

ENSAYOS DE MATERIALES DE ACABADO A BASE CAL Y SINTÉTICOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL ENLUCIDO DEL TEMPLO DE SANTIAGO APÓSTOL DE KUÑOTAMBO, PERÚ

Benjamin Marcus¹, Elena Macchioni², Clemencia Vernaza³, Claudia Cancino⁴

Getty Conservation Institute, Estados Unidos,

¹blmarcus@getty.edu; ²emacchioni@getty.edu; ⁴ccancino@getty.edu

³Consultora del Getty Conservation Institute, Suiza, c.vernaza@bluewin.ch

Palabras clave: arquitectura de tierra,

Resumen

El artículo presenta los métodos y los resultados de la evaluación de los ensayos de acabado exterior en el templo de adobe de Santiago Apóstol de Kuñotambo, Perú. Entre 2016 y 2019 el monumento fue restaurado como parte del Proyecto de Estabilización Sismorresistente (SRP, por sus siglas en inglés) del Getty Conservation Institute en colaboración con la Dirección Desconcentrada de Cultura–Cusco y luego entregado al Arzobispado de Cusco, propietario del edificio, y a la comunidad campesina para su uso religioso. Las partes interesadas están ahora implementando un plan de monitoreo y mantenimiento, incluyendo la definición de protocolos y materiales para obras de refacción periódica, como el enlucido y pintado periódico de las fachadas. En noviembre 2020 se realizaron pruebas de enlucido y pintado en áreas de un metro cuadrado en la fachada sur del templo utilizando varias mezclas a base de cal y sintéticas. Las pruebas se dejaron expuestas a la intemperie durante la temporada de lluvias. En mayo de 2021 se llevaron a cabo ensayos para evaluar su rendimiento bajo varios criterios, siguiendo los estándares de pruebas ASTM D3359 y D4214 para medir la adherencia al sustrato y resistencia a la abrasión, RILEM II.4 para determinar la permeabilidad; además de medir la porosidad con esponja en contacto y la adhesión al soporte con puntero de resonancia. El objetivo era seleccionar un acabado duradero y compatible con los muros de adobe y acorde con las actividades de mantenimiento del templo a ser llevadas a cabo por parte del Arzobispado de Cusco y de la comunidad campesina de Kuñotambo.

1 INTRODUCCIÓN

El templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo es una estructura de adobe del siglo XVII ubicada en los Andes, en la provincia de Acomayo, al sureste de Cusco (Cancino; Lardinois, 2012). El edificio fue restaurado entre 2016 y 2019 en el marco del Proyecto de Estabilización Sismorresistente (SRP, por sus siglas en inglés) del Getty Conservation Institute (GCI) en colaboración con la Dirección Desconcentrada de Cultura–Cusco (DDC–C) (Cancino et al., 2020). El SRP busca validar el uso de técnicas tradicionales, materiales y experiencia local para la estabilización sismorresistente de edificios patrimoniales de tierra; el templo de Kuñotambo es uno de los cuatro casos de estudio peruanos del proyecto, representativo de las construcciones religiosas virreinales de la región andina (Getty, s.f.).

Las obras de conservación y estabilización sismorresistente por parte de la DDC–C terminaron en junio 2019 (figura 1). El monumento fue inaugurado y entregado a su propietario, el Arzobispado de Cusco, responsable de su cuidado junto con la comunidad campesina de Kuñotambo. Las partes interesadas están ahora trabajando juntas para la elaboración de un plan de monitoreo y mantenimiento (Macchioni et al., próxima publicación) que incluye protocolos y materiales para obras refacción periódica. Entre ellas, el enlucido y pintado de las fachadas exteriores del templo y del campanario, necesario no solo a nivel estético, sino también para garantizar la protección a largo plazo del revestimiento de tierra y de los muros de adobe.

Desde la inauguración del templo en junio 2019, la superficie del revestimiento exterior del templo se había ido deteriorando de manera significativa, especialmente en las áreas más expuestas a condiciones medioambientales adversas (figura 2). Como parte de una primera

etapa de investigación durante el año 2020 se estudiaron una serie de ensayos de materiales a base de cal y sintéticos para determinar los mejores para el acabado exterior del templo.



Figura 1 – Vista del templo de Kuñotambo durante los últimos días de la obra de conservación y estabilización sismorresistente en junio 2019. Fotografía Juan Carlos Mellado © 2019, J. Paul Getty Trust y Dirección Desconcentrada de Cultura–Cusco

En noviembre de 2020 un equipo de especialistas liderado por el GCI en colaboración con la DDC–C realizaron muestras de enlucido y pintado en áreas de un metro cuadrado en las esquinas de los contrafuertes de fachada sur del templo utilizando varias mezclas a base de cal y sintéticas. Las muestras se dejaron expuestas a la intemperie durante la temporada de lluvias. En mayo de 2021 se llevaron a cabo ensayos estandarizados en cada muestra para seleccionar un acabado duradero y compatible con los muros de adobe y acorde con las actividades de mantenimiento del templo a ser llevadas a cabo por parte del Arzobispado del Cusco y de la comunidad campesina de Kuñotambo.



Figura 2 – Fachada principal del templo de Kuñotambo mostrando el deterioro del acabado exterior en noviembre 2020. Fotografía Luís Villacorta Santamato © 2020, J. Paul Getty Trust

2 METODOLOGÍA

Para encontrar el material de acabado más duradero y a la vez permeable, se realizaron varias muestras de un metro cuadrado utilizando diferentes mezclas de materiales en las esquinas de los contrafuertes de la fachada sur del templo; esta es la superficie más expuesta a los avatares del medio ambiente como fuertes lluvias y vientos en distintas direcciones (figura 3). Los materiales que se utilizaron para hacer las muestras incluyeron pintura de silicato Isaval, pintura vinil-acrílica (CCP y American Color) y mezclas a base de cal con aditivos como arena, mucílago de cactus, caseína, aceite de linaza, cola animal y jabón (tabla 1). Otra variable que se incluyó fue el uso de un imprimante antes de la aplicación del acabado, directamente sobre el revestimiento de tierra. Se hicieron además muestras con tres y cinco capas de cal para investigar el espesor adecuado; dejando curar cada capa por 24 horas antes de aplicar la siguiente; y manteniendo las superficies siempre húmedas con agua aerosol para facilitar el curado de la cal.



Figura 3 – Alzado sur del templo de Kuñotambo indicando la ubicación de las pruebas de acabado realizadas en noviembre 2020. Dibujo Elena Macchioni © 2021, J. Paul Getty Trust

Tabla 1 – Materiales usados para las muestras de acabados realizadas en noviembre 2020

MUESTRA	1, 13	2, 2A	3, 3A	4, 4A	5, 5A	6, 6A
Base	1 capa diluyente y agua	Embarre	Embarre	Embarre	Embarre	Embarre
Acabado	Pintura al silicato	Lechada de cal	Lechada de cal y arena	Lechada de cal y mucílago 5%	Lechada de cal y aceite de linaza 1%	Lechada de cal y caseína (leche en polvo) 3%
Núm. capas pintura ¹	2 capas con % diferente	2: 3 capas 2A: 5 capas	3: 3 capas 3A: 5 capas	4: 3 capas 4A: 5 capas	5: 3 capas 5A: 5 capas	6: 3 capas 6A: 5 capas
MUESTRA	7, 7A	8, 8A	9	10	11	12
Base	Embarre	Embarre	1 capa sellador y 1 imprimante sintético	1 capa sellador sintético	1 capa imprimante sintético	1 capa imprimante sintético
Acabado	Lechada de cal y jabón (0.5 barra de jabón / 12 litros)	Lechada de cal, jabón, cola y sal	9: Vinil-acrílico satinado 9A: Vinil-acrílico alta calidad	Vinil-acrílico alta calidad	Vinil-acrílico satinado	Vinil-acrílico alta calidad
Núm. capas pintura ¹	7: 3 capas 7A: 5 capas	8: 3 capas 8A: 5 capas	2 capas	2 capas	2 capas	2 capas

¹ Entre cada aplicación de capas de pintura se esperaron 24 horas.

El equipo de trabajo documentó de forma escrita y con fotografías todas las etapas de realización de las muestras (figura 4), incluyendo fotografías de las superficies antes y después de retirar la pintura original ya deteriorada y, después de la aplicación de cada capa de cada muestra utilizando un color checker.



Figura 4 – Maestros de obra de la DDC–C preparando los materiales y aplicando la primera capa de una de las muestras de acabado a base cal y arena en noviembre 2020. Fotografía Luís Villacorta Santamato © 2020, J. Paul Getty Trust

3 PRUEBAS DE EVALUACIÓN

Durante los días del 24 de mayo al 3 de junio de 2021 se realizaron una serie de pruebas sobre cada una de las muestras que permitieron la evaluación de su comportamiento tanto en la cara sur del contrafuerte directamente expuesta a la intemperie como en la cara lateral menos expuesta (figura 5).

Para la evaluación de cada una de las muestras se realizaron las siguientes pruebas:

1. Documentación fotográfica. Se tomaron fotografías de las muestras para cuantificar y graficar los deterioros y comparar el estado actual con el estado inicial de las mismas. Las fotografías se rectificaron con el programa MetigoMap.
2. Inspección visual de las muestras. La inspección visual permite información muy valiosa, en especial la presencia y extensión de craqueladuras y lagunas en la superficie.
3. Prueba de adhesión por puntero acústico o puntero de resonancia. Esta prueba demostró ser de gran utilidad para la evaluación de los revestimientos. El puntero acústico permite localizar las zonas que presentan desprendimientos entre las diferentes capas; esto es de vital importancia en la evaluación del comportamiento de los distintos materiales. Se realizaron gráficos de los desprendimientos localizados sobre fotografías rectificadas y con el programa MetigoMap se cuantificaron las áreas desprendidas para tener un porcentaje que permitiera comparaciones entre las diferentes muestras.
4. Prueba de cohesión (ASTM D4214). Para evaluar cualitativa y cuantitativamente el comportamiento frente a la cohesión, o pulverulencia, de las muestras se realizó esta prueba sobre un cuadrado de aproximadamente 0.10 x 0.10 m. de tela de pana lisa de color negro.
5. Prueba de Adhesión (ASTM D3359). Para realizar esta prueba se realizó una plantilla en cartón con marcas en los bordes que guiaran los cortes cada 0.02 m. Los cortes se realizaron con cortador utilizando una nueva cuchilla para cada una de las pruebas. Se utilizó cinta adhesiva transparente TESA 4124 de sustrato de PVC y de masa adhesiva de caucho natural. Esta es una cinta adhesiva para empacar con alto nivel de adhesividad y muy resistente al rasgado (Tesa, s.f.).
6. Prueba de absorción de agua a baja presión (RILEM II.4). La adhesión de los tubos de Karsten (RILEM) al sustrato de cal no es siempre fácil debido a que la superficie de cal es intrínsecamente pulverulenta y no facilita la adhesión del tubo. Fue necesario hacer

varias pruebas para garantizar que la prueba fuera completamente hermética y que la medida fuera fiable.

7. Prueba de porosidad abierta por esponja de contacto (NORMA UNI 11432:2011). En cada una de las muestras se realizaron tres medidas para hacer una media más adecuada.



Figura 5 – Ejecución de las pruebas de evaluación de las muestras en mayo 2021: prueba de adhesión por puntero acústico (izquierda), prueba de absorción de agua a baja presión RILEM II.4 (centro) y prueba de porosidad abierta por esponja de contacto UNI 11432 (2011) (derecha). Fotografías Luís Villacorta Santamato © 2021, J. Paul Getty Trust

Se creó una calificación que permitiera poder evaluar el comportamiento integral de las muestras realizando además una media entre el comportamiento de la parte expuesta directamente al medio ambiente y la de la parte más protegida por el alero y el contrafuerte. Para realizar la calificación de cada uno de los parámetros se crearon las matrices detalladas a continuación (tablas 2-3-4-5-6).

Tabla 2 – Observación de la superficie para detección de craquelado.

Sin craquelado	++
Craquelado de menos del 20% de la superficie	+
Craquelado del 20 al 50% de la superficie	-
Craquelado de más del 50 % de la superficie	--

Tabla 3 – Observación de la superficie para detección de abrasión.

Sin abrasión	++
Abrasión moderada	-
Abrasión fuerte	---

Tabla 4 – Prueba de adherencia según ASTM D3359.

ISO 0 ASTM 5B	+++
ISO 1 ASTM 4B	++
ISO 2 ASTM 3B	+
ISO 3 ASTM 2B	-
ISO 4 ASTM 1B	--
ISO 5 ASTM 0B	---

Tabla 5 – Prueba de cohesión (polverulencia) según ASTM D4214.

8	++
6	+
4	-
2	--

Tabla 6 – Prueba de adhesión por puntero de resonancia

Desprendimientos entre 0-10%	+++
Desprendimientos entre 11-20%	++
Desprendimientos entre 21-30%	+
Desprendimientos entre 31-50%	-
Desprendimientos entre 51-70%	--
Desprendimientos >70%	---

Al no existir un ideal de absorción o de porosidad abierta, estos parámetros no se cuantificaron pero si se tuvieron en cuenta para la evaluación final. Sin embargo es necesario tener en cuenta que en las muestras que presentan craqueladuras, el resultado no se refiere a la absorción del material sino a la absorción del sustrato de arcilla y paja muy higroscópica. Es decir que en los intersticios de las craqueladuras el agua se absorbe más independientemente del material que constituye la muestra.

Todos los datos adquiridos en el sitio se consignaron digitalmente en hojas de cálculos para su evaluación (tabla 7).

Tabla 7 – Ejemplo de la tabla digital de resultados para algunas de las pruebas (F se refiere a la cara frontal del contrafuerte, orientada al sur; L se refiere a la cara lateral del mismo)

Maqueta	Material	Adhesión resonancia	Cohesión ASTM D4214	Adhesión ASTM D3359	Craqueladuras visual	Abrasión visual	Absorción Rilem II.4	Porosidad abierta media	Total +	Media +	Total -	Media -
01 L	Silicato	+++	++	++	+++	++		0.139	12	12	0	0
01 F	Silicato	+++	+	+++	+++	++		0.012	12		0	
02 L	Cal 3 capas	+++	+	+	+++	++		1.241	10	9	0	1
02 F	Cal 3 capas	+	++	+++	--	++		1.224	8		2	
02A L	Cal 5 capas	++	+	+	+++	++		1.109	9	7	0	3
02A F	Cal 5 capas	--	++	+	--	++		1.242	5		6	
03 L	Cal + arena 3 capas	+++	-	++	+++	++		0.233	10	9	1	1
03 F	Cal + arena 3 capas	++	++	++	-	++		0.079	8		1	
03A L	Cal + arena 5 capas	+++	-	++	+++	++		0.385	10	8.5	1	1
03A F	Cal + arena 5 capas	+	++	++	-	++		0.98	7		1	
04 L	Cal + mucilago 3 capas	---	++	-	-	++		0.999	4	4.5	5	4.5
04 F	Cal + mucilago 3 capas	---	++	+	-	++		0.486	5		4	
04A L	Cal + mucilago 5 capas	---	++	++	--	++		0.643	6	6.5	5	5
04A F	Cal + mucilago 5 capas	---	++	+++	--	++		0.338	7		5	
05 L	cal + aceite de linaza 3 capas	+++	--	--	+++	++		0.0278	8	7.5	4	3.5
05 F	cal + aceite de linaza 3 capas	++	+	+	+++	---		0.244	7		3	
05A L	cal + aceite de linaza 5 capas	+++	-	-	+++	++		0.018	8	7.5	2	2.5
05A F	cal + aceite de linaza 5 capas	++	+	+	+++	---		0.314	7		3	
06 L	cal + caseína 3 capas	+++	-	+	+++	++		0.017	9	8	1	3
06 F	cal + caseína 3 capas	+++	+	--	+++	---		0.032	7		5	

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos de las pruebas llevadas a cabo en cada muestra se detallan a continuación y se presentan en el orden desde el mejor al peor comportamiento.

3.1 Muestras con pintura al silicato

Las muestras que mejor se comportaron fueron las de acabados realizados con pintura de silicato. Sin embargo estas muestras presentan una absorción casi nula. Por otra parte este material es muy costoso y solamente se puede adquirir en Lima. Vale la pena hacer un seguimiento a largo plazo a estas muestras, pues es posible que el costo de este material se compense con su durabilidad; esta variable no puede por el momento evaluarse.

3.2 Muestras con pintura a la cal de tres capas

La pintura a la cal sola presenta buenos resultados pero tiene un inconveniente importante que es la presencia de craqueladuras; estas pueden debilitar en corto tiempo los acabados exteriores llevando incluso a lagunas cuando el material está directamente expuesto al medio ambiente (muestra frontal, lado sur del contrafuerte). Presenta una alta absorción de agua en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. Desde el punto de vista económico la cal presenta una ventaja ya que es un material de bajo costo. De igual manera, la pintura a la cal es de fácil uso y podría eventualmente ser aplicada por los pobladores, una vez capacitados, anual o bianualmente como parte del mantenimiento del monumento.

3.3 Muestras con pintura de cal y arena de tres capas

La superficie es muy firme y resistente. En la parte más expuesta al viento y las lluvias presenta ligeras craqueladuras que podrían con el tiempo crear lagunas y zonas frágiles. Presenta una absorción media tanto a las pruebas de RILEM II.4 como a las esponjas de contacto. Los dos materiales empleados (cal y arena) son de bajo costo. El uso de los acabados con cal y arena es un poco más complejo que los acabados de solo cal; sin embargo, con un taller de capacitación para la comunidad, esta podría igualmente aplicar el acabado sin mayores problemas como parte del mantenimiento de las superficies exteriores del templo y del campanario.

3.4 Muestras con pintura de cal y caseína de cinco capas

En este caso la superficie presenta buenas características pero sin embargo es poco resistente a la abrasión al ser expuesta a los avatares del medio ambiente (muestra frontal, lado sur del contrafuerte). Presenta baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La aplicación de un acabado de cal y caseína puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.5 Muestras con pintura de cal y arena de cinco capas

Presenta buen comportamiento aun cuando se aprecia una leve tendencia a la pulverulencia. Por otra parte, al ser expuesta a fuertes vientos y lluvias (muestra frontal, lado sur del contrafuerte) presenta craqueladuras que pueden convertirse en lagunas y debilitar el acabado. Presenta una absorción media tanto a las pruebas de RILEM II.4 como a las esponjas de contacto. Estas conclusiones también se aplican a la muestra de cal y arena de tres capas, siendo la realización de este acabado de una complejidad un poco mayor por parte de miembros de la comunidad.

3.6 Muestras con pintura de cal y caseína de tres capas

El problema más importante que presentan estas muestras es la débil resistencia a la abrasión en exposición directa a lluvias y vientos fuertes (muestra frontal, lado sur del contrafuerte). La paja del revoque se hace visible y la higroscopicidad de la paja podría debilitar todo el revestimiento con un aporte excesivo de humedad. Esto se ve reflejado no solo en la inspección visual sino en la prueba de cohesión ASTM D4214 (2015). Presenta una absorción media tanto a las pruebas de RILEM II.4 como a las esponjas de contacto. Los resultados de la prueba ASTM de adhesividad en esta muestra presentan una adhesión débil aun cuando este resultado no se ve reflejado de manera contundente con la prueba por puntero de resonancia. La aplicación de un acabado de cal y caseína puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.7 Muestras con pintura de cal y aceite de linaza de tres y cinco capas

Las muestras de cal y aceite de linaza presentan una abrasión débil lo que es posible observar a simple vista en la cara expuesta a los fuertes vientos y las lluvias (muestra frontal, lado sur del contrafuerte) y en el resultado de la prueba ASTM de cohesión. La paja

del revoque está visible y de igual manera, la higroscopicidad de la paja puede aportar cantidades importantes de humedad al sustrato. Presentan baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La adhesión no es excelente lo que se ve reflejado en la prueba ASTM de adhesión y en la prueba por puntero de resonancia. La aplicación de un acabado de cal y aceite de linaza puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.8 Muestras con pintura de cal y jabón de cinco capas

Las muestras con pintura a la cal y jabón presentan visualmente un buen acabado. Sin embargo su respuesta a las pruebas de cohesión ASTM D4214 y adhesión ASTM D3359 (2017) son débiles. Presentan baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La aplicación de un acabado de cal y jabón puede ser realizada por miembros de la comunidad capacitados.

3.9 Muestras con pintura CPP satinado, sellador e imprimante sintético

Los acabados con CPP satinado, sellador e imprimante presentan un grave problema de craquelado. Estas craqueladuras además de ser estéticamente desagradables, presentan un potencial de deterioro al permitir el ingreso de humedad por los intersticios. Por otra parte, la prueba de adhesión ASTM D3359 (2017) refleja una adhesividad baja, aun cuando este comportamiento no se vea reflejado en la prueba con el puntero de resonancia. Esto puede ser porque la capa de pintura no se ha desprendido aun. Las muestras presentan muy baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. La pintura CPP es muy fácil de adquirir y podría eventualmente ser aplicada por la comunidad previo taller de capacitación.

3.10 Muestras con pintura CPP alta calidad y sellador

El principal defecto de estas muestras es la cantidad y profundidad de las craqueladuras que están presentes en toda la superficie. Presenta baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.11 Muestras con pintura de cal de cinco capas

Las muestras con pintura a la cal de cinco capas presentan principalmente dos problemas: una deficiente respuesta a la adhesión (presentando el 12% de desprendimientos en la superficie) y presencia de craqueladuras en la superficie que pueden causar mayores desprendimientos al permitir el ingreso de agua por los intersticios. Presenta alta absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.12 Muestras con pintura de cal y mucilago de cinco capas

Estas muestras presentan desprendimientos visibles a la prueba con puntero de resonancia, al igual que craqueladuras sobre toda la superficie. Además, presentan muy alta absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.13 Muestras con pintura de cal y jabón de tres capas

El comportamiento de esta muestra frente a la abrasión y a la adhesión es débil. Presenta muy baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

3.14 Muestras con pintura de cal, jabón, cola y sal de tres y cinco capas

Los resultados de las pruebas sobre estas muestras son muy bajos. Visualmente ya se pueden observar lagunas en las que el revoque es visible y con cierto grado de deterioro. Presenta baja absorción en las pruebas de RILEM II.4 y esponjas de contacto. No se considera un material apto para los revestimientos exteriores del templo y del campanario de Kuñotambo.

4 CONCLUSIONES

En conclusión, los acabados de alto rendimiento fueron mezclas simples a base de cal que incluían cal pura, arena y aceite de linaza. Si bien los acabados sintéticos como el silicato son duraderos, los costos de adquisición de los mismos son un problema para el propietario y para la comunidad local, además de requerir procedimientos de aplicación especializados. Es importante mencionar que la mezcla más adecuada se podría implementar no solo en el templo de Kuñotambo, sino también en las otras decenas de templos que el Arzobispado posee, haciendo que la variable de costo sea de vital importancia. En la siguiente fase del proyecto, se harán muestras de mayor tamaño en la fachada sur del templo utilizando los cinco acabados que han dado mejores resultados y serán dejados a la intemperie por un período más largo, incluyendo la exposición a la próxima temporada de lluvias; estas muestras serán evaluadas posteriormente utilizando las mismas pruebas. Se espera así seleccionar el acabado más duradero con el mejor desempeño para preservar el exterior de este importante monumento vivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D3359-17 (2017) Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test. USA: ASTM International. Disponible en: www.astm.org, <https://www.galvanizeit.com/uploads/resources/ASTM-D-3359-yr-2010.pdf>.

ASTM D4214-07 (2015). Standard Test Methods for Evaluating the Degree of Chalking of Exterior Paint Films. USA: ASTM International. Disponible en: www.astm.org, <https://worldwidestandard.net/wp-content/uploads/2019/07/D-4214.pdf>.

Cancino, C.; Lardinois S. (2012) Seismic Retrofitting Project: Assessment of Prototype Buildings, 2 vols. Los Ángeles: Getty Conservation Institute.

Cancino, C.; Macchioni, E.; Marcus, B.; Mellado, J. C.; Menéndez, J. C. (2020). Seismic retrofitting using local materials and expertise at a church in Kuñotambo, Peru. APT Bulletin v. 51 n. 2/3 p. 23-30, 2020.

Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco (2015). Proyecto de Inversión Pública: Recuperación del templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo, distrito de Rondocan, provincia de Acomayo, departamento de Cusco. Archivo Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco – Área Funcional de Gestión de Proyectos.

Getty. (s.f.) Seismic Retrofitting Project. Disponible en: https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/seismic/index.html.

Macchioni, E.; Karanikoloudis, G.; Lourenço, P. B.; Mellado Flores, J. C.; Miranda Sotomayor, C.; Paliza Flores, V. S.; Rainer, L.; Reina Ortiz, M.; Santana Quintero, M.; Vernaza, C.; Cancino, C. (próxima publicación). Construyendo el cuidado a Largo Plazo: Plan de Monitoreo Multidisciplinario para el Templo de Kuñotambo, Perú. Proceedings of TERRA 2022 International Conference, Santa Fe, New Mexico.

UNI 11432:2011 (2011). Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Misura della capacità di assorbimento di acqua mediante spugna di contatto.

RILEM II. Prueba de absorción de agua a baja presión. Disponible en: <https://www.prginc.com/Building%20Evaluation/Rilem%20Method%20-%20Revised%20-%20202.pdf>.

Tesa. (s.f.) Tesa® Professional 4124 Tesa pack premium. Disponible en: <https://www.tesa.com/en/craftsmen/tesa-professional-4124.html>.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los miembros de las comunidades de Kuñotambo y Rondocan; Luís Villacorta Santamato, consultor del GCI; Claudia Miranda Sotomayor, directora de la Sub-dirección de Patrimonio Cultural y Defensa del Patrimonio Cultural de la DDC-C, Juan Carlos Mellado Flores, arquitecto de la DDC-C y residente de obra en Kuñotambo; Violeta Socorro Paliza Flores, responsable del equipo técnico del Arzobispado del Cusco; y a todo el personal de la DDC-C y del Arzobispado del Cusco que ha colaborado en la realización de las muestras y las pruebas para el acabado exterior del templo de Kuñotambo.

AUTORES

Benjamin Marcus es un conservador especializado en la conservación de edificios y sitios históricos. Tiene una maestría de ciencias en preservación histórica (Columbia University). Desde 2012 es especialista de proyectos en el GCI, y antes de esto fue conservador de arquitectura en varias organizaciones, incluida la Autoridad de Cultura y Patrimonio de Abu Dhabi y Page & Turnbull Inc. En el GCI, trabaja en la Iniciativa de Arquitectura de Tierra incluyendo el Curso Internacional de Conservación de la Arquitectura de Tierra y el Proyecto de Estabilización Sismorresistente.

Elena Macchioni es arquitecta, especialista en patrimonio arquitectónico y paisajístico (Università degli Studi di Genova) y doctora en conservación del patrimonio arquitectónico (Politécnico di Milano). Ha trabajado en proyectos de conservación de patrimonio arquitectónico y arqueológico. Desde 2019 es especialista asociada de proyectos del Departamento de Edificios y Sitios del Getty Conservation Institute y colabora con el Proyecto de Estabilización Sismorresistente liderando el proyecto de monitoreo y mantenimiento del templo de Kuñotambo.

Clemencia Vernaza ha trabajado durante más de 30 años como conservadora privada en los campos de pintura mural y conservación de piedra. Estudió conservación en Colombia y se formó como conservadora de pintura mural en Roma y como conservadora de piedra en Venecia en el ICCROM. También participó en el curso CRATerre sobre la conservación de la arquitectura de tierra. Clemencia trabaja actualmente como freelance en Suiza y Colombia y como consultora en proyectos para la UNESCO y el GCI.

Claudia Cancino es especialista senior de proyectos del departamento de edificios y sitios en el Getty Conservation Institute y dirige la Iniciativa de la Arquitectura de Tierra, que incluye el Proyecto de Estabilización Sismorresistente en Perú. Es arquitecta colegiada del Perú con un certificado en Conservación (ARC 95 ICCROM) y tiene maestrías en administración de empresas (ESAN) y urbanismo (Universidad Ricardo Palma de Lima) y tiene una maestría en preservación histórica y un certificado avanzado en conservación (University of Pennsylvania).