

La recuperación del uso de morteros de cal. La situación en el Perú

Recovery of Lime Mortar Use. The Situation in Peru

María del Mar Barbero Barrera (*Universidad Politécnica de Madrid*)

mar.barbero@upm.es /  ORCID 0000-0002-4605-3154

Teresa del Pilar Montoya Robles (*Pontificia Universidad Católica del Perú*)

tmontoya@pucp.edu.pe /  ORCID 0000-0003-2764-5901

Resumen

Los materiales tradicionales han formado parte de las sociedades de buena parte del mundo y, por extensión, se utilizaron ampliamente en el Perú hasta el siglo XX. La llegada de nuevos materiales, tales como el cemento y el hormigón, ha generado una pérdida abrupta del conocimiento sobre los materiales tradicionales. Sin embargo, en procesos de restauración y conservación de edificios culturales es imprescindible conocer las características y los tipos de materiales presentes en dichas edificaciones, tanto para su consolidación como para su reintegración. Esto implica no solo la recuperación del material sino, sobre todo, la recuperación de los saberes tradicionales y de los conocimientos ligados a estos. La cal no es un material exento a este proceso y, lamentablemente, se ha perdido en gran medida el conocimiento ligado a su empleo.

En este artículo se investiga el uso de la cal como material tradicional; asimismo, se estudia la importancia de su recuperación, no solo por la compatibilidad con los soportes tradicionales, sino también por sus prestaciones técnicas, que la convierten en uno de los conglomerantes más importantes del pasado y del futuro.

Palabras clave

Cal, conservación, restauración, Perú, percepción.

Abstract

Traditional materials have been part of our society across much of the world and, by extension, were also widely used in Peru up until the 20th century. The arrival of new materials such as cement and concrete has led to a sudden loss of the knowledge once held about traditional materials. However, in restoration and conservation processes of cultural buildings, understanding the characteristics and types of materials present in such structures is essential, both for their consolidation and reintegration. This requires not only the recovery of the material itself but, more importantly, the revival of traditional skills and the knowledge associated with them. Lime is no exception to this process and, unfortunately, the knowledge related to its use has also been lost.

This article explores the use of lime as a traditional material and the importance of its recovery, not only due to its compatibility with traditional substrates but also because of its technical properties, which make it one of the most significant binding agents of both the past and the future.

Keywords

Lime, conservation, restoration, Peru, perception.

Revista ENSAYO - Arquitectura PUCP Estudios de arquitectura, urbanismo y territorio

Número 7 · Año 2025 · ISSN 2413-9726 e-ISSN 2710-2947

Memoria y olvido

Editora Adriana Scaletti Cárdenas



La siguiente obra ha sido publicada bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons CC BY, la cual permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú 2021-02820

LA RECUPERACIÓN DEL USO DE MORTEROS DE CAL. LA SITUACIÓN EN EL PERÚ

70

María del Mar Barbero Barrera
Teresa del Pilar Montoya Robles

MARÍA DEL MAR BARBERO BARRERA es doctora en Arquitectura por la Universidad Politécnica de Madrid y profesora titular de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de dicha Universidad. Su línea de especialización, ampliamente interdisciplinar, se centra, entre otros temas, en la arquitectura vernácula y los materiales tradicionales, desde una perspectiva tanto de la caracterización como de la búsqueda de nuevas aplicaciones constructivas.

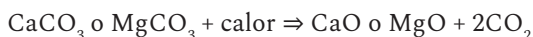
TERESA DEL PILAR MONTOYA ROBLES es arquitecta egresada de la Pontificia Universidad Católica del Perú y magíster en Construcción y Tecnología de Edificaciones Históricas por la Universidad Politécnica de Madrid. Su trabajo de fin de maestría se enfocó en el estudio de la tapia calicostrada del castillo de Serón de Nágima, España. Es docente y miembro de los grupos de investigación de la PUCP Patrimonio Arquitectónico, Centro Tierra, y Edificación y Sostenibilidad.

La cal es uno de los materiales más importantes de la historia de la construcción, pues ha sido de gran utilidad en una multitud de aplicaciones extendidas en la geografía mundial. Las primeras manifestaciones del uso de la cal en Europa se remontan a la etapa neolítica, con el descubrimiento del fuego, aunque su empleo se hizo extensivo en la Edad de Bronce (Cazalla, 2002). Los primeros restos de cal encontrados datan de 10000-8000 a. C. en Nevalı Çori, Turquía (Cazalla, 2002) y en Çatal Hüyük (Gárate, 2002). Sin embargo, su empleo no se ciñe a una única área geográfica: se han identificado en restos correspondientes a las grandes dinastías chinas (Gárate, 2002), así como en construcciones mayas, incas y aztecas (Cotterell, 1985; Morillas et al., 2019), entre otras, y no solo en la construcción sino también en usos variados como el procesado del maíz en Mesoamérica (Bradley, 2019). En el ámbito de la edificación, como recoge Gibbons (1977),

Los morteros de cal son materiales sofisticados, con un amplio espectro de posibilidades [...]. El secreto del éxito reside en el entendimiento y la combinación de los dos parámetros [material y edificio]. No hay soluciones mágicas estándares [...] capaces de hacer frente a todas las circunstancias posibles (p.104).

En efecto, a pesar de que la cal no es capaz de suplir todas las necesidades, sí se puede considerar como uno de los materiales de mayor relevancia en las construcciones existentes hasta una etapa reciente, debido a sus múltiples aplicaciones y usos.

La cal, y, específicamente, la cal aérea, procede de piedras calizas o dolomíticas en las que existe un contenido mayoritario de carbonato de calcio (CaCO_3) o de carbonato de calcio y magnesio ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) respectivamente. Dichas rocas, al ser sometidas a una temperatura de 898 °C, se descomponen en óxido cálcico (CaO), al mismo tiempo que emiten dióxido de carbono (CO_2). De forma simplificada:



Estas dos etapas —la selección de la materia prima y su calcinación— definen numerosas características del material resultante. Por una parte, debido a la diferente composición mineralógica, es de gran importancia el control sobre el tipo de piedra a emplear, que determinará las características y la calidad del producto final, aunque también puede derivar en modificaciones de los procesos de transformación, en cuanto a la necesidad de aumentar o reducir la temperatura de calcinación. En este sentido, es importante considerar que un incremento de la temperatura por encima de la necesaria para la descomposición de los componentes determinará una pérdida de reactividad conforme aumente la diferencia (Piringer, 2017). Asimismo, dicho proceso de calcinación tiene una notable incidencia en las características microestructurales (Kilic y Anil, 2006; Kumar, Ramakrishnan y Hung, 2007; Piringer, 2017) y en el comportamiento reológico y físico de los morteros resultantes (Ontiveros et al., 2017).

El siguiente paso será lo que se conoce como el *apagado*. El óxido cálcico, a diferencia de otros conglomerantes, como el yeso o el cemento artificial, no

dispone de propiedades conglomerantes; por lo tanto, será preciso someterlo a un proceso de hidratación para convertirlo en hidróxido cálcico. Para ello, tendrá lugar una reacción exotérmica —de mayor intensidad cuanto mayor sea la pureza de la roca de partida— que puede alcanzar los 150 °C, con 580 calorías de emisión por gramo de CaO reactivo, con el riesgo de quemaduras asociadas a su incorrecta manipulación. Durante esta etapa, el material resultante aumentará entre 1,2 y 3,5 veces su volumen (Barbero, 2012):

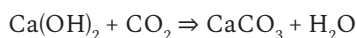


Esta fase también es uno de los puntos críticos en la obtención de una cal de alta calidad, ya que define tanto el tamaño de partícula y la capacidad de envoltura de ésta como su velocidad de hidratación y carbonatación, aquello que, por lo tanto, determinará las propiedades del mortero endurecido.

Según Ger y Lóbez (1898), «la cal debe apagarse pronto y completamente en el agua luego de salir del horno» (p. 37), una afirmación reiterada por tratadistas y autores clásicos y modernos. La principal razón es la limitación del contacto temprano del hidróxido cálcico, esto es, la cal apagada previamente, con el aire ambiental con el aire ambiental —y con el CO₂ presente en él—, puesto que esto provocaría su transformación en carbonato cálcico, con la consiguiente pérdida de su capacidad conglomerante.

Hasta el siglo XVIII, la forma más habitual de apagado de la cal era en balsas, mediante el denominado *método de fusión*. A partir de ese momento se incorporaron el apagado por aspersión y, posteriormente, los métodos de apagado espontáneo o por inmersión (Barbero, 2012). La resultante de los dos últimos métodos no se puede comercializar en Europa debido al elevado contenido de carbonato cálcico en su composición (Asociación Española de Normalización, 2016). De los otros, el método más recomendado para su empleo en restauración es el de fusión, en el que la cal apagada se mantiene cubierta por una capa de agua —y, por lo tanto, protegida del CO₂ ambiental— durante largo tiempo. Según distintos tratadistas, el período mínimo de reposo debería ser superior a los tres años (Battista Alberti, 1991 [1550]), no sólo para garantizar un apagado homogéneo de la masa —sin que se generen caliches de cal (terrones mal apagados) que pueden arruinar la obra—, sino también para lograr una modificación de la estructura de la cal y del tamaño de sus cristales. Esta actuación favorece su plasticidad y capacidad de retención de agua (Cazalla et al., 2000), con una reducción de la absorción durante la puesta en obra y un incremento de las resistencias mecánicas, en un plazo menor y con una mejor capacidad de deformación.

Finalmente, siguiendo el ciclo de vida de la cal, el hidróxido cálcico obtenido, y puesto en obra, se transformará en carbonato cálcico, en presencia de humedad y de dióxido de carbono. Esta circunstancia justifica la rapidez de su empleo después de la calcinación destacada por Ger y Lóbez (1898):



Por lo tanto, para la obtención de una cal de buena calidad, que pueda emplearse en restauración-rehabilitación de edificios existentes, habrá que cuidar celosamente estas dos últimas etapas de producción: calcinación (temperatura y duración) y apagado. Como indican Pavía y Caro (2008), «la calcinación y el apagado son operaciones muy importantes en la manufactura de la cal para construcción desde que gobiernan propiedades tales como la reactividad de la cal, retracción, densidad y capacidad de retención de agua, que definen la trabajabilidad, plasticidad y velocidad de carbonatación» (p. 1807), a lo que habría que añadir la determinación del comportamiento de los morteros a mediano y largo plazo.

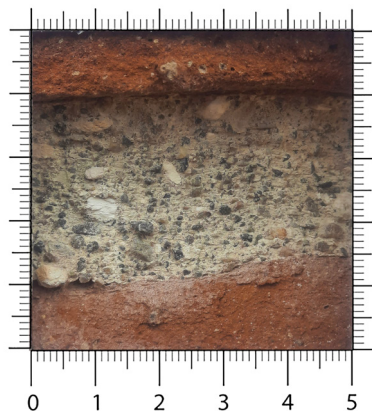
Efectivamente, el tipo de cal determinará tanto sus propiedades en estado fresco y endurecido, como también sus posibles aplicaciones y características cuando forme parte de un mortero determinado. En este sentido, cabe destacar las diferencias entre un mortero elaborado con una cal aérea pura y otro con impurezas de arcilla. En este segundo caso, además de las diferencias en términos de producción —ya que la cal con arcilla puede derivar en cales hidráulicas o en cementos naturales que exigirán diferentes temperaturas de cocción, el mortero resultante podría presentar propiedades hidráulicas de interés al entrar en contacto con la humedad o en zonas de difícil acceso al CO₂ ambiental.

En el Perú prehispánico, el uso predominante para unir elementos constructivos correspondió a los morteros de tierra. Respecto al uso de la cal en edificaciones, los ejemplos son escasos. Cabe resaltar un estudio de pinturas en Pachacámac que hace referencia a la presencia de calcita derivada del color blanco (Colonna-Preti, 2019); no obstante, se centra específicamente en elementos de acabado y no en elementos portantes.

En la etapa virreinal, con la llegada de constructores desde España, se aplicó y difundió desde los inicios la tecnología del uso de morteros de cal. Es de destacar su aplicación extendida y de gran producción en la primera ciudad que se fundó en el territorio, San Miguel de Piura (Vela, 2012). Su uso se evidencia también en las grandes iglesias de Zaña (Lambayeque, 1584), así como en los vestigios de esta ciudad, abandonada tras los embates de la inundación provocada por el desborde del río Zaña, a causa de sendos fenómenos de El Niño en 1720 y 1728 (Negro y Amorós, 2015). En esta localidad aún se mantienen en pie las portadas de las iglesias, y en algunas quedan columnas, muros y sectores de bóvedas con clara presencia de morteros de cal que, tras aproximadamente cuatro siglos, continúan uniendo la mampostería de ladrillo, lo que evidencia la resistencia y durabilidad del material (Figura 1).

► Figura 1

Zaña. Portada de la Iglesia Matriz y detalle de mortero de junta elaborado con cal y arena entre ladrillos macizos. Fotografías de 2025.



En efecto, en relación con la importancia otorgada a la resistencia mecánica destaca la capacidad de deformación y resistencia a la acción de agentes atmosféricos que posee la cal. Junto con la elevada permeabilidad al vapor de agua, esto la convierte en un material extraordinariamente compatible con otros tradicionales, en lo que se refiere tanto a sistemas estructurales de fábrica (Hayen, Van Balen y Van Gemert, 2009) como a sistemas de revestimiento, pues protege y garantiza la durabilidad de los soportes históricos (Barbero et al., 2014).

Frente al conocimiento histórico y tradicional, el siglo XIX marcó un punto de inflexión en la construcción al introducirse nuevos materiales, apoyados por una fuerte inversión en investigación y desarrollo (Scrivener y Snellings, 2022). El cemento, en particular, posibilitó mayores resistencias mecánicas en plazos más reducidos. Esta rapidez pronto se trasladó al sector de la restauración, favorecido por la creciente falta de formación técnico-científica en materiales tradicionales en las carreras de arquitectura e ingeniería, lo que provocó una auténtica revolución que, con los años, demostró ser perjudicial para los edificios históricos, tanto monumentales como vernáculos.

Tras décadas de aplicación y daños recurrentes causados por la incompatibilidad de los nuevos materiales, se inició un proceso de recuperación de la cal aérea. Esta reconversión se difundió principalmente a través de recomendaciones en cartas de restauración y publicaciones científicas. Sin embargo, la reinserción de la cal en la práctica constructiva enfrentó grandes dificultades. En primer lugar, la carencia de una industria de cal dedicada específicamente a la construcción obligó a recurrir a cales destinadas a otros sectores, como la alimentación, la depuración de agua o la agricultura (Comunidad Andina, 2013), usos para los cuales se prioriza una baja reactividad; esto último se logra

con temperaturas de cocción más altas, lo que altera las propiedades que son idóneas para la restauración. En segundo lugar, ha dificultado significativamente la correcta recuperación y puesta en obra de la cal, la persistente falta de formación académica de arquitectos e ingenieros en diseño y construcción de fábricas históricas y en el uso específico de este material.

La problemática se agrava en el caso peruano debido a dos factores clave: uno normativo y otro social. Por un lado, si bien el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma E080, menciona el uso de la cal en cimientos y sobrecimientos de viviendas de tierra, no especifica el tipo de cal requerido, lo que genera una ambigüedad técnica (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017). Por su parte, la norma técnica Cales, del Instituto Nacional de la Calidad del Perú (Inacal), hace referencia al uso de la cal hidratada para acabados, mientras que una norma basada en estándares internacionales (Inacal, 2018) hace referencia puntual al uso de la cal de alta pureza.

Por otro lado, y de manera crítica, la cal de alta pureza, específicamente la cal viva (óxido de calcio), se emplea en la producción de cocaína, por lo que está categorizada como *insumo restringido* y su venta está controlada por la Ley de Control de Insumos Químicos y Fiscalizados (Congreso de la Republica del Perú, 2017). Esta regulación, si bien es necesaria, crea una barrera logística adicional para el acceso al material en su forma química más versátil para la construcción, complicando aún más la disponibilidad para fines legítimos de conservación del patrimonio.

En la actualidad, la importancia de garantizar la compatibilidad de la obra histórica y la intervención a acometer pasa por la recuperación del patrimonio inmaterial ligado al conocimiento empírico que, previsiblemente, podría aún quedar en el Perú, y el fomento del uso de la cal por su menor impacto ambiental de su industria frente a la del cemento, justifican la recuperación de este material. En este sentido, en el caso concreto del Perú, cabe destacar el interés por la cal en pasta, no sólo por sus cualidades técnicas y la garantía de su calidad frente a las denominadas «cales de obra» —con porcentajes de pureza inferiores al 50%—, sino también como alternativa al uso de la cal en polvo, lo que podría simplificar la comercialización y uso. La promoción de la cal en pasta de origen local redundaría en los mercados y en la economía local, y reduciría la dependencia de mercados externos.

Hoy por hoy, el uso de la cal es complejo debido a dos motivos principales: su elevado costo, puesto que su importación implica gastos de embalaje y transporte, lo que determina que deba adquirirse en grandes volúmenes para obtener una compensación económica, situación que deriva en la otra causa de su reducido empleo, esto es, su utilización queda relegada a un sector acotado, el de la restauración monumental, en lugar de favorecer su uso general en el patrimonio existente.

En este sentido, puede entenderse que la recuperación del uso de la cal se iniciara de la mano de restauradores y técnicos, en aras de la progresiva restitución de materiales, técnicas y sistemas constructivos tradicionales, de la mano de la recuperación de los oficios y en línea con las llamadas *cartas de restauración*.

A partir de 1931, con la Carta de Atenas, se planteó un intenso debate sobre la restauración de monumentos, que culminó con la Carta de Venecia, de 1964, cuyo artículo 10 destaca la importancia de seleccionar la técnica de intervención más adecuada para cada caso, siempre y cuando esta «haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por la experiencia». En 1975, la Declaración de Ámsterdam, artículo 6, puso énfasis en el hecho de que «los materiales tradicionales de construcción estén siempre disponibles, y que las artes y las técnicas tradicionales sigan siendo aplicadas». El apoyo a las técnicas y los sistemas tradicionales quedó reforzado en la Carta de Granada, de 1985, cuando se acordó «favorecer la aplicación y el desarrollo de las técnicas y materiales tradicionales, indispensables para el futuro del patrimonio». Esta afirmación se reitera en sucesivas cartas, como la de 1987, que destaca la preferencia por el uso de materiales tradicionales, «más homogéneos con las obras que hay que salvaguardar», o la de 1999 (Carta del Patrimonio Vernáculo Construido), que destaca «la importancia de la continuidad de los sistemas tradicionales de construcción, así como de los oficios y técnicas asociadas con el Patrimonio Vernáculo».

En línea con lo indicado, la recuperación de la cal como material de construcción se fundamenta en varios pilares:

- a. Compatibilidad mecánica y física con los materiales históricos, pero también química, ya que se han demostrado los problemas derivados de la migración de las sales del cemento, una de las razones que motivaron la modificación de la norma asociada a la producción y comercialización de la cal en el ámbito europeo (2011).
- b. Disponibilidad del recurso a nivel local, ya que, gracias a la existencia de la materia prima y al apoyo a la investigación aplicada, la cal ha comenzado a ser un material conocido científicamente, apropiado para numerosos contextos por su fácil extracción y su baja temperatura de cocción, en comparación con el cemento. Esta cadena de valor se completa con la apropiación del conocimiento gracias a escuelas-taller que fomentan la recuperación de los oficios tradicionales.
- c. Menor impacto ecológico, asociado a una temperatura de calcinación más baja que la del cemento y a la menor emisión de contaminantes. Además, el ciclo de vida de la cal podría cerrarse si no se incorporan adiciones o aditivos.
- d. Mayor sostenibilidad:
 - i. ambiental, según lo recién mencionado;
 - ii. social, por la recuperación y el mantenimiento de los oficios;
 - iii. cultural, ligada a la recuperación de la identidad cultural de las distintas regiones, así como a la recuperación de saberes tradicionales; y
 - iv. económica, por la cercanía del recurso y la reducción de costos asociados al transporte y al gravamen sobre la importación de productos.

Este estudio pretende avanzar en el conocimiento y contribuir a la sensibilización acerca del uso de la cal, mediante la detección de los retos y obstáculos con los que se han encontrado investigadores, restauradores y/o arquitectos en su empleo efectivo o en su intento de aplicación.

② METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos de la investigación se llevaron a cabo entrevistas con profesionales de la arquitectura y la restauración, estructuradas en cuatro grandes bloques: cómo se redacta y define la propuesta de intervención, cómo se eligen los materiales, cómo se ponen en obra y cómo se garantiza la conservación y el mantenimiento de los bienes inmuebles. En cada bloque se reflexiona sobre una etapa específica de la intervención.

En el primer bloque, referido a la propuesta de intervención, se indaga sobre la capacitación de los profesionales y la necesidad de realizar estudios previos para verificar la compatibilidad de las intervenciones. En el segundo, relacionado con la selección de materiales, se busca conocer los criterios con los cuales se seleccionan los materiales a utilizar y el uso de aditivos. En el tercero, sobre la puesta en obra, se plantea la importancia de la actuación interdisciplinar y la necesidad de una formación específica. Por último, en el cuarto bloque, referido a la conservación y el mantenimiento, se reflexiona sobre la necesidad de coordinar, sensibilizar y actuar para evitar la pérdida de los conocimientos.

Los temas se eligieron considerando la idea de continuar las experiencias planteadas en dos mesas redondas con especialistas e investigadores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), de México, y el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), en mayo y octubre de 2022 respectivamente. En aquel momento se buscaba conocer la percepción de los técnicos y restauradores sobre el papel de la cal en el patrimonio, e identificar las lagunas y necesidades que los profesionales y especialistas habían detectado durante el ejercicio de su profesión. En esta ocasión se adoptó el mismo método, con el objetivo de que los resultados fuesen comparables. Para ello, se contó con la colaboración de siete profesionales del sector de restauración y puesta en valor de edificios patrimonio y de entorno, con experiencias constructivas sobre el uso de la cal en tres ciudades del Perú: Lima, Cusco y Tarma.

Los profesionales entrevistados son Juan Manuel Parra, arquitecto, subgerente de Planificación, Gestión, Recuperación y Salvaguarda del Patrimonio del Programa Municipal para la Recuperación del Centro Histórico de Lima (Prolima); Nohemí Jiménez López, arquitecta especialista en restauración; José Antonio Ccorimanya Tito, conservador de obras de arte; Shelby Paz Valencia, arquitecta especialista en restauración; Francisco Quispitera Umeres, conservador de monumentos históricos; Silvia Onnis, arquitecta especialista en construcción con materiales naturales; y Diego Castillo Cerf, arquitecto de la Oficina de Gestión de Riesgos de Prolima (Figura 2). Las cinco primeras entrevistas se realizaron en marzo y abril de 2025; y las dos últimas, entre septiembre y octubre del mismo año.



► **Figura 2**

Especialistas con experiencia en el uso de morteros de cal en edificaciones: Juan Manuel Parra (a), Nohemí Jiménez López (b), José Antonio Ccorimanya Tito (c), Shelby Paz Valencia (d); Francisco Quispitera Umeres (e), Silvia Onnis (f) y Diego Castillo Cerf (g).

③ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las reflexiones extraídas de las entrevistas se presentan organizadas en torno a los cuatro bloques temáticos mencionados: la propuesta de intervención, la elección de los materiales, la puesta en obra, y la conservación y mantenimiento de los bienes inmuebles.

Propuesta de intervención

La documentación de las intervenciones que emplean cal revela un escenario complejo. Juan Manuel Parra explica que, ante las restricciones para adquirir hidróxido de calcio puro, la práctica común es recurrir a «productos estandarizados de conservación que contienen cal», los cuales cuentan con fichas técnicas y certificaciones que respaldan su uso en los expedientes técnicos. ¹ Este procedimiento, afirma, busca garantizar la transparencia y especificidad tanto en la licitación como en la ejecución de las obras.

Shelby Paz resalta la importancia de un sólido sustento teórico y técnico. Ella sostiene que, para definir los materiales en una intervención, «deberíamos tener muy presentes las cartas del Icomos [Consejo Internacional de Monumentos y Sitios], porque se tiene que conocer a profundidad de qué están compuestos los materiales o componentes arquitectónicos, para así devolverles o enriquecer el sentido de mínima intervención usando materiales compatibles». Diego Castillo complementa esta mirada desde el punto de vista de la gestión de riesgos: si bien en intervenciones urgentes la documentación puede ser menos exigente, en obras presupuestadas es fundamental especificar el material en el expediente, incluso sin precisión sobre marcas ni dosificaciones.

Respecto a la capacitación profesional para cualquier intervención, Francisco Quispitera destaca que la formación es crucial, «porque es un material que se ha dejado de usar, [aunque] se ha demostrado que tiene mejores comportamientos ante otros materiales, como el cemento». Los estudios previos también son indispensables: Nohemí Jiménez señala que «siempre que se está haciendo una intervención en algún inmueble patrimonial, se tienen que realizar probetas sobre los soportes, para ver cómo reaccionan». Esta es una práctica que verifica la compatibilidad antes de la intervención general en la edificación.

1 Los textos de esta sección que están entrecorridos provienen de las entrevistas.

Selección de materiales

La selección de materiales es quizá el ámbito con mayores desafíos y exigencias técnicas. El obstáculo principal, expresado de forma unánime, es la restricción legal. Parra lo expone claramente: «La cal —el hidróxido de calcio, propiamente dicho— es un producto restringido en el mercado nacional, y solo se puede adquirir con un conjunto de permisos especiales que complican su uso». Esta limitación condiciona toda la cadena de suministro, favoreciendo así la importación de morteros especializados, pero haciendo que los procesos sean más caros y lentos.

Frente a esto, la pureza del material es un criterio de calidad indispensable. Jiménez especifica que el escenario ideal implica trabajar con «una cal viva de muy buena calidad [...], que tenga altos niveles de eficiencia en su proceso de calcinación, que haya estado a 900 grados centígrados, en un proceso de calcinación lento, controlado» (idealmente, de entre seis meses y un año). Paz indica que «mientras más porcentaje de pureza guarde la cal [...] es mucho más eficiente porque va a incrementar su porcentaje de carbonatación».

Esta búsqueda de calidad contrasta con la realidad del mercado local, donde, como advierte José Antonio Ccorimanya, existe un «sesgo», pues no siempre se sabe si la cal disponible es realmente pura ni si su procesamiento ha sido el adecuado. Ccorimanya resalta que, en el Cusco, «desde el terremoto de 1950 hubo una recuperación, [pues] se formó la Escuela-Taller; tenemos más tiempo que aquí en Lima haciendo esos trabajos y también en la formación profesional». El conocimiento local, que incluye técnicas tradicionales de apagado de la piedra caliza en pozos, se contrapone, como lo explica Silvia Onnis, con las dificultades de gestión para adquirir la cal. Onnis relata que incluso para un proyecto académico la búsqueda fue compleja y finalmente infructuosa para algunos usos. Por ejemplo, en pisos que estaban especificados con material cuya base era la cal, debieron reemplazarla con cemento pulido,

Puesta en obra

Sobre la preparación de los morteros, las posturas varían. Paz y Ccorimanya se inclinan por la preparación artesanal *in situ*, ya que permite controlar la densidad y los componentes de la mezcla. Quispitera precisa que, si bien lo ideal sería prepararlos en obra, los plazos y presupuestos a menudo hacen inviable esta opción. Parra sostiene que las normas nacionales no permiten prepararlos en obra, por lo que se opta por productos comerciales.

El uso de aditivos naturales es una práctica recurrente entre especialistas. La mayoría menciona el uso de mucílago o baba de cactus —como la tuna o el San Pedro— para pinturas y como sellante natural. Onnis también experimentó con la cal como aditivo en tierra alivianada para prevenir la aparición de moho. Ella resalta sus propiedades biocidas.

La capacitación del personal en obra es un desafío constante, y la necesidad de una formación específica es ampliamente compartida por los entrevistados. Parra explica que en Prolima tienen capacitaciones de ingreso, en las que se informa sobre la prohibición del uso de materiales incompatibles con

los edificios patrimoniales, como el cemento Portland, y se recalca la necesidad de utilizar materiales especializados, así como la importancia de realizar siempre pruebas previas a la colocación de los morteros.

Finalmente, la actuación interdisciplinar se considera fundamental. Se requiere la colaboración de profesionales de la arquitectura, la ingeniería —incluida la ingeniería química— y la arqueología, junto con especialistas en conservación, para optimizar las dosificaciones y resolver problemas de adherencia. Jiménez lo plantea como la búsqueda de «puntos en común» entre las distintas disciplinas que confluyen en un mismo objetivo de conservación.

Conservación y mantenimiento

La sostenibilidad de las intervenciones y la perpetuación del oficio son preocupaciones centrales. La promoción del uso de la cal trasciende el ámbito técnico, para convertirse en una tarea de sensibilización. Corimanya indica que están «informando, sensibilizando a la gente, empezando en las universidades, en los colegios. El patrimonio es importante y es todo un círculo». Castillo relata una estrategia de acercamiento directo a los vecinos del Centro Histórico de Lima, a quienes, ante lo inevitable de la autoconstrucción, se les instruye sobre los beneficios de la cal frente al cemento para mitigar problemas de humedad.

El potencial de la cal como motor de desarrollo económico es un objetivo posible según todos los entrevistados. Parra sostiene que «el establecimiento de un mercado renovado para la cal, orientado a la conservación del patrimonio histórico, podría generar un importante motor de desarrollo», especialmente para comunidades con tradición calcárea. Además, plantea «restablecer la cal como un material de uso común» y hacerlo recuperando la experiencia de los operarios.

Paz resalta otro aspecto: «No creo que haya sido una “escuela” como tal [...], porque sería una muy mala escuela, una mala enseñanza, pero sí se veía el cemento como un material más fuerte, porque era nuevo. [...] Pero hoy, con los años, vemos que no es un material idóneo, sobre todo porque es un sílice fabricado, no un material carbonatado, como la cal». Quispitera propone que el fomento de la cal se realice «por medio de demostraciones. Puede ser con el buen uso y el resultado».

④ CONCLUSIONES

La conservación del patrimonio existente, sea este monumental o vernáculo, pasa por el uso de materiales, técnicas y sistemas constructivos que deben ser compatibles con los existentes, desde el punto de vista estético, pero también mecánico, físico y químico.

La incorporación del conocimiento asociado a los materiales tradicionales en los planes de estudios universitarios y en los programas formativos intermedios —e incluso en las escuelas de educación primaria y secundaria— es clave para fomentar la sensibilización y el conocimiento de estos materiales y, en específico, del uso de la cal para la construcción.

Las entrevistas con los siete especialistas permiten concluir que la conservación del patrimonio edificado peruano, tanto monumental como vernáculo, está intrínsecamente ligada al uso de materiales y técnicas compatibles. Sin embargo, la aplicación de la cal, material históricamente idóneo para este fin, se enfrenta a un escenario paradójico: existe un consenso técnico sobre sus beneficios —transpirabilidad, flexibilidad, compatibilidad físico-química y sostenibilidad—, pero su uso se ve severamente limitado por barreras administrativas, legales y de mercado.

Los especialistas entrevistados resaltan que el uso del material se enfrenta a graves dificultades referidas a su adquisición, especialmente la cal de alta pureza, al estar catalogada como insumo controlado debido a su posible desvío para fines ilícitos. Esta situación ha generado una dependencia de morteros especializados de importación, lo que encarece las intervenciones y limita el acceso para obras de menor escala o para el mantenimiento habitual.

Frente a la prohibición de comerciar el «polvo» de cal viva en el territorio peruano, la implementación y fomento de la cal en pasta o de productos premezclados nacionales —con fichas técnicas, garantías de calidad y uso exclusivo para construcción— se vislumbra como una alternativa estratégica, factible y apropiada para recuperar el uso de este material, garantizando al mismo tiempo la calidad del producto comercializado.

La investigación también evidencia la urgente necesidad de fortalecer la formación específica en todos los niveles. Desde la capacitación técnica de obreros y operarios —revitalizando instituciones como las escuelas-taller— hasta la incorporación del conocimiento de los materiales tradicionales en los planes de estudio universitarios, se requiere un esfuerzo sistemático para profesionalizar el oficio y sensibilizar a las futuras generaciones de arquitectos, ingenieros y conservadores.

Las entrevistas subrayan la importancia del trabajo interdisciplinar y la divulgación. La complejidad de las intervenciones patrimoniales demanda la integración de saberes diversos —arquitectónicos, estructurales, químicos, arqueológicos—, mientras que la sostenibilidad a largo plazo de los bienes restaurados depende en gran medida de la sensibilización de la población y de los gestores sobre las propiedades y ventajas de la cal, desplazando el paradigma del cemento como solución universal.

Los avances obtenidos en las conversaciones sostenidas con el referido círculo de especialistas —integrado por personas conocidas y allegadas— dejan abierta la posibilidad de continuar realizando entrevistas y organizar una red de profesionales para ampliar los puntos de vista. Esto, además de entrevistar a otros actores del proceso de la cal —como sus productores— e incorporar miradas institucionales del Ministerio de Cultura, la Policía Nacional del Perú y otros organismos pertinentes.

En este artículo se ha pretendido reflexionar sobre el interés por el uso de la cal como material de construcción no solo en el ámbito de la restauración monumental, sino también abordando otro tipo de arquitecturas, de no menor interés, como las vernáculos o rurales, que también requieren procesos de restauración.

Este primer acercamiento al uso de la cal para la construcción en el Perú abre nuevas líneas de desarrollo para futuras investigaciones, tales como la identificación de canteras y de hornos de cal históricos y tradicionales; la caracterización de los tipos de piedra disponibles; la influencia de las formas de producción artesanal e industrial en las propiedades del producto final; la caracterización de morteros históricos; y la formulación de nuevos morteros de restauración compatibles. Todo esto puede impulsar un mercado que oferte una diversidad de productos posibles de generar a partir de la piedra caliza como materia prima, convertida luego en productos de cal adecuados para sus diversos usos en la construcción.

Agradecimientos

A los profesionales entrevistados: Diego Castillo Cerf, José Antonio Corimanya Tito, Nohemí Jiménez López, Juan Manuel Parra, Silvia Onnis, Shelby Paz Valencia y Francisco Quispitera Umeres.

A Fernando Rioja y Mariana Peña, voluntarios del grupo de investigación Patrimonio Arquitectónico PUCP, por ser parte de la visita de campo a Zaña.

A Nickole Vargas, Alisson Ramírez, Valeria Domínguez, Romina Castro y Elvi Quispe, por la transcripción de las entrevistas.

Al grupo de investigación ABIO-UPM con el proyecto Lime4Health, de la convocatoria de Generación de conocimiento del Ministerio de Ciencia e Innovación 2021, referencia PID2021-123023OA-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa.

REFERENCIAS

- Asociación Española de Normalización (UNE) (2016). *UNE-EN 459-1:2016. Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056852>
- Barbero Barrera, M. del M. (2012). *Mejora del comportamiento térmico de los morteros de cal aditivados y su empleo en la rehabilitación de inmuebles*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/10612/>
- Barbero-Barrera, M. del M., Maldonado-Ramos, L., Van Balen, K., García-Santos, A. y Neila-González, F. J. (2014). Lime Render Layers: An Overview of Their Properties. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 326–330. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.09.003>
- Battista Alberti, L. (1991 [1550]). *De re aedificatoria* [Florenia, Appresso Lorenzo Torrentino Impressor Ducale]. Edición facsímil traducida por Javier Fresnillo Núñez. Akal.
- Bradley, R. C. (2019). Innovative Use of Alkalis in the Ancient Americas. Utilisation novatrice des alkalis dans les anciennes Amériques. *Anthropology of Food*. <https://doi.org/10.4000/aof.10377>
- Cazalla, O. (2002). *Morteros de cal. Aplicación al patrimonio histórico*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Cazalla, O., Rodríguez Navarro, C., Sebastián, E., Cultrone, G. y De la Torre, M. J. (2000). Aging of Lime Putty: Effects on Traditional Lime Mortar Carbonation. *Journal of American Ceramic Society* 83(5), 1070–1076.
- Colonna-Preti, K., Eeckhout, P. y Luján Dávila, M. (2019). Pinturas y pintores en Pachacamac: un estudio multidisciplinario del Edificio B15. *Boletín de Arqueología PUCP*, 26, 9–32.
- Comunidad Andina (2013). *Manual de sustancias químicas utilizadas en el procesamiento de drogas ilícitas*. https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/20135316739manual_sustancias_quimicas.pdf
- Congreso de la República del Perú (2007, 11 de junio). *Ley de control de insumos químicos y productos fiscalizados* (Ley 28305). Diario El Peruano.
- Cotterell, A. (ed.) (1985). *Historia de las civilizaciones antiguas. 2. Europa, América, China, India*. Crítica. [Edición traducida por Juan Faci a partir del título original *The Encyclopedia of Ancient Civilizations*, The Rainbird Publishing Group Ltd.]
- Gárate, I. (2002). *Artes de la cal*. Munilla-Lería
- Ger y Lóbez, F. (1898). *Tratado de construcción civil. Texto y atlas de 68 láminas con 2079 figuras*. La Minerva Extremeña.
- Gibbons, P. (1997). Lime. En I. Maxwell y N. Ross (eds.), *Conference Proceedings: Historic Scotland Traditional Building Materials Conference*, pp. 101–108. Historic Scotland.
- Hayen, R., K. Van Balen y D. Van Gemert (2009). Triaxial Interaction of Natural Stone, Brick and Mortar in Masonry Constructions. En L. Schueremans, *Building Materials and Building Technology to Preserve the Built Heritage*, pp. 333–352. WTA Publication.
- Instituto Nacional de Calidad (Inacal) (2018). *Cales. Cal hidratada para acabados. Requisitos* (NTP 334.149:2018).
- Kilic, Ö. y Anil, M. (2006). Effects of Limestone Characteristic Properties and Calcination Temperature on Lime Quality. *Asian Journal of Chemistry*, 18, 655–666.
- Kumar, G. S., Ramakrishnan, A. y Hung, Y. T. (2007). Lime Calcination. En L. K. Wang, Y. T. Hung y N. K. Shammass (eds.), *Advanced Physicochemical Treatment Technologies. Handbook of Environmental Engineering*, vol 5. Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-173-4_14
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017, 7 de abril). Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Reglamento Nacional de Edificaciones. Diario El Peruano
- Morillas, H., Huallparimachi, G., Maguregui, M., Marcaida, I., Gallego-Cartagena, E., Astete, F. y Madariaga, J. M. (2019). Characterization of Restoration Lime Mortars and Decay By-Products in the Meditation Area of Machu Picchu Archaeological Site. *Science of The Total Environment*, 692, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.220>
- Negro, S. y Amorós, S. (2015). Opulencia y fatalidad en San Agustín de Saña en el Perú, siglos XVII al presente. En Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (eds.), *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción, Segovia, 13 al 17 de octubre de 2015*, vol. II, pp. 1195–1203. ISBN: 9788497285490.
- Ontiveros-Ortega, E., Ontiveros-Ortega, A., Moleon, J. A. y Ruiz-Agudo, E. (2017). Electrokinetic and Thermodynamic Characterization of Lime-Water Interface: Physical and Rheological Properties of Lime Mortar. *Construction and Building Materials*, 151, 809–818. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.147>
- Pavía, S. y Caro, S. (2008). An Investigation of Roman Mortar Technology Through the Petrographic Analysis of Archaeological Material". *Construction and Building Materials*, 22(8), 1807–1811. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.05.003>
- Piringer, H. (2017). Lime Shaft Kilns. *Energy Procedia*, 120, 75–95. [10.1016/j.egypro.2017.07.156](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.156)
- Scrivener, K. L. y Snellings, R. (2022). The Rise of Portland Cements. *Elements*, 18(5), 308–313. <https://doi.org/10.2138/gselements.18.5.308>
- Vela, F. (2012). La ciudad de San Miguel en su paisaje histórico. *Allpanchis*, XLIII(80), 51–83.