



**MEMORIA DE CONSERVACIÓN EN EL MONASTERIO DE SANTA CATALINA**

**RECUPERACIÓN DE  
CUATRO AMBIENTES DE BÓVEDA,  
CONSERVACIÓN DE LA PINTURA  
MURAL DEL CORO BAJO  
Y APUNTALAMIENTO  
DE UNA BÓVEDA**

**World Monuments Fund  
Promociones Turísticas del Sur S.A.  
Congregación de Monjas del Monasterio de Santa Catalina**

**Memoria de conservación en el  
Monasterio de Santa Catalina**

**RECUPERACIÓN DE CUATRO AMBIENTES DE BÓVEDA  
EN EL PATIO DEL SILENCIO CON APERTURA A LA CALLE  
UGARTE, CONSERVACIÓN DE LA PINTURA MURAL DEL  
SECTOR NORTE DEL CORO BAJO Y APUNTALAMIENTO  
PREVENTIVO DE UNA BÓVEDA**

Arequipa - Perú



**Comité editorial:**

Isabel Olivares López de Romaña, Marisol Velazco Gutiérrez

**Fotografías:**

José Álvarez Chávez, Isabel Olivares López de Romaña, Marisol Velazco Gutiérrez

**Diagramación:**

Katiuska Zeballos Velarde

**Ilustración infografía del coro bajo:**

Edwin Ríos Pacheco

**Ilustración 3D página 22:**

Ximena Zenteno Gutiérrez

© Promociones Turísticas del Sur S.A.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio

Impreso por Gráficas Unidas S.R.L.

Arequipa, agosto de 2012

## Índice

<b>Introducción</b>	<b>5</b>
<b>Prólogo</b>	<b>7</b>
<b>Generalidades</b>	<b>9</b>
Evolución arquitectónica	11
Restauración del monasterio	14
<b>Primera Parte: Recuperación de cuatro ambientes de bóveda en el Patio del Silencio con apertura a la calle Ugarte</b>	<b>19</b>
Restauración de las bóvedas: memoria descriptiva	21
Intervención realizada	28
Usos anteriores y hallazgos en las cuatro bóvedas	50
Tratamiento de superficies policromadas	55
<b>Segunda Parte: Conservación de la pintura mural del sector norte del coro bajo</b>	<b>59</b>
<b>Tercera Parte: Apuntalamiento preventivo de una bóveda</b>	<b>67</b>

<b>Anexos</b>	<b>71</b>
Anexo I: Uso de puzolanas en morteros y concreto.	
Proporciones recomendadas para su uso, en morteros y concreto en las obras de restauración del Convento de Santa Catalina - 2011	73
Anexo II: Ventajas de la cal en la restauración de edificios antiguos	77
<b>Bibliografía</b>	<b>87</b>

## Introducción

Restaurar y promover los valores de un monumento religioso y arquitectónico como el Monasterio de Santa Catalina de Arequipa es responsabilidad permanente de quienes estamos comprometidos con su gestión. Dada la importancia del monumento, la tarea exige el mayor profesionalismo y resulta no por compleja menos grata. La aplicación de los más exigentes procedimientos técnicos suele ser acompañada por la revelación de nuevos hallazgos que permiten aquilatar mejor las transformaciones ocurridas en el monasterio a lo largo de su historia. Esta memoria da cuenta de una serie de trabajos iniciados en diciembre del 2006.

El proyecto constó de tres partes: **La primera** (marzo 2010 – mayo 2012) consistió en la restauración de cuatro ambientes de bóveda con la reapertura de la puerta tapiada que da a la calle Ugarte. La obra tuvo como proyectista al arquitecto Gonzalo Olivares Rey de Castro, quien formó parte del equipo de restauración en los trabajos previos a la apertura del monasterio en 1970, como supervisor al ingeniero José Luis Leiva Montoya, como residente la arquitecta Marisol Velazco Gutiérrez y como maestro de obra a Oscar Chura. **La segunda**, es la conservación de la pintura mural del coro bajo de la iglesia, bajo la conducción del restaurador Víctor Quico. Finalmente, **la tercera parte** fue el apuntalamiento preventivo de una bóveda que se encontraba a punto de colapsar, a cargo del Ing. Juan Sacaqui. La restauradora Isabel Olivares López de Romaña ha sido la coordinadora responsable del proyecto.

Se ofrece aquí el informe sobre los trabajos realizados, precedidos de una síntesis de la evolución histórica y restauración de la arquitectura del Monasterio de Santa Catalina. Se anexa al final dos informes complementarios sobre el uso de puzolanas y morteros de cal que pueden resultar útiles para futuras intervenciones. La realización de este proyecto ha sido posible gracias a la ayuda de World Monuments Fund® *Robert Wilson Challenge to Conserve our Heritage*, de Promociones Turísticas del Sur S.A. y de la Congregación de Monjas del Monasterio de Santa Catalina.

Gonzalo Bedoya Stafford  
Presidente del Directorio de Promociones Turísticas del Sur

## Prólogo

Es un orgullo para mí, como Presidenta del World Monuments Fund Perú, el tener la oportunidad de preservar, o mejor dicho, contribuir a la preservación de importantes monumentos, y saber que a su vez, esto incrementará el turismo y traerá desarrollo para nuestro querido Perú.

En esta ocasión, y después de haber sufrido severos daños a causa de terremotos, no podíamos mantenernos ajenos al proyecto para la recuperación de algunos ambientes del Monasterio de Santa Catalina de Siena. Siendo una muestra excepcional de cuatro siglos de arquitectura arequipeña, ha hecho de la Ciudad Blanca un centro virreinal de marcada identidad.

Personalmente, me siento atraída por su imponente fachada, sus pequeñas calles y sus claustros, llenos de flores coloridas y paredes de sillar muy pintorescas. Sólo deseo que la puesta en valor de este monasterio nos permita, en cada visita, envolvernos en el velo de misterio, paz y silencio, de la vida de las religiosas que allí dedicaron su vida a Dios desde el siglo XVI.

Cuando hablamos de restaurar, nos hace pensar en volver a un estado anterior, recuperar algo que se perdió en el pasado. Considero que la restauración de nuestro patrimonio cultural es el impulso hacia un futuro mejor, lleno de oportunidades. Es por ello que el World Monuments Fund Perú está comprometido con esta labor, y estoy segura que cada vez seremos más los actores que de manera responsable, trabajemos con orgullo en la recuperación de los monumentos que conforman nuestra valiosa historia.

Marcela Pérez de Cuéllar  
Presidenta  
World Monuments Fund Perú

# Generalidades





## Evolución arquitectónica

Restauradora Isabel Olivares

En 1532 empieza la conquista española del Tahuantinsuyo o Imperio de los Incas. A los pocos años, el 15 de agosto de 1540, por encargo de Francisco Pizarro se funda la Villa Hermosa de Arequipa como punto estratégico para la consolidación por el sur de sus nuevos dominios. Aquí los conquistadores intentan reproducir instituciones y costumbres de sus lejanas tierras. Tras el establecimiento en la ciudad de las principales órdenes religiosas, el 10 de setiembre de 1579 la viuda arequipeña María de Guzmán funda el Monasterio de Santa Catalina de Siena, con la debi-

da autorización del Virrey Francisco de Toledo y del obispo del Cusco, Sebastián de Lartaún (Arequipa formó parte de aquel obispado hasta 1609, año en que el Papa Paulo V la convirtió en Sede Episcopal).

El alarife español Gaspar Báez fue el encargado de ejecutar las obras. Asistido por albañiles indígenas, Báez se encargó de hacer los cimientos, aplomar los muros (para que “vayan derechos” según el contrato) y edificar la portada del templo, además de otras construcciones y adaptaciones necesarias para el nuevo monasterio. Báez cumplió su

compromiso y obtuvo en adelante el encargo de las principales obras de construcción de Arequipa. La propuesta arquitectónica inicial optó por muros de cal y canto con techos de par y nudillo con paja y posteriormente se incorporó el uso de tejas sobre estructuras rústicas de madera, con sencillas portadas de sillar.

A pesar de la falta de registro detallado que permita hacer un seguimiento puntual de la construcción del monasterio, se deduce que sus primeras edificaciones debieron ser los ambientes con techos de teja que subsisten en la calle



La Fundadora. Anónimo. Siglo XVIII

Toledo. La antigua iglesia, de la que quedan detalles ornamentales, albergó más tarde a la cocina común. La zona propiamente monástica correspondería a una etapa posterior. Entre 1660

y 1673, el Obispo Juan de Almaguera, edificó el templo, el coro, dos dormitorios, la portería y la muralla exterior de calicanto que antes fue de adobe<sup>1</sup> gastando en estas obras más de cincuenta mil pesos”. Durante buena parte del siglo XVII muchos lotes urbanos de la pequeña ciudad seguían marcados con cercos rústicos como era el caso de Santa Catalina. El Obispo Almaguera cercó “de fortísimo muro” el monasterio, y al decir de Zamácola, “dióle más extensión al terreno, sin reparar en el perjuicio que causaba a la ciudad y al público cortando dos calles rectas”. La mayor parte del muro se conserva hasta la fecha.

A los pocos años de levantar las primeras construcciones en el monasterio

<sup>1</sup> Mariano Ambrosio Cateriano, UNSA, 1998 p. 265.

sobrevendrían dos dramáticos terremotos: el del 2 de enero de 1582 y el de 1600, originado por la erupción del volcán Huaynaputina, al que seguiría otro sismo tremendo en 1604. El monasterio había soportado numerosos sismos, ya que a los ya mencionados pueden sumarse los de 1615, 1666, 1668, 1687, 1715 y 1732. Más tarde sobrevendrían los terremotos de 1784 y de 1868.

A partir del siglo XVII se da el uso de bóvedas de sillar en la arquitectura civil, anteriormente utilizadas solo en arquitectura religiosa. Los continuos terremotos, temblores y erupciones volcánicas, hicieron que las edificaciones en Arequipa fueran sólidas y seguras. Por eso los muros de cajón que tiene la arquitectura arequipeña son gruesos, se utilizan las bóvedas con grandes

contrafuertes y cúpulas achatadas en los templos. Los anchos muros de sillar, con un espesor promedio de 1,60 m en el caso de los templos, se levantaban en forma de caja: dos paredes paralelas encierran entre ambas un material de carga, que da a las construcciones un peso y unas dimensiones capaces de absorber el empuje lateral de las bóvedas. Como argamasa se empleaba un mortero de cal y canto que consta de cal, arena gruesa y piedra grande o ripio de sillar. Entre los canteros podía encontrarse indios que dominaban el labrado de la piedra porque ya desde épocas prehispánicas tenían acervo cultural en esta técnica, formándose así familias enteras dedicadas a este oficio.

El monasterio se expandió dos veces, es de suponer que primero hacia

la parte de San Lázaro, donde se compró un conjunto de casas, rompiendo la traza de damero original de la ciudad, (aunque más tarde, en 1944, se llevaría a cabo una ampliación de lo que hoy es la calle Zela, quitándole al monasterio parte de lo adquirido) y luego por la parte del coro del templo, donde se le añadió el espacio de una calle entera habiendo comprado el monasterio toda la fila de casas de la calle de enfrente, corriéndose la calle (hoy Ugarte), de manera que el monasterio se ensanchó por ambos lados.

Con los terremotos de 1784 y de 1868 fue preciso reconstruir y replantear parte de la arquitectura. Las bóvedas caídas se remplazaron con el tercio superior de ladrillo, como puede verse en los ambientes uno y dos de este proyecto, o con techos planos de

sillar con rieles provenientes del ferrocarril Mollendo - Arequipa - Puno que había comenzado a funcionar en 1871. Esta solución puede verse en la Sala de Labores del monasterio.



## Restauración del monasterio

Restauradora Isabel Olivares

El Monasterio de Santa Catalina, que ejemplifica mejor que ningún otro monumento la evolución arquitectónica de Arequipa, fue declarado Monumento Histórico Nacional en 1944, con el fin de garantizar su intangibilidad. Ya en el siglo XX, el 15 de enero de 1958, se produjo un terremoto en nuestra ciudad y casi exactamente dos años después, el 13 de enero de 1960, se desencadenó un nuevo terremoto en Arequipa. Como buena parte de la ciudad, el monasterio y la iglesia de Santa Catalina se vieron severamente afectados por dichos terremotos. Después

del terremoto de 1958 la comunidad de monjas de Santa Catalina invirtió en una primera restauración de los claustros y el templo, pero el sismo siguiente volvió a afectarlos.

La Junta de Rehabilitación y Desarrollo de Arequipa, creada especialmente para enfrentar el desastre causado por ambos sismos, se ocupó de la reconstrucción de algunos monumentos, pero no tomó en cuenta el Monasterio de Santa Catalina debido a su elevado costo y por la misma condición de rígida clausura, que hacía difícil la entrada de los expertos para la evaluación de

los daños. Por el precario estado en el que se encontraba, hubo propuestas de demolición o de construcción de dos pisos en concreto armado, así como la apertura de una calle que pasaba en medio del convento. Entre 1968 y 1970, se construyó por encargo de las monjas, un moderno edificio en parte de la huerta y zonas destruidas por el terremoto, donde se trasladaron a vivir, acción que facilitó el posterior proceso de restauración.

Para recuperar el monasterio se pensó en varias soluciones, como realizar una colecta pública u obtener presta-

mos de entidades bancarias, pero éstas ponían como requisito que los locales fueran destinados a uso comercial para recuperar la inversión, opción que fue rechazada por el Arzobispado porque se perdía la espiritualidad monacal del monumento. Cuando no se vislumbraba salida, surge la iniciativa de un grupo de empresarios locales, encabezados por el Ing. Eduardo Bedoya Forga, que propuso la ejecución de obras de restauración que permitirían salvar el monumento y abrirlo al público para visitas turísticas. Con este fin se creó la empresa Promociones Turísticas del Sur y se llegó a un acuerdo con la comunidad de monjas del Monasterio de Santa Catalina, donde a cambio de la restauración del monumento, se daba a la nueva empresa una concesión durante veinte años para recuperar la inversión. Este

contrato ha ido renovándose con algunas variantes en sucesivas oportunidades hasta el día de hoy.

En la década del 70 la Carta de Venecia todavía no tenía la difusión que tiene hoy, sin embargo los criterios aplicados para restaurar el Monasterio de Santa Catalina coincidieron en buena parte con sus postulados y merecieron el elogio de críticos y expertos. Se comenzó por cuantificar la inversión requerida y diseñar un plan que permitiría la viabilidad financiera, para luego proceder a un análisis de las características de su arquitectura, recurriéndose en los trabajos a materiales originales (sillar, mortero de cal y arena, impermeabilización con carga de cal y sillar, evacuación por gárgola y otras particularidades), ordenando los elementos auténticos en sus emplazamientos ori-

ginales y respetándose la autenticidad del monumento.

Fue necesario reconstruir numerosos muros y bóvedas que estaban solo apuntalados, se eliminaron pisos modernos para recuperar los auténticos, y se retiraron construcciones adosadas. Se hicieron nuevas instalaciones de agua, desagüe y electricidad y una larga serie de trabajos específicos, para adaptar el monumento a su nuevo uso. Poner en valor un monumento equivale a hacerlo habitable en condiciones que permitan su aprovechamiento en el tiempo actual. Para que un monumento pueda mantenerse vivo es necesario que pueda generar recursos para su auto sostenimiento, pues de lo contrario estará destinado a morir. Es preciso tener en cuenta que los monumentos de interés histórico y artístico consti-



tuyen también recursos económicos al igual que los recursos naturales de un país, y que los valores culturales no se desnaturalizan al vincularse con los intereses turísticos.

El Monasterio de Santa Catalina fue oficialmente abierto al público el 15 de Agosto de 1970. Este monasterio está conformado por varias callejuelas y tres claustros. Construido en sillar (piedra volcánica), ocupa un área de 20 426 m<sup>2</sup>. La visita al Monasterio de Santa Catalina ha promovido a Arequipa como destino turístico importante en el sur del Perú. No solo es significativo como monumento histórico y arquitectónico, sino que también alberga importantes piezas de arte virreinal que nos relatan la historia de quienes habitaron en esta región a lo largo de cuatro siglos y constituye una fuente importante de

desarrollo económico de la región.

En junio del 2001 un nuevo sismo sacudió la ciudad, dañando varias construcciones y monumentos como la Catedral de Arequipa, que perdió una de sus torres y la otra quedó seriamente averiada. Así también el templo y parte del muro perimétrico del Monasterio de Santa Catalina. A raíz de los daños causados por el sismo se emprendieron nuevamente tareas de restauración del monumento.

Con el transcurso del tiempo y el incremento de visitantes, el Monasterio de Santa Catalina ha ido ganando importancia en el campo cultural y turístico de Arequipa, lo cual ha generado una necesidad de nuevos espacios destinados a actividades de extensión cultural. Por las mismas características físicas del monasterio, es decir, la con-

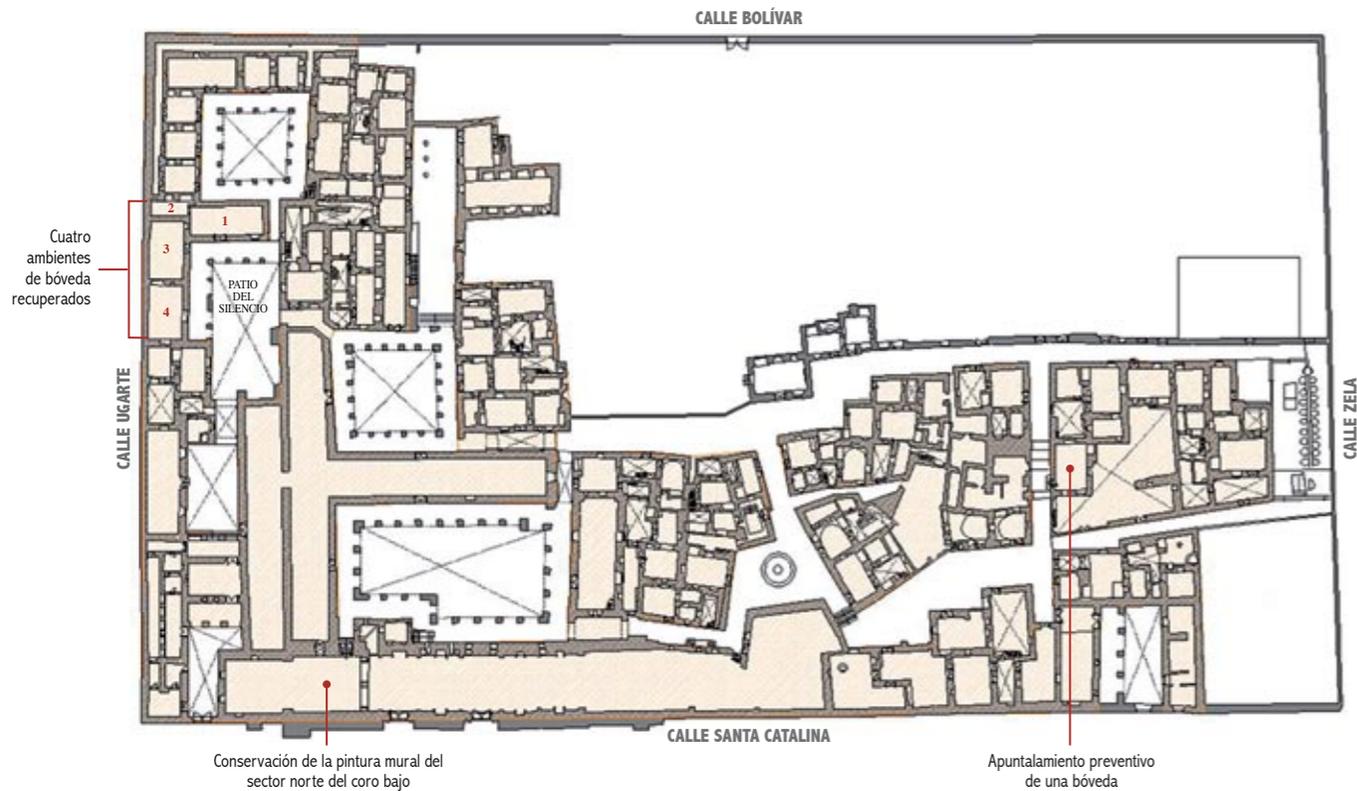
formación de sus calles, celdas y la muralla que lo rodea, sumado a su condición de monumento, no es fácil adecuar espacios para salas de audiovisuales, aulas, auditorio o recintos de muestras temporales, que cuenten con un ingreso y servicios independientes del resto del monasterio sin desfigurarlo.



Primera Parte

Recuperación de  
cuatro ambientes  
de bóveda en el  
Patio del Silencio  
con apertura a la  
calle Ugarte





## Restauración de las bóvedas

### MEMORIA DESCRIPTIVA

Arq. Gonzalo Olivares Rey de Castro  
CAP 213

Esta primera parte del proyecto consiste en el rescate de cuatro ambientes de bóveda, que se encontraban fuera de uso dado su precario estado de conservación. Tienen un ingreso directo desde la calle UgarTE, que se encontraba tapiado. La rehabilitación de este espacio favorece no sólo al monasterio, dándole la posibilidad de contar con locales de exposiciones, salas de proyecciones, conferencias y eventos en general, para realizar actividades independientes sin tener que ingresar

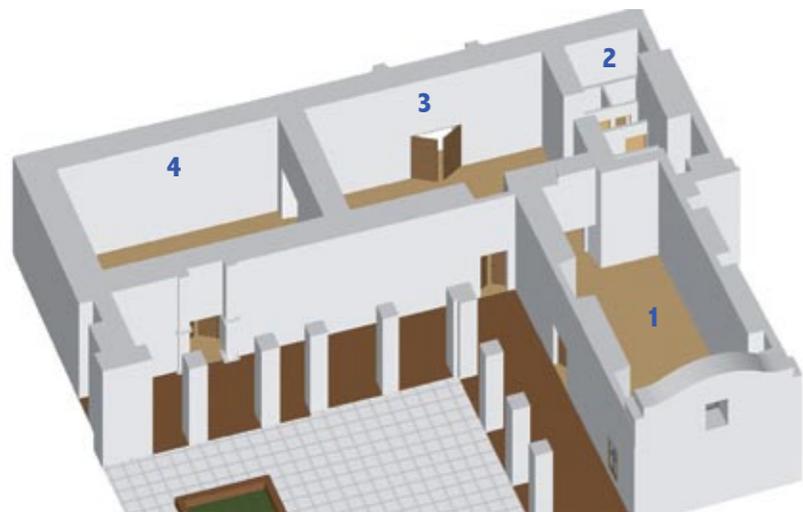
al resto del edificio, pero además la habilitación de estos ambientes constituye una contribución a la vida cultural de la comunidad arequipeña y la apertura de la puerta tapiada de la calle UgarTE es un aporte para la reactivación del centro histórico, incrementando el tránsito peatonal e integrando mejor a las manzanas hacia el río Chili. Se parte de la premisa que un monumento histórico no es un ente aislado sino que forma parte del “equipo” que conforma el centro histórico.

El conjunto ocupa el espacio de los terrenos que se adquirieron en la ampliación del monasterio en el siglo XVIII y están ubicados en torno al Patio del Silencio. Se ha numerado los ambientes del uno al cuatro para poder referirnos a ellos con mayor facilidad.

### LA SALA CAPITULAR

#### Ambiente uno

Se trata de una estancia amplia que conserva su piso de ladrillo original y tiene el tercio superior de la bóveda



restaurado con ladrillo. No requirió de ningún tratamiento estructural, pues la bóveda no presentaba alteraciones y los muros no tenían rajaduras, de modo que el tratamiento fue meramente superficial. El piso de ladrillo requirió

reposiciones puntuales solamente. Se ha clausurado la comunicación con el ambiente dos y se ha abierto la puerta hacia el ambiente tres que había sido clausurada.

De este modo, es posible utilizar la



Ambiente uno antes de la restauración, con los muros y bóveda estucados con cemento.

bóveda del ambiente uno que corresponde a la Sala Capitular, como salón de proyecciones o de conferencias,



Fachada tapiada hacia la calle Ugarte.

con acceso, sea por la bóveda que comunica con la calle Ugarte, el ambiente tres, o desde el interior del monasterio por el Patio del Silencio, lo que permi-

tiría usarlo al inicio o al final del recorrido, complementando la visita, sobre todo tratándose de grupos de escolares.

Este ambiente estará destinado a aula y sala de audiovisuales o conferencias.

## DEPÓSITO

### Ambiente dos

Techado con una pequeña bóveda restaurada con ladrillo, dotada de claraboya y con piso de ladrillo. Esta pequeña habitación, por sus características, se ha destinado a SS.HH. del conjunto, para lo cual se ha abierto una puerta que comunica con el ambiente tres y se ha clausurado el vano que comunicaba al ambiente uno.

Ha recibido un tratamiento especial para que las instalaciones sanitarias no



Ambiente dos antes de la restauración, visto a través de una puerta actualmente clausurada del ambiente uno

toquen los pisos ni los muros y que la intervención sea reversible. Para ello,

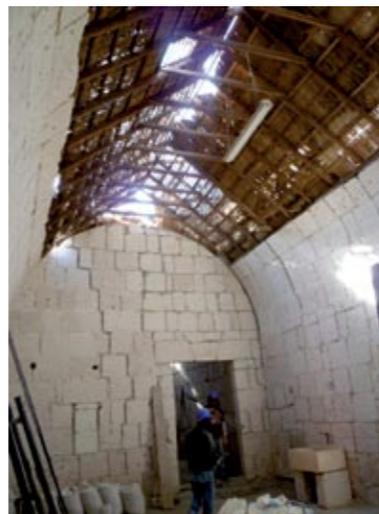


Emboquillado de ladrillo en tercio central de la bóveda, ambiente dos.

ha sido necesario extender una geomembrana sobre la cual se colocaron tablonces de madera de 5" x 2" y luego las tuberías de agua y desagüe. Luego se rellenaron los espacios vacíos con

una mezcla pobre de cemento - arena 1/30 encima de las cual se colocó, en el pasadizo de entrada, un entablado de pino Oregón y en los baños un piso de porcelanato. Todo este piso ha quedado a 15 cm por encima de los pisos contiguos. El emisor de desagüe pasa por el ambiente tres cuyo piso está atravesado por una tubería que viene del Patio del Silencio, evitándose así cualquier intervención traumática en los muros o pisos actuales. Las instalaciones de agua por encima de la superficie han sido superpuestas al muro evitando tocarlo, y cubiertas luego con un zócalo de dry-wall a una altura conveniente.

Los dos espacios que constituyen los baños, llevan un cielo raso a 2,40 de modo que desde el pasillo sea posible apreciar el espacio completo de la habitación, así como la claraboya existen-



Ambiente tres antes del tratamiento, con cobertura de estera y daños en el muro divisorio.

te. La ventilación ha sido reforzada por extractores mecánicos conectados a los interruptores de luz.

## PROCURACIÓN

### Ambientes tres y cuatro

Estos ambientes formaron parte de lo que fue la Procuración. Son las dos habitaciones de mayores dimensiones, paralelas y contiguas a la calle Ugarte, que habían perdido sus bóvedas originales y requirieron de una intervención importante. Estaban techadas con estructuras de madera que sostenían un techo de caña con teatinas de iluminación y cobertura final de calamina. Los muros transversales fueron parcialmente desarmados para asegurar su integridad.

Inicialmente se pensó simplemente en reconstruir las bóvedas caídas, pero un análisis más cuidadoso reveló un desplazamiento en la verticalidad del muro hacia la calle Ugarte, que requería una intervención mucho más



Ambiente tres en proceso de destechado. Nótese la cobertura de estera en el ambiente cuatro (al fondo) y daños en el muro divisorio.



Ambiente cuatro destechado, con las dovelas de la bóveda listas para ser utilizadas. Al fondo, restauradora trabajando en consolidación de pintura mural en la hornacina.

importante, pues parece ser que originalmente fue simplemente un muro de cerco del monasterio, que no recibía empujes laterales de las bóvedas que

fueron construidas después y cedieron por desplazamiento del muro.

Sabiendo que el desplome de las bóvedas había sido ocasionado por un de-

fecto en la construcción original, en el momento de iniciar los trabajos de restauración, se contempló la posibilidad de ensanchar el muro como la solución más coherente con los sistemas constructivos del monasterio, pero este criterio tuvo que desecharse por la imposibilidad de invadir la sección de la calle Ugarte por un lado y la inconveniencia de alterar el espacio interior de ambas bóvedas si el muro se ampliaba hacia adentro. Luego de consultar y pedir opiniones a diferentes especialistas, se acordó desarmar el muro, numerando las piezas y reconstruirlo recuperando la verticalidad y colocando dos tirantes de acero en cada bóveda, descartando también las estructuras de concreto propuestas en un principio. Se decidió no desarmar la portada para evitar posibles daños, considerando que esa

zona tenía un mayor ancho en razón de la presencia de la portada misma, cuyas piezas serían restauradas “in situ” con la única alteración del cambio de la protección a la cruz por otra menos invasiva, ante la necesidad de conservarla por ser motivo de un culto popular muy arraigado.

La puerta de ingreso deberá quedar abierta la mayor parte del tiempo, por lo tanto es necesario proteger los ambientes interiores del frío exterior, pues el sol no toca este costado y el viento dominante sopla del sur. Por este motivo, se ha dispuesto la colocación de un tabique de madera formando un vestíbulo que permite el ingreso mediante dos puertas colocadas en los costados.

Al efectuar las calas en ambos ambientes (tres y cuatro) se ha encontra-

do un piso subyacente de sillar que ha sido conservado luego de emparejar los niveles, extendiendo sobre él una membrana de protección, una capa de confitillo y un falso piso de concreto-hormigón 1:10 con cuartería de madera de tornillo cada 50 cm para instalar un piso de madera machihembrada de pino Oregón.

Finalmente, en las bóvedas se ha hecho dos claraboyas semejantes a la encontrada en el ambiente dos, en el mismo lugar donde se ubicaban las teatinas en el techo de esteras y calamina encontrado originalmente. Estas proporcionan un nivel de iluminación cálido y uniforme durante el día, por las condiciones climáticas particulares de Arequipa.

Conviene destacar que la conexión con la bóveda de acceso por la calle

Ugarte permite la utilización del conjunto en horario independiente del que rige para las visitas al monasterio.



## Intervención realizada

Arq. Marisol Velazco Gutiérrez  
CAP 11285

El proceso de intervención consiguió el mejoramiento de la infraestructura del monumento, la adaptación de espacios a nuevos requerimientos sin dañar el patrimonio arquitectónico, permitiendo una reversibilidad, rescatando técnicas y materiales tradicionales, entre ellos la cal.

Hablaremos primero de los **Trabajos preliminares**, luego **Obras civiles** y finalmente **Acabados**.

### TRABAJOS PRELIMINARES

Consistieron en:

- Selección de mano de obra calificada, análisis y elección de materiales.
- Exploración detallada de pisos y muros por medio de calas de sondeo.
- Retiro de coberturas de caña y calamina de los ambientes tres y cuatro.
- Demolición de pisos de concreto de los ambientes tres y cuatro.
- Liberación de encalados en los muros y en los tercios de bóvedas restantes de los ambientes dos, tres y cuatro.
- Retiro de estuques de cemento de muros de sillar y bóveda mixta en el ambiente uno.

La liberación de encalados por ser una operación delicada e irreversible se trabajó manualmente, buscando indicios de pintura mural. La calidad de la limpieza obtenida puso a la luz muchos hallazgos y evidenció un desplome o pérdida de verticalidad del muro portante hacia la calle Ugarte de un promedio de 15 cm, lo que excede el máximo permisible que es de un 10% con relación al eje del muro. Para confirmar



Proceso de destechado. Techo de calamina con estructura de madera y esteras con una teatina.

que el desplome correspondía tanto al interior como al exterior del muro se utilizó plomada y cordel, tomando la altura y la distancia hacia un eje vertical puesto a plomo.

### OBRAS CIVILES

Consistieron en desarmar y armar el muro desplomado hacia la calle Ugarte, primero en el ambiente cuatro y posteriormente en el ambiente tres, para luego reintegrar los tercios faltantes de las bóvedas en el mismo orden. A sugerencia de World Monuments Fund (WMF), se buscó conservar el sistema constructivo tradicional utilizando técnicas y materiales como cal y puzolana, evitando el uso de concreto armado (fierro y cemento), ya que éste puede llevar a la pérdida total del edificio restaurado en caso de fallar en un sismo.



### Reconstrucción del muro de cajón

Desarmado del muro:

Se realizó la numeración y codificación de las piezas de sillar en las paredes interiores y exteriores del muro de cajón con pintura base terrosa color celeste por ser fácil de retirar. El desmontaje de las piezas se trabajó ordenadamente por hiladas iniciando por el remate del muro, que se encontraba 1,9 m por encima de la cobertura de las bóvedas, lo que hace que el muro se vea más esbelto hacia la calle; para esta labor se construyó una estructura de andamios, por el interior y el exterior del muro, las piezas se almacenaron según su código sobre una superficie dura de planchas de aglomerado, en depósitos construidos con cercos provisionales en la calle y en el Patio del Silencio.



Desarmado de muro. Puede verse el núcleo y los tabiques del muro de cajón y el arranque de la bóveda.



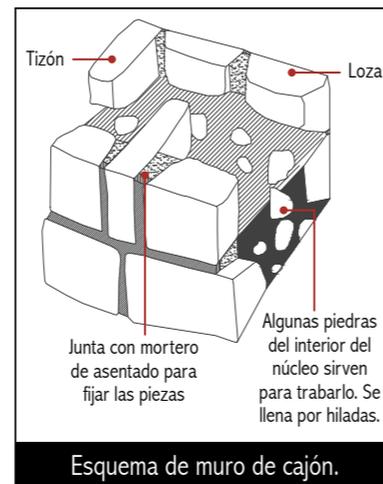
Estructura de un muro de cajón donde se evidencia las lozas y los tizones a manera de clavos para trabar los dos tabiques del muro de cajón con el núcleo.

El núcleo del muro de cajón se retiró teniendo cuidado de registrar los

hallazgos, donde se encontró mortero de cal y canto, tierra, ripio de sillar probablemente de construcciones caídas, tejas, vestigios de comidas, pedazos de ceramios rotos, etc. junto con piedras grandes de río (50 a 60 cm promedio), que fueron separadas para ser reutilizadas posteriormente en el nuevo núcleo, partidas por la mitad. La cantidad de desmonte eliminado fue considerable.

Durante esta labor se puso en evidencia la presencia de un aparejo con dos tipos de piezas en cada hilada del muro, el primero como un prisma cuadrado, denominado loza y el segundo, un prisma rectangular denominado tizón, que sirve para trabar los dos muros con el núcleo a manera de clavo, con un ritmo promedio de un tizón por cada tres lozas. Estos prismas tenían

medidas mayores en la cara exterior que al interior. Las piezas de sillar estaban unidas con morteros de cal y arena con la junta delgada al exterior y que al interior se abre en forma de cuña, lo que facilitó la recuperación total de las piezas.



Rearmado del remate del muro. Nótese los encofrados provisionales con cuartones de madera, para mantener las piezas en su lugar durante el proceso de relleno del núcleo.

Rearmado del muro:

Se trabajó por hiladas respetando siempre los códigos de numeración de las piezas, que diferenciaban si pertenecían al interior o exterior del muro de cajón, el ambiente, la hilada y finalmente el número de pieza, para que cada una ocupe su lugar original, verificando periódicamente la verticalidad del muro. En el rearmado del muro no se llegó al cimientó (la rasante actual de la calle ha subido con la habilitación de veredas), por lo que se inició con la última hilada por debajo del nivel del piso de el ambiente cuatro que está más bajo que el nivel actual de la calle Ugarte, aquí se le cambió el núcleo para proceder, como en el resto de las hiladas, a asentar (colocar encima) las piezas de sillar numeradas, tanto del muro interior como del exterior, con mortero de cal, arena



Proceso de relleno del núcleo, dejando piedras sobresalientes a manera de traba para la siguiente hilada.

y puzolana. Se dio un encofrado simple a cada hilada con cuarterones de madera en ambas caras del muro, unidos por un alambre que atravesaba el muro por

las juntas, lo que ayudó a que las piezas de sillar se mantengan en su lugar durante el relleno del núcleo. Se usó vibradora para evitar bolsas de aire o

dejar espacios vacíos entre la mezcla y las piedras del nuevo núcleo consistente en cal, arena, puzolana y cascajo, mezclada con la piedra de río partida de 20 cm como máximo.

Tanto para el asentado como para el relleno del núcleo se humedeció los sillares para evitar la deshidratación del mortero. Al rellenar al núcleo por hiladas se dejaban piedras sobresalientes a manera de traba para el mortero de la siguiente hilada.

Se trabajó alternadamente, un día en vaciar el núcleo y otro para asentar las piezas en las paredes laterales. En las juntas se dejó bruñas que fueron posteriormente emboquilladas con cal, arena y polvo de sillar.

Finalmente la numeración de los sillares se limpió con escobilla y agua, evitando barretas y escobillas metáli-



Desarmado y reconstrucción parcial del muro testero divisorio entre los ambientes tres y cuatro. Nótese el encofrado provisional con cuarterones de madera unidos por alambres a través de las juntas.

cas. Para marcar los niveles se tomó la precaución de usar ocre azul, que se elimina con mayor facilidad que el ocre rojo.

### **El muro testero divisorio entre los ambientes tres y cuatro**

Debido a las fisuras existentes, fue numerado y desarmado parcialmente para reconstruirlo con el mismo sistema, aprovechando también para trabajar al muro de la calle Ugarte, ya que éste se encontraba únicamente apoyado en lo que inicialmente sólo fue un cerco.

### **La portada hacia la calle Ugarte**

Sin desarmar la portada se procedió a reemplazar elementos averiados o fabricados en cemento, por piezas talladas en sillar y dos piezas del dintel del

vano que se encontraban fracturadas. Como las bases de las pilastras están enterradas, se pretende dejar unos vidrios a nivel de la vereda para poder observarla. Se reparó también la urna de vidrio donde se coloca la cruz.



Portada hacia la calle Ugarte durante la intervención.

### Reconstrucción de dos bóvedas de sillar

Esta etapa se inició trazando el radio de la bóveda sobre los muros testeros y ubicando el centro de la bóveda para luego sacar la plantilla con planchas de



Trazado del radio de la bóveda para sacar la plantilla con planchas de madera prensada.

madera prensada, con lo que se verificó que el muro estaba inclinado. Se trazó y replanteó el radio en el piso, labor indispensable para labrar o tallar las dovelas, claves, claraboyas y poder luego construir las cerchas de madera,

sobre las cuales se acomodarían las dovelas.

Terminada esta etapa, se procedió al desmontaje y montaje del muro como se ha explicado anteriormente, para luego reconstruir la bóveda. Debido a que el



Plantilla de madera prensada.



Construcción de cerchas de madera para soportar las dovelas de la bóveda.

sol acelera el secado de los materiales fue necesario habilitar una cobertura provisional sobre las bóvedas.

**Labrado de dovelas o piezas de sillar del tercio superior de la bóveda:**

Este trabajo se realizó en obra con alarifes especializados, puliendo sólo la cara que corresponde al intradós de

la bóveda para borrar las huellas dejadas con las herramientas, al contrario de los antiguos maestros que dejaron huellas en cada pieza.

**Encofrado de bóveda o encerchado:**

Las cerchas son estructuras que tienen la forma exacta del intradós de la

bóveda y han servido de guía y sostén a las dovelas con las que se ha repuesto el tercio de la bóveda que se desplomó. Se construyeron en obra con madera tornillo. A pesar de ser de carácter temporal, su fabricación requiere mucho material, tiempo, espacio y es una de las partidas más caras en la restauración de una bóveda.

El encofrado se inició luego del rearmado del muro a plomo. Como primer paso se armó una estructura de parantes verticales de eucalipto o puntales, que sirven de soporte a unos durmientes horizontales, o vigas de madera de forma cuadrada (cuartones) llamada "mesa". Sobre ésta se colocan las cerchas, que van unidas a una distancia exacta con tablas, para luego recibir las dovelas.



Preparación y almacenamiento de piezas de sillar como dinteles, claves y dovelas en obra.



Encofrado o encerchado.

**Colocación de dovelas:**

Se inicia por ambos costados del tercio central faltante de la bóveda, desfasando las piezas de forma progresiva, para que no queden arcos continuos con el resto de las dovelas hasta llegar a la parte superior de la bóveda o clave.

El intradós de la bóveda no presenta juntas pero el extradós sí. Las dovelas



Detalle de las cuñas.



Las dovelas por la parte exterior tienen cuñas de rajos de piedra pequeñas, los espacios vacíos fueron rellenos con la primera capa de mortero.

están sujetas por la parte exterior con cuñas de piedra pequeñas, dejando unos espacios que luego serán rell-

nados con la primera capa de mortero, razón por la cual deben estar saturadas con agua.

#### Desenfofrado de bóveda:

Se esperó un mes antes de proceder al desenfofrado, hasta que la bóveda y el mortero alcanzaran la consistencia suficiente para mantenerse por sí mismos. Las cerchas se separaron de la bóveda aflojando los apoyos de la mesa luego se bajó cada cercha una por una.

#### Refuerzos estructurales:

Se optó por colocar cuatro tirantes de refuerzo en los ambientes tres y cuatro, para enmendar las deficiencias estructurales sin utilizar concreto armado. Estos consisten en varillas de acero con los extremos roscados, sujetas al exterior de los muros con tuercas sobre una plancha metálica, estructural de refuerzo que ha sido usada en muchas bóvedas de Arequipa. Para la



Rearmado del muro con piezas originales de lozas y tizones, refuerzo de bóveda con varillas de acero templado con los extremos roscados que van sujetos a una plancha de acero por el exterior.

instalación de dichos tirantes se hizo perforaciones con barreno en los muros internos que no se desarmaron, para pasar los tirantes, protegidos con tubos de PVC.

“El reforzamiento propuesto considera colocar tirantes atravesando el techo

en forma de arco donde han ocurrido los daños, para tomar los empujes horizontales a los que la estructura pueda estar sujeta. De esta forma, estos elementos nuevos tomarían las cargas que han ocasionado el desplome del muro y sus daños, y los muros esta-

rían sometidos únicamente a esfuerzos ocasionados por las cargas verticales. Para calcular los esfuerzos de tracción que tomarían los tirantes se realizó un análisis estructural considerando el peso propio del techo en forma de arco y una sobrecarga establecida por la Norma E 0,020 de Cargas del Reglamento Nacional de Edificaciones de 50 Kgf/m<sup>2</sup> para techos curvos”<sup>1</sup>.

Cabe anotar que para el tercio central de la bóveda se utilizó un mortero mixto de cal, arena, puzolana y cemento según las especificaciones técnicas.

<sup>1</sup> Extracto de la propuesta del Ingeniero Antonio Blanco Blasco para el reforzamiento de las bóvedas sin la utilización de concreto ni fierro.



Plancha metálica de refuerzo estructural para la bóveda.



Curado del mortero para evitar una rápida deshidratación que ocasionaría fisuras.

Cobertura de bóvedas y carga de techo:

Se exageró las pendientes para evacuar el agua de lluvia y se colocó tubos de bajada de lluvia hacia la calle Ugarte dentro del muro que se rearmó. Aquí se utilizó mortero mixto de cal, arena,

puzolana y cemento poniendo atención especial en el momento del curado, por lo que se cubrió las bóvedas con mantas que se hidrataban periódicamente ya que con el exceso de sol la mezcla podría perder agua muy rápido y formar fisuras.



Durante el vaciado de la bóveda se habilitó cuatro claraboyas en los ambientes tres y cuatro semejantes a la del ambiente dos.

Durante el vaciado de la bóveda se habilitó cuatro claraboyas y se terminó de reconstruir la parte superior del muro de la calle Ugarte, que tiene una elevación de 8 metros sobre la altura de la vereda, con el remate inclinado para las lluvias.

Cada vez que se vaciaba el núcleo del muro se sacaban probetas cilíndricas



Probetas para ser analizadas en laboratorio.

de 15 x 30 cm y cubos de 10 x 10 cm y para el mortero de asentado, cubos de 5 x 5 cm.

La consistencia de la mezcla se verificó utilizando el Cono de Abrahams.

La resistencia de las probetas ha sido ensayada en laboratorio. La reacción química de la cal con puzolana es lenta a temperatura ambiente y la resistencia de concreto y mortero con solo cal y agregados da resultados más bajos.

#### Bóvedas mixtas de ladrillo y sillar:

Dos de las bóvedas (ambientes uno y dos) presentaban restauraciones antiguas de ladrillo en el tercio superior, sin presentar ninguna estructura adicional. El tratamiento que han recibido, luego de comprobarse que estaban en buen estado estructural, ha consistido en el retiro o liberación de encalados y es-



Liberación de estuco de cemento, bóveda mixta del ambiente uno.

tuques de cemento aplicados sobre el ladrillo. Posteriormente se emboquillaron de juntas.

#### ACABADOS

Incluimos aquí las partidas destinadas a la obra de cambio de uso del ambiente dos a servicios higiénicos, encalado de muros (pintura a la cal),

colocación de pisos machihembrados de madera, carpintería de madera en puertas, instalaciones eléctricas y sanitarias.

#### La obra nueva:

En la adaptación del ambiente dos para SS.HH. se ha cumplido con las especificaciones técnicas detalladas en la memoria descriptiva. La adaptación al nuevo uso buscó la protección y reversibilidad de la infraestructura del ambiente, sin dañar los muros de sillar ni los pisos originales de ladrillo.

#### Las instalaciones sanitarias:

Se han colocado directamente hacia la calle con sus propios medidores, también se ha instalado una bomba hidroneumática y dos tanques cisterna, en la parte exterior de los ambientes para el funcionamiento de los fluxómetros.



Geomembrana y geotextil extendidos sobre el piso de ladrillo, con encasetonado de madera donde se colocan las tuberías para que no toquen los pisos originales, con el objeto de lograr una intervención reversible.

#### Las instalaciones eléctricas:

Se trabajó respetando las piezas de sillar y tendiendo las redes por los pisos de madera. Se buscó ubicar los

tomacorrientes en donde fuera posible empotrarlos evitando la fractura de las piezas de sillar. Para el tendido de los cables, se evitó en lo posible romper o perforar los muros haciendo el cableo por las juntas. También se instaló un pozo a tierra en la jardinera del Patio del Silencio y dos extractores de aire para la ventilación.

#### **Pisos de madera:**

Los pisos de madera machihembrada son de pino Oregón. Estos se colocaron al nivel del ambiente uno que es de ladrillo. Previo a la instalación se extendió una membrana de protección para el piso de sillar original y se vació un falso piso de 3", sobre el cual se instaló durmientes de madera tornillo, bañados con alquitrán y arriostrados al piso con clavos y alambre. Luego se va-



Proceso de instalación de piso con madera de pino Oregón sobre cuarterones de madera arriostrados al piso y cascajillo de relleno.



Piso de pino Oregón terminado.

ció una capa de 5 cm de concreto hasta la mitad de los durmientes y finalmente una capa de cascajillo de ½ pulgada promedio.

#### **Piso de ladrillo:**

El piso de los ambientes uno y dos se niveló, reemplazando las piezas perdidas o dañadas.



Piso de ladrillo original del ambiente uno.

Tres umbrales de cemento se cambiaron por unos de piedra granito, y se fabricó un umbral, también de granito, para la entrada de la calle Ugarte.

#### **La carpintería de madera:**

Consistió en la instalación de una puerta de madera cedro con bisagras, donde existió una puerta con goznes para el ingreso de la calle Ugarte y una puerta cancel para evitar el ingreso directo de la calle.

Se fabricó además una puerta de cedro para independizar los ambientes uno y tres.

Las tres puertas y una ventana antiguas que dan al Patio del Silencio también han sido tratadas.

#### **Materiales, herramientas y equipos utilizados:**

Se analizó previamente los materiales como cal, puzolana y arena y se identificó las canteras de procedencia.

#### **Piedra sillar:**

Roca de origen volcánico denominada "ignimbrita" cortada y labrada para las bóvedas (dovelas), dinteles, muros de pórticos y claraboyas. Por lo general tiene un color blanco de diferentes tonalidades, dependiendo de la cantera de procedencia. El sillar de esta obra proviene de la cantera de Quishuarani (lateral 3 del Alto Cural). Es importante saber que las piedras talladas a escuadra se llaman sillares y la obra realizada con ellos se denomina sillería o cantería.

#### **Maderas:**

Se utilizó cuatro tipos de madera: tornillo para el encofrado de bóvedas y durmientes de piso, eucalipto para el apuntalamiento, pino Oregón para pisos y cedro para las puertas.

#### Agregados:

**Puzolana:** Producto no comercial de origen volcánico. La más utilizada suele ser la de color rosado que se encuentra en abundancia en Arequipa, pero en esta obra se utilizó la de color blanco por ser de mayor pureza.



Pampas de La Estrella, de donde se consiguió la puzolana utilizada en obra.

**Piedra de río,** con un tamaño máximo de 8", que se consiguió partiendo las piedras grandes extraídas del núcleo del muro.



Partiendo piedra de río del núcleo original, para cuñas de dovelas y piedra de relleno para el núcleo.

**Arena gruesa y cascajo o grava** entre ½" a 1½". La arena para mezclarse con la cal, debe ser limpia, suelta y nada terrosa. Los agregados finos y gruesos deben cumplir la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Cal hidratada o apagada** (Hidróxido de calcio): insumo químico fiscalizado (IQPF). Utilizada para el núcleo, emboquillado y pintura, se compró la cal de la ciudad de Lima, en sacos de 30 Kg. Se verificó previamente por medio de análisis que tenga la pureza necesaria para reaccionar correctamente con los demás componentes, arrojando un resultado de 66,48% de cal útil.

Para establecer las proporciones o la dosificación de los componentes de la mezcla del núcleo del muro de cajón, no se encontró información concreta, ya que a pesar de haber sido ésta una

técnica constructiva tradicional, actualmente se ha perdido.

Para fines de investigación se han vaciado probetas con variaciones de la dosificación original gentilmente recomendada por el Ingeniero Dimas González Vergara:

- 1 de cal
- 2 de puzolana
- 1 de arena gruesa
- 2 de cascajo o grava

La cantidad de agua a utilizarse será aquella que produzca slump entre 3" a 3½".

#### Seguridad de la obra:

Por la magnitud de la obra, la seguridad de los maestros y el cuidado del monumento se trabajó con apuntalamiento permanente en la obra, colocando señalización de seguridad

y salidas de emergencia, impartiendo charlas y llevando a cabo simulacros. Todas estas actividades han hecho que sea una partida a tomar en cuenta dentro de este tipo de proyectos.

**Acarreo, eliminación de material excedente** y escombros ha sido un trabajo que se realizó de madrugada por tratarse de una obra en el centro histórico.



## Usos anteriores y hallazgos en las cuatro bóvedas

Restauradora Isabel Olivares

### EL AMBIENTE UNO

Fue la Sala Capitular del monasterio, que servía para que el Consejo de Monjas llevara a cabo el Capítulo, es decir, la reunión periódica donde se recuerda la Regla de la Orden Dominicana y se toman decisiones importantes relativas al monasterio y a sus habitantes. Dada la importancia de la Sala Capitular en la vida monacal, ya que es un espacio ligado a muchos acontecimientos del

convento, este ambiente estuvo favorecido con mayor ornamentación.

Al llevar a cabo el análisis preliminar a la intervención se encontró que, en efecto, las puertas y ventanas tuvieron decoración pictórica al igual que los muros.

Otro hallazgo al momento de retirar el estuco de cemento fue el de dos arcos tapiados al nivel del suelo hasta una altura aproximada de 1,40 m. Se



Liberación de pintura en la puerta de una alacena del ambiente uno.



Destapado de uno de los arcos que comunica con alacenas del claustro del Noviciado.

ha destapado uno de los arcos, pudiéndose ver que comunica con unas alacenas del claustro del Noviciado.

### EL AMBIENTE DOS

En un plano de 1965 figura con el nombre de Depósito de Procuración. Esta habitación debió tener además



Ambiente uno, donde se ve el arco que comunica con el Noviciado y la puerta que comunica con el ambiente tres. Durante la obra se utilizó como depósito protegiendo el piso de ladrillo.

un acceso directo a la calle, pues en el sector destinado a SS.HH. de mujeres, puede verse el espacio de una pequeña puerta tapiada que comunica con un callejón, actualmente sin salida a raíz de un avance posterior del muro perimétrico.

### LOS AMBIENTES TRES Y CUATRO

Por estos ambientes ingresaban los productos necesarios para el buen funcionamiento del monasterio. Se trata de dos habitaciones amplias, con bóveda

de sillar. Cabe suponer que las bóvedas de estos dos ambientes colapsaron en el terremoto de 1868 y que a raíz de este hecho estos ambientes cayeron en desuso, para convertirse luego en depósitos, razón por la cual se clausuró la puerta que da a la calle Ugarte. En el momento de retirar cuidadosamente los encalados de estos dos ambientes pudo notarse unas huellas que cada cantero dejaba en sus piezas para poder diferenciar su “tareas” (grupos



Diferentes huellas de cantero en las piezas de sillar.

de 200 sillares) de la de otros canteros.

### EL AMBIENTE TRES

Sirvió de portería, por donde ingresaban los insumos, de ahí la puerta que da a la calle y el torno. En esta habitación existía además una puerta tapiada hacia el ambiente uno, que en este proyecto se ha reabierto. Las paredes presentaban mechinales (huecos



Perforaciones para viguetas de soporte y retiro de piezas dañadas.

cuadrados para insertar las viguetas o maderos) que sirvieron para anclar estanterías.

Este ambiente tiene también una puerta que comunica con el Patio del Silencio, y que presenta, como otras del monasterio, una abertura de aproxima-



Ambiente tres después del tratamiento.

damente 12 cm de diámetro en la parte inferior, que servía para que el gato pueda entrar y salir.

Al momento de colocar el umbral en la puerta reabierta hacia la calle Ugarte se encontró que las columnas de la puerta tenían bases con molduras, que se perdieron al elevarse el nivel de la calle. Se ha considerado un detalle interesante de ver, para lo cual se va a colocar un cristal en el lado mejor conservado.

### EL AMBIENTE CUATRO

Formaba parte de la clausura y desde aquí la monja que tenía el cargo de Procuradora era la que recibía los insumos que llegaban de la calle. Al momento de hacer calas preliminares en los encalados se descubrió vestigios de pintura mural con motivos florales en la



Durante y después del tratamiento de los restos de pintura mural con motivos florales trabajada con técnica de temple al seco, hallada en la hornacina del ambiente cuatro.



hornacina del muro testero este y en la puerta de una de las hornacinas. En los muros también existían incisiones para soportar estanterías. Este lado del tor-

no (entre los ambientes tres y cuatro) tiene una puerta que presenta una talla con motivos florales geometrizados. Al costado de la puerta del torno se ve en el muro de sillar una incisión hecha para contener una pila de alabastro para agua bendita.

Esta habitación también tiene una

puerta que da al Patio del Silencio, y dos alacenas profundas con puertas de artesanado simple. Al momento de desmontar el muro que da a la calle Ugarte, se encontró una hornacina con la base tallada como para contener un cántaro, que se ha dejado a la vista. En el piso se encontró media rueda de molino

rota, procedente seguramente de uno de los muchos molinos que tuvieron las monjas en la región. La práctica de reutilizar los materiales fue frecuente, ya que puede encontrarse fragmentos de piedras de molino en otros pisos del monasterio.



Torno e incisión para contener pila de alabastro en el muro divisorio entre los ambientes tres y cuatro.



Hornacina con la base tallada para contener cántaro.



## Tratamiento de superficies policromadas

Restauradora Isabel Olivares

Al recibir las bóvedas para su rehabilitación, los muros del ambiente uno se encontraban cubiertos por un estuco de cemento. Para lograr una buena adherencia se había hecho incisiones en el sillar con una barra metálica, dejando poca evidencia de la pintura mural que decoró la antigua Sala Capitular del convento. Al momento de retirar cuidadosamente el estuco de cemento se optó por dejar los vestigios a la vista.

Durante los análisis previos a la intervención de los ambientes, se detectó la presencia de restos de pintura mural



Proceso de eliminación del estuco de cemento del ambiente uno, donde se pone en evidencia el arco de una puerta clausurada que comunica al ambiente tres.



Restos de pintura mural encontrados debajo del estuco de cemento.

en la parte superior de la hornacina del ambiente cuatro. La pintura tiene como tema motivos florales con hojas y tallos

en dos tonos de verde y las flores en rosa. Puede verse esta decoración en la parte superior del intradós del arco y fondo de la hornacina. Esta pintura mural se encontraba en mal estado de conservación y por eso sólo puede hablarse de vestigios. El principal agente de deterioro ha sido la humedad.

El tratamiento ha consistido en liberación de encalados utilizando bisturí y de manera simultánea consolidación de estratos utilizando Mowilite DM-5. No se ha considerado una reintegración cromática por tratarse de una obra que presenta más del 50% de pérdida.

### DECORACIÓN PICTÓRICA SOBRE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA

Durante los análisis previos a la intervención se detectó la presencia de



Liberación de decoración pictórica de una puerta de madera del ambiente uno.

decoración en la puerta, ventana y alacena del denominado ambiente uno. Se encontró la decoración debajo de un encalado, que por la deficiente adherencia que tiene la cal sobre la madera, dejaba al descubierto fragmentos de decoración. Entre la pintura original y el encalado que se encontraba a la vista, se encontró también fragmentos de papel tapiz. Para el tratamiento de

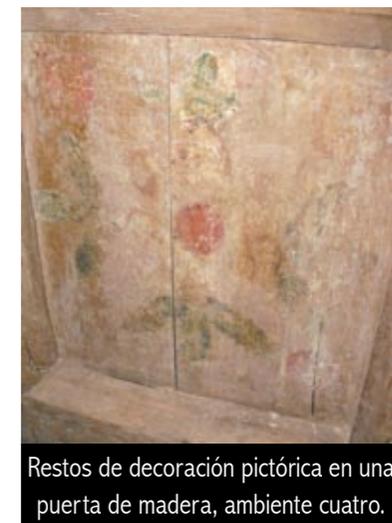
esta decoración, se procedió a eliminar el encalado y los fragmentos de papel tapiz. Se consolidó puntualmente algunas escamas desprendidas utilizando un adhesivo acrílico (Hydroseal 750) disuelto en agua al 25%, aplicado con jeringa. Se estucó algunos faltantes de base de preparación y se llevó a cabo una reintegración cromática en zonas puntuales con el objetivo de lograr uni-



Portañuela de ventana del ambiente uno con decoración pictórica, después del tratamiento.

dad visual en las obras. El tema de esta decoración es lineal con recuadros conteniendo follajería. La decoración tiene un zócalo de 1,40 m de altura, hipotéticamente continuando la decoración que habrían portado los muros.

En el ambiente cuatro se encontró vestigios de decoración en una de las puertas de hornacina, con motivos florales en estilo esquemático, en tonos verde y rojo. Se ha liberado el encalado que cubría parcialmente esta puerta y no se ha aplicado ningún tipo de reintegración por encontrarse la obra en estado fragmentario.



Restos de decoración pictórica en una puerta de madera, ambiente cuatro.

Los fragmentos de pintura mural que han aparecido luego de retirar el estuco de cemento en el ambiente uno no han recibido tratamiento, limitándonos a dejarlos a la vista en el momento de aplicar el encalado en los muros.

The background of the slide is a collage of three images related to an archaeological site. The top-left image shows a reddish-brown wall with a small, dark rectangular opening. The bottom-left image shows a set of stone steps leading up to a wall. The right side of the slide is a solid reddish-brown color with faint, embossed circular patterns, possibly representing ancient pottery or wall decorations.

Segunda Parte

Conservación de  
la pintura mural del  
sector norte del  
coro bajo

# PROCESO DE RESTAURACIÓN

1 Los trabajos inician con la exploración sobre los muros internos mediante la apertura de pequeñas calas de sondeo o ventanas para conocer con exactitud el estado de conservación tanto de la pintura como del muro que sirve de soporte y el número de estratos de pintura subyacentes.



2 La porosidad y capilaridad son características del sillar que lo constituye en un soporte muy vulnerable a cambios climáticos. Los daños más graves han sido ocasionados sobre todo debido a cambios de humedad y migración de sales solubles, como también por remodelaciones que desconocían esta obra de arte.



3 Se trabaja a partir de la capa superficial hacia el interior, con un minucioso registro fotográfico. Se ha tomado muestras de los colores para determinar la naturaleza de los pigmentos y de su aglutinante, con el fin de conocer las técnicas y materiales de la época.



4 La pintura mural restaurada se encuentra en todos los muros del coro bajo, en la parte inferior de las bóvedas y en el arco que las divide.



## Ficha técnica

- Fecha: Siglo XVIII
- Técnica: Pintura al temple
- Soporte: Muro portante de sillar de cajón
- Área tratada: 53 m<sup>2</sup>
- Estado: regular



## Conservación de pintura mural del coro bajo

### SECTOR NORTE

Restauradora Isabel Olivares

### ANTECEDENTES

El coro bajo de la iglesia del Monasterio de Santa Catalina ha sido construido en dos etapas. El sector norte, que está adosado al templo, fue edificado entre 1660 y 1673. Tiene el techo trapezoidal, similar a los techos de mojinete y

◀ Texto contenido en once cartelas en los sectores norte y sur del coro bajo.

muestra un relieve del escudo trinitario, dado que fue mandado edificar por el Obispo Almoguera, miembro de la orden. El sector sur corresponde a una ampliación posterior y tiene un techo de bóveda de medio punto con claraboya. Fue construido después de 1733, año en que fueron adquiridos los terrenos donde está ubicado. El coro bajo continúa siendo utilizado por las madres, quienes permanecen en clausura en

un área del monasterio reservada para tal fin, para asistir diariamente a la celebración de la misa, separadas del resto de fieles por un doble enrejado de madera, pero también forma parte del recorrido turístico en las horas de apertura al público.

Ambos sectores del coro bajo están unidos por un arco fajón. Antes de iniciar los trabajos de liberación, la obra se encontraba cubierta bajo siete es-



Sector norte del coro bajo antes del tratamiento con algunas calas de exploración en el muro.



Estratos encontrados.

tratos de cal y yeso. La pintura mural del coro tiene como soporte un muro de sillar con mortero y base de cal. Los pigmentos son al temple seco, es decir no son frescos, con aplicaciones de pan de oro. El tema principal son cartelas con inscripciones de carácter religioso, provenientes del Oficio Sagrado de

San Buenaventura, y motivos florales y lineales de diferentes colores. A pesar de no contar con datos de archivo se sabe que fue ejecutada después de haberse agregado el sector sur al coro bajo. El trabajo ha consistido en liberar y consolidar la pintura mural del sector norte del coro bajo.

#### AGENTES DE DETERIORO

El estado de conservación varía mucho de acuerdo a la ubicación, notándose que los muros colindantes con el interior se encuentran en mejores condiciones que los que dan a la calle Santa Catalina o al patio de ingreso del monasterio. El agente de deterioro más nocivo para la pintura ha sido la humedad por capilaridad, que provoca el afloramiento de sales solubles del soporte de sillar, ocasionando disgre-



Proceso de liberación de los estratos de encalado que cubría la pintura mural, utilizando bisturí.

gación en las bases de preparación y morteros, así como falta de cohesión en el estrato pictórico. Otros agentes de deterioro han sido los sismos, que

ocasionan desprendimientos entre los estratos que conforman la obra, y las intervenciones de albañilería o instalaciones eléctricas inadecuadas.

#### PROCESO DE INTERVENCIÓN

Tras el estudio cognoscitivo de la obra, se ha hecho un registro fotográfico detallado, para proceder luego a la liberación de los estratos de cal y yeso que cubrían la obra, utilizando bisturí, lija, cepillos suaves y finalmente gomas de borrar suaves.

Paralelamente a la liberación de estratos se fue consolidando las partes sueltas utilizando una solución de acetato de polivinilo (Mowilite DM-5) en diferentes porcentajes, previa limpieza de impurezas y aplicación de tensoactivo. Para los abolsamientos producidos por los movimientos sísmicos, se utilizó



el mismo consolidante con carga de arena fina e hidróxido de calcio.

En algunos puntos donde la patología era más severa (con pérdida total del estrato pictórico), se procedió a desalinizar la superficie con papetas para poder reintegrar las bases de

preparación. Para el emboquillado o restitución de mortero se limpió la superficie y previa aplicación de tensoactivo, se aplicó el mortero a base de cal y arena en las juntas de sillar que así lo requerían. Para la restitución de bases de preparación, se aplicó un pri-

mer estuco o repellado, creando una superficie uniforme y rugosa, sobre el cual va el enlucido, que es un estrato más fino que recibirá el color. Ambos estratos están hechos a base de cal, arena y Mowilite DM-5 (acetato de polivinilo).

No se ha llevado a cabo una reintegración cromática porque los trabajos de consolidación y liberación de la totalidad de la pintura que adorna el coro bajo (sector norte, arco fajón y sector sur) aún no han concluido.

### ANÁLISIS QUÍMICOS

De las muestras analizadas se determinó que el color utilizado en las cartelas fue cinabrio (rojo) y para las inscripciones se utilizó negro de carbón, con componentes de arcilla y partículas de madera sin terminar de carbonizar. El

estrato verde de fondo es una aguada sobre yeso.

### IMPORTANCIA

La importancia de este trabajo de rescate radica en que la pintura mural es un arte que fue común en Arequipa, pero que ha estado a punto de desaparecer por no habersele reconocido la importancia que tiene. La recuperación de esta obra es una valiosa fuente de información para estudios tanto del monumento como de la escasa pintura mural que aún queda en Arequipa. Este arte forma parte de la concepción arquitectónica del monumento y aparte de la función decorativa que pueda tener, influye también en la percepción espacial del recinto que la contiene.

Tercera Parte

# Apuntalamiento preventivo de una bóveda





## Apuntalamiento preventivo de una bóveda

Restauradora Isabel Olivares

Esta bóveda, ubicada en la zona central del monasterio, en la esquina de las calles Sevilla con Burgos, presenta el piso en dos niveles, el primero al extremo oeste es de sillar y está un paso elevado. El resto es de ladrillo, incompleto. Tiene muros de sillar con una hornacina con posible pintura mural, removidos en su aparejo y con desplome. El techo es de bóveda, parcialmente colapsado y en el área restante con rajaduras al tercio y desplazamiento de piezas. Este ambiente se encontraba cerrado debido a su mal estado estructural.



Se procedió a apuntalarlo para evitar el desplome de la bóveda, con el objeto de poder desarmar la bóveda en el futuro, numerando las piezas para que puedan ser reutilizadas ubicándolas en su posición original.

The image is a collage of various textures and architectural elements in shades of orange, red, and brown. It features a solid dark orange rectangle at the top left, a horizontal band of rough, fibrous orange material below it, and a large, complex composition at the bottom right. This bottom-right section includes a dark brown archway, a textured reddish-orange wall, a blue sky, and a white wall with a small circular object. The word "Anexos" is written in a dark orange, sans-serif font on the right side of the image.

Anexos

## ANEXO I

### Uso de puzolanas en morteros y concreto. Proporciones recomendadas para su uso, en morteros y concreto en las obras de restauración del Convento de Santa Catalina - 2011

Ing. Dimas Gonzáles Vergara  
CIP 1420

El primer contacto del autor con puzolanas artificiales se dio en el Reino Unido, en la construcción de la presa de Cruaham en Escocia, en el año de 1966, donde se empleó concreto rodillado con adición de puzolana (cenizas

volantes), procedentes de la combustión de carbón en las termoeléctricas de Escocia. Entre los apuntes que obtuvo durante su estadía de becario figuraba la composición química de las puzolanas. Ya de regreso en Arequipa, a fines del mismo año el autor encontró un expediente de obra de la Urbanización Alto de la Luna, Paucarpata, en cuyas especificaciones para la impermeabilización de techos figuraba la siguiente composición del concreto:

CAL: PUZOLANA: PIEDRA POMEZ Y ARENA (como agregados)

En aquel entonces en el Perú la palabra puzolana todavía no se utilizaba, pero el término cenizas volcánicas era muy común. Luego de un trabajo multidisciplinario de investigación incluyendo la participación de geólogos, se obtuvo muestras de los depósitos de tierra ro-

sada, que son cenizas volcánicas procedentes de una erupción del volcán Chachani, existente Cerro Colorado y Uchumayo, para efectuar análisis químicos que pudieran compararse con los de las cenizas volantes británicas. Los resultados arrojaron que ambas puzolanas contenían alrededor de 70% de silicoaluminatos y algunas diferencias menores, por lo que se tuvo la certeza de poder utilizar la puzolana arequipeña.

Posteriormente, durante la construcción de la urbanización Monterrey, se mezcló puzolana tamizada con malla ASTM 16, con cal, cemento y agregados para el concreto de la cimentación utilizando las siguientes proporciones para la mezcla:

UN VOLUMEN DE CAL APAGADA EN FORMA DE POLVO SECO: DOS VOLUMENES

NES DE PUZOLANA TAMIZADA: MEDIO VOLUMEN DE CEMENTO PORTLAND TIPO 1: CUATRO VOLÚMENES DE AGREGADO PARA CONCRETO DE 25 mm Y AGUA POTABLE EN CANTIDAD QUE PERMITA PREPARAR UN CONCRETO CON FLUIDEZ O ASENTAMIENTO DE MAYOR A 75 mm.

Para esta dosificación se asumió que la parte reactiva de la puzolana era solamente un 50% y el saldo un aditivo inerte corrector de los finos del agregado para concreto, ya que la puzolana para ser plenamente reactiva con la cal pura o con la cal libre de cemento, debe ser finamente pulverizada.

En el año 1968 se utilizó puzolana en los morteros de albañilería y tarrajeo de esa misma urbanización y también en el edificio El Virrey en la calle San José (centro histórico). Uno de los

beneficios del uso de la puzolana en la mezcla es que retarda su fragua inicial, permitiendo acabar los tarrajesos sin sobre paletarlos y evitar fisuras.

### USOS DE LA PUZOLANA EN EL PASADO Y EN LA ACTUALIDAD

En el pasado el concreto fabricado por los romanos estaba constituido por cal, puzolanas o sílice y agregados para concreto y obviamente agua. Con dichos materiales construyeron los actuales monumentos italianos, obras portuarias, ladrillos sílico calcáreos o puzolana calcáreos que perduran por más de 2000 años hasta nuestros días. La mezcla de cal con puzolanas se conoce como “cemento romano”.

Plinio, el autor romano, se refiere a las proporciones de concreto usado en

la construcción de cisternas como “cinco partes de grava arenosa pura, dos de cal viva bien fuerte y fragmentos de sílice”.

El investigador británico de morteros para construcción, John Smeaton, usó en 1756 dos medidas de cal apagada como polvo seco, con una medida de Trass alemán (una puzolana natural), ambos materiales mezclados a la consistencia de una pasta usando la mínima cantidad de agua posible para trabajos de construcción en Eddystone Rock.

Referencias técnicas sobre ladrillos sílico calcáreos en la actualidad se encuentran en la norma ASTM C 415 y sobre puzolanas naturales y artificiales, en la norma ASTM C 821.

En 1972 durante la construcción de la Cervecería Dorada en Arequipa, se presentaron una serie de problemas,

como la aparición de gran cantidad de burbujas en el vaciado de unas columnas que debían tener acabado cara vista, problema que se resolvió cambiando el procedimiento de vibrado y con un nuevo diseño de mezcla que disminuía la cantidad de cemento y agregaba un aditivo mineral (puzolana). En el diseño de la nueva mezcla se empleó 30 % del peso del cemento adicionando la cantidad correspondiente de puzolana tamizada, pasante la malla ASTM N° 16. Esta adición sería en reemplazo de parte de la arena. Se planteó también la reducción de media bolsa de cemento por cada metro cúbico de concreto.

Comparando resultados de análisis de puzolanas en laboratorios de Alemania con los del laboratorio de Lima, se observaban ciertas similitudes, con

lo que se reafirmaba que la puzolana arequipeña era de buena calidad. En el nuevo diseño, se estaba usando puzolana como si se tratara de un aditivo inerte, no obstante ello, parte de la puzolana no estaba en condiciones de reaccionar con la cal libre del cemento, pero los resultados serían mejores que los que se obtienen con concreto sin puzolana, debido a que la parte más fina reacciona con la cal libre del cemento. La mezcla con puzolana permite preparar concretos más plásticos, haciendo más fácil producir concreto cara vista.

El autor recomendó a los ejecutores de los trabajos de restauración del Monasterio de Santa Catalina a mediados del año de 2010, el uso de puzolanas naturales que en la zona de Arequipa se encuentran en ingentes cantidades,

en base a la experiencia de haberla utilizado por más de 45 años.

### PRECISIONES SOBRE LOS TÉRMINOS MORTERO Y CONCRETO:

Un mortero está básicamente constituido, por un aglomerante, agregado fino y agua. En la actualidad existen varios tipos de aglomerantes tales como: yeso, diferentes tipos de cal, pasando de la cal aérea a las cales hidráulicas identificándose por su propiedad de fraguar en presencia de agua. Las mezclas de puzolanas naturales o puzolanas artificiales, con cualquier tipo de cal son también aglomerantes. Obviamente los diferentes tipos de cementos son también conglomerantes, como también existen cementos epóxicos. La palabra concreto surgió cuando se in-

ventó el cemento Portland y su peculiaridad es que se aplica a la mezcla de un cementante o aglomerante con arena y agregado grueso más agua, (en caso del concreto epóxico no se requiere de agua). La recomendación de las proporciones de mezcla de concreto para la restauración del Monasterio de Santa Catalina se hizo con el conocimiento de que ese material se usaría también para rellenar el núcleo de los muros cajón de sillar.

La proporción a utilizarse recomendada por el autor fue de CAL 1: PUZOLANA 2: ARENA 1: GRUESA 2 se considera una proporción conservadora, que con la experiencia ganada en la restauración terminada y con los resultados de los análisis, se podría eventualmente mejorar para un futuro.

## ANEXO II

### Ventajas de la cal en la restauración de edificios antiguos

Prof. Dr. José Luis Oteo

Dr. en Ciencias Químicas, investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Cerámica y Vidrio de Madrid

Arq. Rosa Bustamante Montoro

Dr. Arquitecto, profesora de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid

#### RESUMEN

En este artículo se describen los morteros de cal desde las primeras investigaciones sobre la hidraulicidad de la cal, las ventajas de los morteros

tradicionales hasta los morteros reforzados que incorporan nanopartículas. Se hace hincapié en que los morteros en base a cal son los más adecuados en las restauraciones de edificios históricos, cuyas estructuras deformadas y materiales envejecidos, se adaptan mejor al lento endurecimiento de la cal.

#### 1. INTRODUCCIÓN

El conglomerante usado en la fabricación de morteros de albañilería puede ser de yeso, cal o cemento. Y según las características hidráulicas, se pueden dividir en aéreos e hidráulicos.

En los primeros, el fenómeno de cristalización únicamente se produce en presencia de aire, su fraguado es lento y posee una gran cantidad de cal apagada, por ejemplo la cal aérea que se

comercializa en polvo o en pasta. Mientras que en los hidráulicos, el fraguado se puede llevar a cabo en un medio acuoso, de tal manera que, un mortero con este tipo de cales puede sumergirse en agua sin que por ello se vea perjudicado el proceso de endurecimiento. Nos referimos a las cales hidráulicas y al cemento natural, (Portland o con adiciones).

En 1818 Vicat [1] demostró que las arcillas que poseen sílice y alúmina en su composición confieren la capacidad hidráulica a la cal. De esta manera, los avances en el desarrollo de los morteros hidráulicos se aplicaron a la cimentación de puentes y estructuras sumergidas que no requieren de un secado en ausencia de agua para obtener la resistencia mecánica requerida. Los trabajos de Smeaton en

la construcción del faro de Eddystone (1791) se centraron en el estudio de morteros que pudieran soportar las condiciones agresivas de los ambientes salinos, obteniendo como conclusión principal que, tras la adición de puzolanas, especialmente aquellas traídas de Italia, los morteros que eran capaces de fraguar bajo el agua contenían un alto contenido en arcillas. Sin embargo, para conseguir la hidráulica, no sólo es necesaria la adición de arcilla, sino que requiere un tratamiento térmico previo a su uso.

## 2. LA CAL

La cal común o aérea se obtiene a partir del carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) que se encuentra en las calizas, que son calcinadas alrededor de 800 a 1000°C obteniéndose la cal viva, que

una vez apagada con agua, da como resultado el hidróxido cálcico, con algún contenido de Mg.

Se caracteriza por su untuosidad al tacto y su pH es de 12 a 14, bastante alcalino, que se va rebajando por carbonatación en contacto con el  $\text{CO}_2$  atmosférico. Se denomina cal grasa, cuando su contenido en impurezas de MgO es menor del 5%, y cal magra o dolomítica si el MgO es mayor a 5%. La cal aérea se endurece por carbonatación al quedar expuesta al aire, en un proceso bastante lento. A diferencia de la tierra que se endurece por secado y del yeso por hidratación.

La cal hidráulica al contrario de la cal aérea, es oscura y endurece dentro del agua, formando compuestos insolubles, de donde le viene su denominación. Se obtiene de calizas margosas que con-

tienen un 10 a 25% de arcilla (silicatos de aluminio hidratados con hierro y magnesio). La calcinación se hace a unos 1200°C, antes de la fusión total de las materias primas, y por sinterización se combinan los constituyentes ácidos con los básicos para formar silicatos cálcicos.

Esta cal se apaga y carbonata como la aérea, añadiéndose el fraguado o hidratación de los silicatos y aluminatos cálcicos formados por la presencia de los compuestos arcillosos, de forma que conviene apagarla inmediatamente antes de su uso, para que su aplicación constructiva se haga antes del final del fraguado de los componentes hidráulicos. El endurecimiento varía de 2 horas a 15 días, prolongándose en función del espesor y porosidad de la pasta.

## 3. MORTEROS DE CAL

El mortero es una mezcla plástica obtenida con un conglomerante, arena y agua. Se emplean para unir las piedras o ladrillos de las obras de fábrica y para el revestimiento con enlucidos o revocos. En la ejecución de las edificaciones tradicionales, antes de la producción del cemento Portland en 1845, todos los morteros se fabricaban con cal o yeso y arena, dependiendo de la existencia de canteras de uno y otro material y de las influencias culturales.[2] El espesor de los tendeles de los morteros era variable, hasta de 4 cm, similar al espesor de los ladrillos.

## 4. REVOCOS Y ENLUCIDOS

Los revocos o tarrajes como se denominan en Perú, son las aplicaciones de mortero en superficies exteriores previamente enfoscadas (o regularizadas con un mortero tosco), mientras que el enlucido se refiere a la aplicación en las paredes interiores. Los métodos de aplicación son prácticamente los mismos para los dos tipos de acabado, aunque en general los enlucidos tienen un aspecto superficial más fino, debido, sobre todo, a los componentes de la masa. En España los enlucidos son en base a yeso o escayola, mientras que en los revocos se ha usado y se sigue trabajando en las restauraciones con cales y yesos. En función del acabado, podemos distinguir varios tipos de revocos según la textura, el color dado por los áridos o pigmentos o por

sus aplicaciones en una, dos o tres capas (fig. 5).

## 5. ENCALADOS

El encalado consiste en aplicar una fina capa de cal, a la cual se le ha añadido una cantidad suficiente de agua de tal manera que adquiera una consistencia casi lechosa. Es común añadir algunos aditivos como caseína para aumentar la estabilidad de la mezcla. Esta técnica se emplea generalmente sólo para exteriores, aunque se encuentran también algunos ejemplos de aplicación en interiores.

El origen de los encalados en las ciudades andaluzas caracterizadas por su blancura se encuentra en la aplicación a las paredes de las habitaciones y fachadas después de las epidemias, como una medida de higiene teniendo

en cuenta la causticidad de la cal. Sin embargo, dada su corta durabilidad los encalados requieren un mantenimiento periódico.

Tanto los morteros como los encalados admiten la mezcla con pigmentos. El añil, *Indigofera, angrestifolia mexicana*, fue uno de los más usados

como colorante de pastas y pinturas en América del Sur [3]. También conocido como azul de Panamá porque procedía de la planta del mismo nombre que se cultivaba en Centroamérica y exportaba a España hasta la década de los años '60. Arequipa es una de las pocas ciudades en las que se mantienen los colores tradicionales en las fachadas del centro histórico (fig. 3), también el almagre u óxido de hierro para los ocres rojizos. Mientras que el blanqueado de las fachadas de sillar se realizaba con carburo, una técnica desaparecida, previa preparación con sal gruesa antes de su aplicación.

## 6. PROPIEDADES DE LOS MORTEROS DE CAL

Cuando se aplica el mortero sobre una superficie porosa, lo primero que

ocurre es un rápido proceso de deshidratación a través de los poros. Los cambios de humedad y temperatura que pudieran ocurrir en este punto van a determinar en buena medida la velocidad del proceso de consolidación y las propiedades físicas y químicas del producto. La carbonatación de la cal ocurre progresivamente al exponerse a la atmósfera, de manera que se produce el endurecimiento del mortero. Los morteros que han sido sometidos a un proceso de deshidratación suave presentan mayores valores de resistencia mecánica que aquellos que no han sido deshidratados [4].

En los morteros hidráulicos, el endurecimiento ocurre debido a la combinación de los procesos de hidratación y carbonatación.

## 7. USO DE MORTEROS EN RESTAURACIÓN

En el pasado reciente, muchos de los edificios y monumentos que contenían morteros de cal en su formulación fueron reparados con cemento, ocasionando resultados catastróficos a muy corto plazo. Los morteros de cal y los materiales basados en cal dejan a los edificios respirar y que se produzca una buena recirculación de aire, al mismo tiempo que permiten la eliminación del agua que pudiera entrar en los poros o por capilaridad. Los recubrimientos impermeables, por el contrario, atrapan la humedad y no la dejan salir, lo cual supone un importante problema, especialmente en los climas fríos y los meses de invierno, cuando el agua retenida se congela y causa grietas que,

no sólo dañan al recubrimiento, sino a la estructura primaria del edificio.

Aunque se está imponiendo el uso de los morteros de cal para la restauración de edificios, en ocasiones se encuentran



algunas dificultades que vienen, bien de la industria, que vende morteros tradicionales de cal cuando en realidad son morteros de cal y cemento, y por otro lado, por la falsa creencia de algunos constructores y arquitectos poco experimentados que consideraban que llevar a cabo las obras de restauración con cemento evitaría trabajos de mantenimiento en el futuro. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el uso del cemento en restauración ocasiona daños irreversibles y un rápido deterioro de las estructuras. Las antiguas construcciones están realizadas con morteros de relativamente bajo módulo de elasticidad, mucho menor que el de las piedras o bloques que componen pero que son capaces de absorber moderados gradientes de tensión. El sistema se comporta como si estuvie-

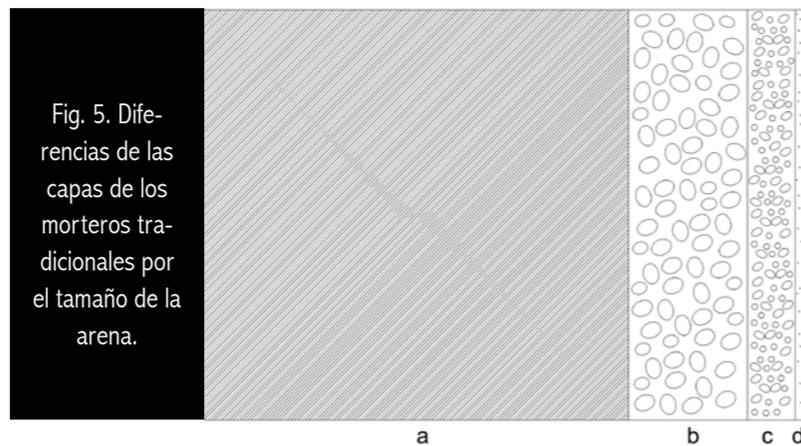


Fig. 5. Diferencias de las capas de los morteros tradicionales por el tamaño de la arena.

ra conformado por pequeñas juntas de dilatación.

Cuando se aplica cemento en las juntas de los bloques, especialmente en aquellas paredes orientadas al Norte (en el hemisferio Sur), donde la expansión térmica es mucho mayor, el mortero aplicado se cae, arrastrando

consigo partes estructurales del muro. De la misma manera, cuando se aplican morteros cuyo módulo de elasticidad no es lo suficiente bajo en revocos y emplastes, se produce una pérdida de adhesión incluso del revestimiento original, debido precisamente a la diferente capacidad para absorber ten-

siones [5].

En las construcciones antiguas predominaba el uso de materiales porosos o más o menos porosos. Gracias a esta porosidad y a su capacidad permeable, el agua podía evaporarse a través de las paredes. De la misma manera, revocos y emplastes estaban diseñados de tal manera que se evitaba la entrada de agua de lluvia en el interior y permitía la evaporación de la humedad gracias a la aplicación de morteros con arena de diferente tamaño de grano, en dirección decreciente hacia el exterior como se aprecia en la fig. 5 (a. Muro soporte. b. Enfoscado o capa de igualación con arena gruesa. c. Revoco o tarrajeo con arena fina. d. Acabado final con arena muy fina o pintura).

Cuando los morteros aplicados no poseen la suficiente permeabilidad di-

ficultan la evaporación del agua que se pudiera introducir en la pared y se produce el deterioro rápido de la misma, bien debido a la tensión generada al congelarse el agua en el interior, a las reacciones químicas que pudieran darse con los elementos solubles o moderadamente solubles, o incluso penetrar al interior de los edificios, dañando la cara interna de las paredes. Esto último adquiere especial relevancia cuando ocurre en edificios o construcciones decoradas con frescos o pinturas.

Además de la fragilidad, diferente coeficiente de expansión y rigidez del cemento, las sales solubles presentes en la mayoría de las composiciones de los cementos pueden disolverse al penetrar agua en los poros y causar una porosidad adicional indeseada con el paso

del tiempo y pérdida de las propiedades. La presencia de sales solubles es también un problema en los morteros de cal procedentes de dolomías. Además, la elevada pureza de la cal disminuye la probabilidad de aparición de eflorescencias, cosa que no ocurre con el cemento.

Cuando se necesita realizar una intervención, de restauración, rehabilitación o reconstrucción, la formulación del nuevo mortero se puede realizar conforme a dos procedimientos:

- Intentar reproducir la formulación del mortero antiguo, o bien,
- Formular un nuevo mortero compatible con el anterior, con unas características adecuadas y apariencia similar.

## 8. CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS ANTIGUOS

Existe un gran desconocimiento de los complejos procesos que tienen lugar durante la evolución y envejecimiento de los morteros en términos de ciclos de cristalización y recristalización y las posibles reacciones colaterales que se pudieran dar con otros componentes.

La metodología de estudio, por tanto, pasa por la combinación de diversas técnicas de análisis, así como la determinación de las funciones que poseen cada uno de los componentes. Entre las técnicas de caracterización empleadas, se encuentra una primera observación de las muestras con técnicas de microscopía óptica, utilizando tanto luz normal como luz polarizada, para de-

terminar alguna característica especial en el mortero, como la presencia de fibras, separación de fases, etc. El análisis químico por vía húmeda permite determinar, dentro de la fracción soluble, la presencia de sales inorgánicas o álcalis, y en la fracción insoluble, tanto el contenido como la granulometría de las arenas empleadas. La presencia de material carbonatado puede ser detectada en el microscopio óptico con luz polarizada. La técnica de difracción por Rayos X permite también la determinación de los minerales y otras fases cristalinas presentes en la muestra. Así mismo, mediante espectroscopía infrarroja se obtiene información de las sustancias orgánicas preferentemente. Otras técnicas de identificación son el análisis térmico diferencial y termogravimetría, o la microscopía electrónica de

barrido y espectroscopía de rayos X por dispersión de energía [6].

## 9. MORTEROS REFORZADOS

La nanomodificación de morteros es un campo de creciente interés y que está experimentando un gran crecimiento en los últimos tiempos. La síntesis e incorporación de materiales en la escala nanométrica ofrece múltiples posibilidades como el desarrollo de nuevos aditivos como superplastificantes, nanopartículas o nanorefuerzos. Otros métodos, como la adhesión de moléculas a las partículas de los componentes de los morteros permiten la manipulación directa de las propiedades fundamentales de las diferentes fases de las que se componen [7, 8].

En general, los beneficios del empleo de nanopartículas en la microestructu-

ra y comportamiento de los morteros reforzados pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Una buena dispersión de las nanopartículas aumenta la viscosidad de la fase líquida ayudando a la suspensión de los granos de cemento y agregados, mejorando la resistencia a la segregación y la trabajabilidad del sistema.
- Las nanopartículas ocupan los huecos entre los granos del mortero, originando una inmovilización del agua liberada (efecto filler).
- Las nanopartículas dispersas actúan como centros para la cristalización de hidratos y por tanto aceleran la reacción de hidratación.
- Las nanopartículas favorecen la formación de cristalitos (tales como cristales de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y clusters de

pequeño tamaño.

- Las nanopartículas mejoran la estructura de la zona de contacto de los agregados, lo que da lugar a una mejor adhesión entre los agregados y la pasta de mortero.
- Las nanopartículas además evitan la propagación de grietas entre los distintos planos de deslizamiento, lo que aumenta las propiedades mecánicas de los morteros.

Hay que tener en cuenta que, aunque el empleo de nanopartículas es aún muy reciente, existen ya alertas sobre su posible toxicidad y recomiendan que se trate a estos materiales reforzados con nanopartículas de la misma manera que se trata a los materiales de los que se conoce su toxicidad en los ambientes académicos y de investigación general. Esto significa un cuidado es-

pecial en su manipulación, sobre todo en obra, en donde no se cuenta con las condiciones adecuadas que presentan un laboratorio o un taller para su almacenamiento y cuidado en la preparación de las predosificaciones en polvo antes de su amasado con agua. Otro aspecto a tener en cuenta, estaría relacionado con su conservación bajo determinadas condiciones de exposición ambiental.

## 10. CONCLUSIONES

La aplicación de la cal en lechadas, pastas y morteros se desarrolla actualmente en dos líneas principales de aplicación práctica y de investigación. Por un lado, en la restauración del patrimonio edificado en base a la recuperación de las dosificaciones de los morteros tradicionales, y por otro lado,

con la incorporación de nanopartículas de hidróxido de calcio para mejorar la cohesión de los sustratos, de sílice para aumentar la hidrorrepelencia, y de óxido de titanio por sus propiedades fotocatalíticas y bactericidas. Todo ello a favor de mejorar las propiedades del uso de la cal y garantizar las condiciones de durabilidad.

## Referencias

- [1] J. L. Vicat, A practical and scientific treatise on calcareous mortars and cements, John Weale, London, 1837.
- [2] Bustamante Montoro, R., Cabezas González, T. y Gibello Bravo, V., Moladura de cal de los arcos de herradura del Aljibe de la Casa de las Veletas de Cáceres, España, Revista electrónica ReCoPaR (Nº 6), 2009, 3 - 13.
- [3] Campos Castelló, B., Tres Colorantes Prehispánicos, Ed. Patria, México, 1985.
- [4] A. El-Turki, R.J. Ball, G.C. Allen, Simulated aging of lime mortars - A mechanical property, structural and compositional study. in: R. Fort (Ed.), International Conference on Heritage, Weathering and Conservation (HWC-2006), Taylor & Francis, Madrid, 2006, pp. 51-56.
- [5] S. Pavía, S. Caro, Lime mortars for masonry repair: Analytical science

and laboratory testing versus practical experience. in: D. R. a. J. M. Mimoso (Ed.), International Seminar Theory and Practice in Conservation, Lisboa, 2006, pp. 493-500.

- [6] M. R. Veiga, J. Aguiar, A. Santos Silva, F. Carvalho, Methodologies for characterization and repair of mortars of ancient buildings, Historical Constructions (2001).
- [7] F. Sanchez, K. Sobolev, Nanotechnology in concrete - A review, Construction and Building Materials 24 (2010) 2060-2071.
- [8] F. Pacheco-Torgal, S. Jalali, Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials, Construction and Building Materials 25 582-590.

## Bibliografía

- Gutiérrez, Ramón. **Evolución Histórico Urbana de Arequipa 1540-1990**. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 1992.
- Neira Avendaño, Máximo; Galdos Rodríguez, Guillermo; Málaga Medina, Alejandro; Quiroz Paz Soldán, Eusebio; Carpio Muñoz, Juan Guillermo. **Historia General de Arequipa**. Fundación Manuel J. Bustamante de la Fuente. Arequipa, 1990.
- Cateriano, Mariano Ambrosio. **Obras Universidad Nacional San Agustín**. Arequipa, 1998.
- Raffo, Cecilia; Olivares, Isabel; Ruiz Rosas, Alonso. **Santa Catalina el Monasterio de Arequipa**. Editorial Biblos. Lima, 2005
- Bedoya Forga, Eduardo. **Puerta Abierta Entre dos Mundos**. Impresa. Arequipa, 2009.
- Ríos, Gonzalo. **Manual para la Valoración y Conservación del Patrimonio Arquitectónico de Arequipa**. ASDE-PROA / CEDIP - UCSM. Arequipa, 2010.
- Informes Técnicos: Restauradora Kielb, Blanka, Restaurador Quico, Víctor, Ingeniero Blanco Blasco, Antonio.

## Agradecimientos

Comunidad de monjas del Monasterio de Santa Catalina, Directores de Promociones Turísticas del Sur S.A.:  
Ing. Gonzalo Bedoya Stafford, Ing. Eduardo Bedoya Forga, Arq. Gonzalo Olivares Rey de Castro, Pablo Bustamante Olivares, Juan Bustamante Romero, Juan Carlos Villa Mardon  
Javier Velarde Talleri, gerente de Promociones Turísticas del Sur S.A.  
Lourdes Grupp, Patricia Obando, Carmen Olivares  
Instituto Americano de Investigación y Conservación, César Maguiña Gómez  
World Monuments Fund: Arq. Norma Barbacci y todo el equipo de WMF  
Robert W. Wilson de Challenge to Conserve our Heritage  
Universidad Católica Santa María:  
Dr. Abel Tapia Fernández, Dr Julio Paredes Núñez, Arq. Gonzalo Ríos Vizcarra, Arq. Yemy Alemán Achata  
Ing. José Luis Leiva Montoya, Ing. Dimas González Vergara, Ing. Julio Vargas Neumann, Ing. Julio Velazco Linares,  
Ing. Antonio Blanco Blasco, Ing. Valter M. Santoro, Ing. Guillermo Icochea Barrón, Ing. David Leiva, Ing. Juan Sacaqui,  
Arq. William Palomino, Arq. Rosa Bustamante, Prof. Dr. José Luis Oteo, Alonso Ruiz Rosas, Bradley Silva Gerson  
CENCOSUD, Hernán Talavera, Alejandro Vivanco, René Lewin, **Albañilería:** Maestro Oscar Chura, Tomás Acuña, Ángel Flores,  
Willy Saccsi, Daniel Castillo y todo el equipo. **Cantería:** Maestro Pequeño y familia. **Carpintería de madera:** Manuel Quispe e hijos,  
Eloy Téllez. **Carpintería metálica:** Cristian Guillinta. **Pintura a la cal:** Elvira Medina y equipo.  
**Pintura mural:** Víctor Quico, Patrizia Serventi, Modesta Ynca, Liliam Aubert, Carmen Condori, Ruth Guerra.  
**Inst. Eléctricas:** Silverio Cutasaca. **Inst. Sanitarias:** Emilio Nifla e hijo. **Mantenimiento:** Nicanor Flores  
**Eliminación de escombros y traslado de agregados y puzolana:** Transportes Vilca.  
**Asesoría y capacitación en Seguridad:** Gustavo Carrasco Valdivia  
**Fotografías:** José Álvarez. **Video:** Nilo Cruz.  
A todos los profesionales y amigos que nos han apoyado.



**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE SANTA MARÍA**



**PROMOCIONES TURÍSTICAS DEL SUR S.A.**