidation injection*. En: D. Van Gemert, Ed. "Consolidation of Masonry" Advances in Materials Science and Restoration N.º 1 Freiburg, Aedificatio Publishers, 2003, pp. 61-75.

4. **Toumbakari, E.; Van Gemert, D. y Tassios, T.**, *Methodology for the design of injection grouts for consolidation of ancient masonry*. En: P. Bartos, C. Groot, J. Hughes, Eds., *Historic Mortars: Characteristics and Tests. Proceedings PRO 12, Paris, RILEM Publications*, 2000, pp. 395-405.



***Dr. Fernando M. A. Henriques.** *Ingeniero. Profesor Catedrático en la Universidade Nova de Lisboa y coordinador del Programa de Ingeniería Civil. Es miembro de la Comisión Científica de la World Monuments Fund-Portugal y de la Comisión Científica Permanente de los Congresos Internacionales sobre Deterioro y Conservación de la Piedra.*



***Dra. A. Elena Charola.** *Licenciada en Ciencias Químicas. Recibió su título de la Universidad Nacional de La Plata. Ejerce como consultora en conservación del patrimonio arquitectónico, colaborando fundamentalmente en proyectos de la World Monuments Fund y como asesora científica de la WMF-Portugal. Es Visiting Scientist en el Museum Conservation Institute del Smithsonian Institution y Lecturer en el Graduate Program of Historic Preservation de la Universidad de Pennsylvania en los EEUU y Guest Lecturer en el Centro Raymond Lemaire para Conservación de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Correo electrónico charola_ae@yahoo.com*



***Dr. Vasco Moreira Rato.** *Arquitecto. Profesor Adjunto en la Universidade Nova de Lisboa responsable de las clases sobre Materiales de Construcción. Su investigación se centra sobre la performance de morteros en la conservación arquitectónica, particularmente en lo que se refiere a la relación entre microestructura y absorción capilar de agua. Correo electrónico: vnmr@fct.unl.pt*



***Paulina Faria Rodriguez.** *Ingeniera. Obtuvo su título de Ingeniero Civil y su Master en Construcción de la Universidade Técnica de Lisboa y su doctorado en Conservación del Patrimonio Arquitectónico de la Universidade Nova de Lisboa. Es docente en la División de Materiales y Técnicas de Construcción del Departamento de Ingeniería Civil mientras continúa su investigación sobre morteros aptos para edificios antiguos.*