



## Conservación de muros del Monumento Histórico Nacional Calera de las Huérfanas - Colonia, Uruguay

Guillermo ZUBELDÍA<sup>1</sup>, Leticia OLIVERA<sup>2</sup>, Diego NOVELLO<sup>3</sup>, Gianella MUSSIO<sup>4</sup>, Carola ROMAY<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU): Bv. Artigas 1031 Montevideo, Uruguay

<sup>1</sup>gzubeldia@fadu.edu.uy, <sup>2</sup>lolivera@fadu.edu.uy, <sup>3</sup>dnovello@fadu.edu.uy, <sup>4</sup>gmussio@fadu.edu.uy, <sup>5</sup>cromay@fadu.edu.uy

**Resumen:** El siguiente artículo expone los resultados del asesoramiento elaborado por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU, Udelar), por encargo del Ministerio de Turismo (Mintur) en 2021, para la conservación de muros de mampostería datados del siglo XIX. Estos corresponden a la casa del Gobernador Laguna, se encuentran adjuntos a la capilla construida en el siglo XVIII y pertenecen al Monumento Histórico Nacional, Estancia Calera de las Huérfanas, Colonia, Uruguay.

El trabajo comprende, en primer lugar, la actualización y registro de la configuración constructiva y de las condiciones de conservación de seis paños de muro de mampostería. En segundo lugar, la caracterización en laboratorio de ladrillos cerámicos, mortero de junta y mortero de revoque en base a muestras extraídas in situ. Esta caracterización incluye para el caso de los mampuestos cerámicos, el estudio de su composición mineralógica, absorción de agua por inmersión, absorción de agua por succión capilar, permeabilidad al agua, densidad, porosidad, color y resistencia a compresión. En el caso de los morteros de junta y de revoque implica el estudio de la composición mineralógica, la naturaleza del aglomerante, la relación aglomerante/agregado inerte y la granulometría del agregado.

En base a los estudios previos las recomendaciones incluyeron medidas para garantizar la estabilidad de los muros, la recomposición de morteros, llenado de vacíos, limpieza y protección. Los resultados alcanzados permitieron profundizar en el conocimiento de la conformación material de estos muros y en las medidas necesarias para su mantenimiento, con foco en la conservación de los materiales.

La experiencia aportó datos de interés no solo para la recuperación del sitio patrimonial sino también para el crecimiento del equipo investigador.

**Palabras clave:** Patrimonio, Patologías constructivas, Consolidación de muros, Ladrillo, Mortero de tierra.

### 1. Introducción

La estancia Calera de las Huérfanas es Monumento Histórico Nacional desde 1976. Fue uno de los más importantes enclaves jesuitas en territorio uruguayo integrado a la red de establecimientos de la Compañía de Jesús en Brasil y Argentina. En sus tierras, con cerca de 140.000 hectáreas de extensión, se desarrolló fuertemente la producción ganadera y hortícola aunque se la conoce también por la producción de cal y otros materiales de construcción. El casco de la estancia ubicado próximo al arroyo Juan González se organizaba en torno a patios, siendo el principal el que nuclea la iglesia y una serie de cuartos destinados a habitaciones, herrería, panadería, jabonería, telar, carpintería y tahona. Cuando en 1767 se da orden de expulsión a la Compañía de Jesús, la estancia inicia un proceso de transformación cambiando de destino y propietarios, lo que significó además su fraccionamiento. Finalmente, en 1829 el general Julián Laguna adquiere el casco de estancia a instancias del fraccionamiento promovido por el gobernador de Buenos Aires Manuel Dorrego. Laguna construye sobre uno de los vértices del patio principal su casa propia, muy probablemente

aprovechando los materiales disponibles provenientes de las construcciones jesuitas anteriores cuyo estado de conservación se encontraba altamente comprometido. Los seis paños de muros remanentes de esta casa (Figura 1) integran actualmente el espesor histórico del Monumento y son objeto de un proyecto de intervención en el que se inserta el asesoramiento realizado desde el Instituto de Tecnologías de la FADU.



**Figura 1-** Vista general de los seis paños de muro

Este comprende en primer lugar la actualización y registro de la configuración constructiva, en segundo lugar, la caracterización química, física y mecánica en laboratorio de ladrillos cerámicos, mortero de junta y mortero de revoque en base a muestras extraídas *in situ* y, en tercer lugar, la elaboración de recomendaciones para la intervención directa de los muros y para su mantenimiento futuro con foco en la conservación de los materiales. Dichas recomendaciones se corresponden con las medidas de consolidación estructural derivadas de la consultoría simultánea llevada adelante por parte de asesores especialistas.

## **2. Actividades ejecutadas, metodología y materiales**

Las actividades realizadas *in situ* comprendieron el relevamiento de la configuración constructiva y del estado de conservación de los muros, así como a los efectos de proceder a la toma de muestras (Figura 2).



**Figura 2-** Trabajo *in situ*

En la ejecución del relevamiento constructivo y del estado de conservación se siguieron las pautas técnicas generales establecidas en la norma UNE-EN 41805 “Diagnóstico de edificios”, aplicando la auscultación directa con auxilio de instrumentos simples de medición. Para la toma de muestras se siguió el criterio de mínima intervención y máxima representatividad, aplicando herramientas manuales (Figura 3). La designación, tipo y procedencia de las muestras extraídas se indican en la Tabla 1.



**Figura 3 – Toma de muestras**

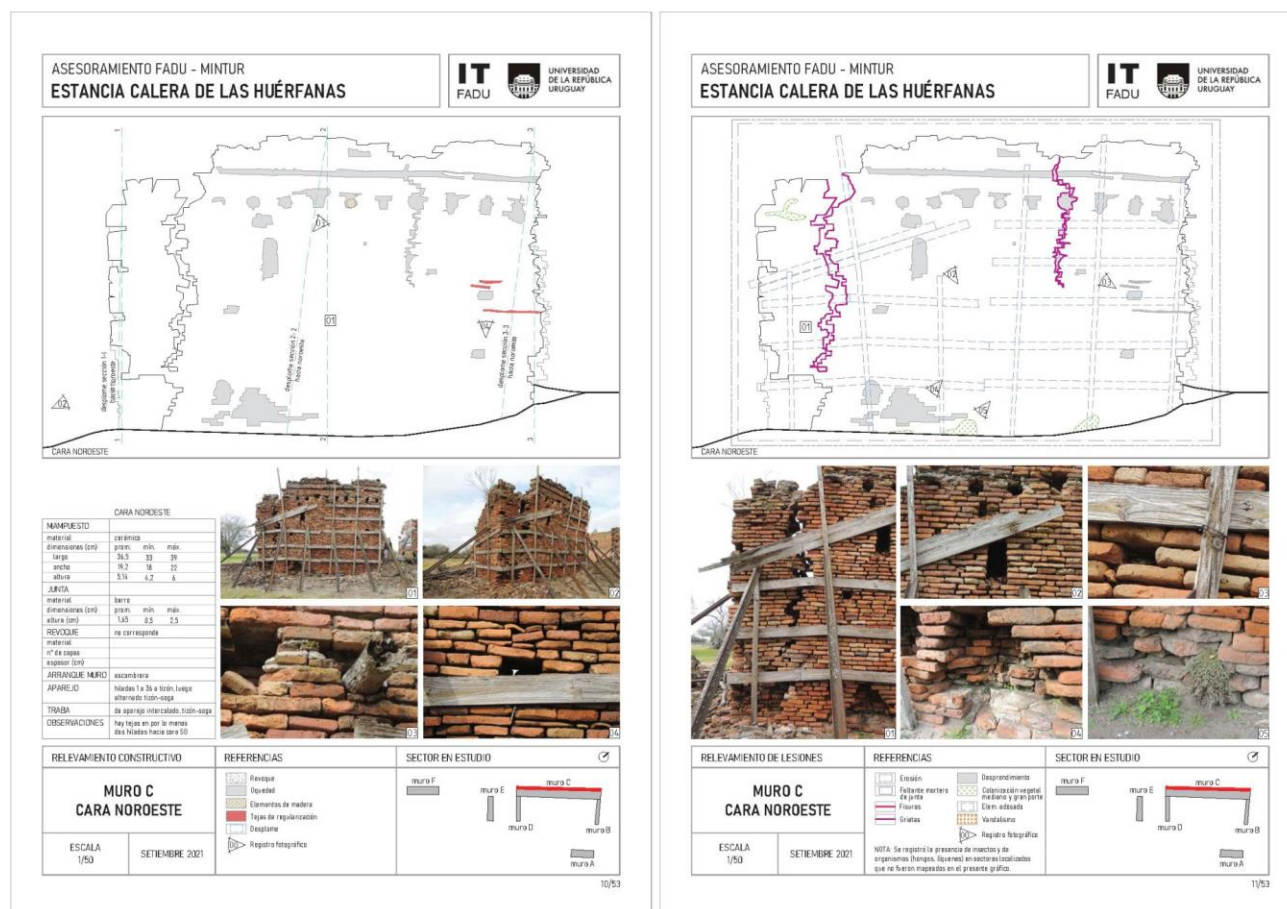
**Tabla 1- Muestras extraídas**

| Muestra  | Procedencia          | Designación    |
|----------|----------------------|----------------|
| Ladrillo | Muro E cara Noreste  | E - Noreste    |
| Ladrillo | Muro B cara Sureste  | B - Sureste    |
| Ladrillo | Encuentro muro C y B | C y B          |
| Mortero  | Muro C               | Mortero Muro C |
| Mortero  | Muro E               | Mortero Muro E |
| Revoque  | Muro E cara Noreste  | R              |

El relevamiento constructivo implicó el registro de características generales de los diferentes paños vinculados con la geometría general, aparejo, condiciones del arranque inferior (relativas al suelo y a posibles dispositivos de fundación) y eventuales condiciones de vinculación o traba con otros paños. Complementariamente, abordó características de los materiales constitutivos tales como dimensiones de los ladrillos cerámicos (largo, ancho y altura), espesor de las juntas de mortero y materiales constitutivos, capas, materiales constitutivos y espesor de revoques.

El relevamiento del estado de conservación consideró la presencia de lesiones en los materiales relacionadas con erosión, desprendimientos o faltantes, roturas, colonización biológica, colonización animal, vandalismo, fisuras y grietas. Al mismo tiempo incluyó lesiones generales de los muros vinculadas a movimientos y deformaciones, fisuras y grietas y elementos adosados.

En ambos relevamientos se elaboraron fichas que muestran una síntesis gráfica del estado actual para cada cara de los muros como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4-** Fichas de relevamiento constructivo y lesiones

Para la implementación de la caracterización de los mampuestos fue necesario proceder a una limpieza manual previa, utilizando cepillo de cerdas plásticas, para retirar material remanente de juntas y colonización biológica de fácil desprendimiento.

Las propiedades analizadas fueron estudiadas según las siguientes normas y consideraciones operativas:

.Color: UNE EN 15886. Las determinaciones se tomaron sobre el canto y tabla de las muestras en las condiciones recomendadas por la norma de referencia: D65/10°, que representan una fuente luminosa de luz del día al mediodía, con un observador estándar de visualización amplia a 10°. Dada la variación cromática resultante de la colonización biológica y otros factores, para realizar las determinaciones fueron seleccionados los sectores de las tablas y cantos que mostraban menor alteración.

.Absorción de agua por succión capilar: UNE 15801. Las determinaciones consideraron la capilaridad de la tabla más irregular de los ladrillos. La cantidad de agua absorbida por unidad de área (Q) fue establecida para diferentes intervalos de tiempo (30 s, 1, 2, 3, 4, 5 y 10 min). El correspondiente coeficiente de capilaridad (AC) fue determinado como la pendiente del sector lineal del gráfico obtenido al relacionar Q con la raíz cuadrada del tiempo de ensayo.

.Absorción: UNE EN 772-21. Las determinaciones se realizaron con 24 horas de inmersión total de las muestras.

.Densidad: IRAM 12593. El valor correspondiente se obtuvo de aplicar la siguiente expresión que relaciona variables determinadas previamente (masa seca ms, masa saturada msat y masa en agua ma):  $D \text{ (kg/m}^3\text{)} = ms \times 1000 / (msat - ma)$ .

.Porosidad. En base a las determinaciones anteriores se infirió un valor aproximado de Porosidad obtenida según la expresión:  $P(\%) = 100 \times (msat - ms)/(msat - ma)$ .

.Resistencia a compresión: UNE EN 772-1. Previamente a su ejecución los bordes laterales de las muestras fueron rectificadas y posteriormente se aplicó encabezado de regularización de sus tablas.

.Granulometría de la arena: UNIT NM 248. Fue aplicada sobre la fracción inerte del revoque luego de su separación de la matriz aglomerante, utilizando tamices normalizados conforme a la norma de referencia.

.Composición mineralógica. Se aplicó un difractómetro de polvo y las condiciones de medida corresponden a un rango  $2\theta = 10.00^\circ$  a  $60.00^\circ$ , con un paso de  $0.02^\circ$  y 2 segundos. Fue estudiada sobre dos muestras de mortero de junta y una muestra de revoque.

.Determinación del residuo insoluble en ácido clorhídrico y del contenido de óxido de sílice. De acuerdo a lo señalado en la norma IRAM 1504. Esta determinación fue realizada sobre la muestra de revoque preparada de acuerdo a la norma de referencia luego de haber retirado en forma manual las capas pictóricas de recubrimiento.

.Determinación del óxido de calcio. Basada en la titulación de la muestra por EDTA de la muestra de revoque preparada de acuerdo a las referencias bibliográficas, luego de haber retirado en forma manual las capas pictóricas de recubrimiento.

.Determinación de la pérdida por calcinación de acuerdo al procedimiento indicado en la norma UNIT NM 18. Esta determinación fue realizada sobre una muestra de mortero de junta y una muestra de revoque.

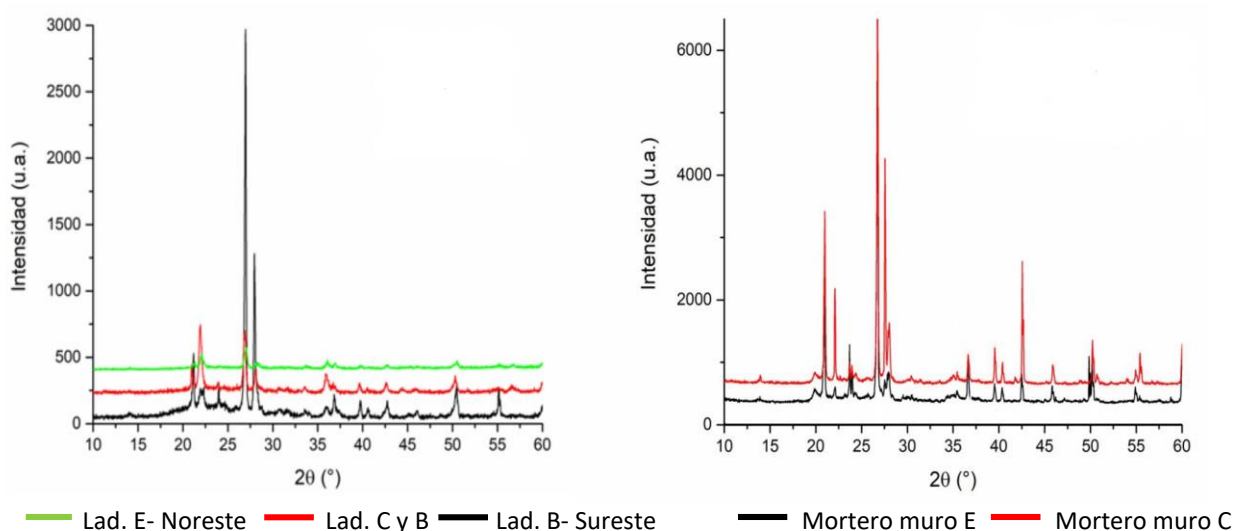
.Clasificación de suelos: ASTM D 4318. Método estándar para determinación de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

### 3. Caracterización de materiales

Como resultado de la caracterización se pudieron establecer las siguientes consideraciones:

- En la composición mineralógica de ladrillos por difracción de rayos X se pudo establecer que las muestras "E-Noreste" y "C y B" se componen de dióxido de sílice y silicato de magnesio. La muestra "B-Sureste" por su parte se compone de dióxido de sílice y albita cálcica (Figura 5).

- En la Composición mineralógica de morteros de junta los estudios de difracción de rayos X muestran que el "Mortero muro E" tiene un alto grado de correspondencia con dióxido de silicio y aluminosilicato de sodio y calcio y el "Mortero muro C" tiene un alto grado de correspondencia con dióxido de silicio, aluminosilicato de sodio y calcio y silicato de magnesio (Figura 5).



**Figura 5-** Composición mineralógica de los ladrillos cerámicos y morteros de junta

La preparación previa para los ensayos de resistencia a compresión implicó el rectificado y encabezado de los ladrillos como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6** – Preparación y ensayo de rotura a compresión de ladrillos

Para la determinación de Color por espacio ciela, los valores promedio de 10 determinaciones obtenidas en el canto y tabla de los ladrillos, Absorción por succión Capilar (AC), Absorción, Densidad, Porosidad, Permeabilidad al agua a los 30 minutos (PA) y resistencia a la compresión se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2-** (Color, succión capilar, absorción, densidad, porosidad, permeabilidad, resistencia a compresión)

| Muestra     | L*    | a*    | b*    | AC    | A (%) | D (kg/m3) | P (%) | PA (g) | RC(MPa) |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|--------|---------|
| E - Noreste | 44,46 | 10,33 | 16,81 | 1,056 | 20,7  | 1404,7    | 29,1  | 3,5    | S/D     |
| B - Sureste | 40,60 | 12,59 | 17,68 | 2,541 | 25,4  | 1290,6    | 32,8  | 52,4   | 4,53    |
| C y B       | 40,72 | 7,62  | 13,13 | 0,383 | 10,0  | 1474,2    | 14,8  | 3,3    | 17,87   |

La fracción de suelo del mortero de junta de tierra puede ser clasificado según la clasificación internacional (UCS) como arcilla de baja plasticidad en virtud de los resultados de límite líquido (LL) e índice de Plasticidad (IP). Su composición general responde a los porcentajes en peso de arcilla y arena de dos muestras de mortero de junta identificadas como “Mortero muro C” y “Mortero muro E” indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3-** (Límite Líquido, Índice de Plasticidad, Perdida por Calcinación, Clasificación (UCS), % de arena y arcilla)

| Muestra        | LL   | IP   | PC(%) | UCS | Arena(%) | Arcilla(%) |
|----------------|------|------|-------|-----|----------|------------|
| Mortero Muro C | 23,5 | 15,9 | 5,8   | CL  | 37       | 63         |
| Mortero Muro E | 21,9 | 9,9  | 5,8   | CL  | 37       | 63         |

El 27% de las partículas de arena tienen diámetros entre 0,3 y 0,6 mm y el restante entre 0,075 y 0,15 mm. Las técnicas utilizadas coinciden en establecer que las muestras se corresponden con un mortero formulado a partir de arcilla de baja plasticidad con arena en proporción arena/arcilla=0,58 en peso.

Luego de conocer la composición de los morteros se confeccionaron probetas incluyendo consolidante en el agua de amasado en proporción variable entre un 20% y un 25% y adicionalmente se aplicó un producto

hidrofugante de última generación. Las probetas fueron analizadas bajo el ensayo de succión capilar a los efectos de observar su comportamiento (Figura 7).



**Figura 7-** Ensayos de probetas con consolidante e hidrofugante

En cuanto al revoque a partir de los resultados por difracción de rayos X se pudo establecer que la muestra se compone de dióxido de sílice y calcita.

La granulometría de la arena y su distribución aproximada por tamaño de las partículas según su diámetro  $d$  y los porcentajes de su composición están indicados en la Tabla 4.

**Tabla 4-** (Granulometría 2,4 a 0,075mm, Residuo Insoluble, Óxido de sílice, Óxido de Calcio y Pérdida por Calcinación)

| Muestra   | 2,4-1,2<br>mm | 1,2-0,6<br>mm | 0,6-0,3<br>mm | 0,3-0,15<br>mm | 0,15-0,075<br>mm | RI  | SiO <sub>2</sub> | CaO   | PC   |
|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------|-----|------------------|-------|------|
| Revoque R | 1,4%          | 11,3%         | 41,4%         | 19,2%          | 26,7%            | 81% | 0,1%             | 22,6% | 6,9% |

Las técnicas utilizadas coinciden en establecer que la muestra se corresponde con un mortero formulado a partir de arena fina a polvo como agregado y cal aérea como aglomerante. La relación en peso entre aglomerante/agregado es de 1/6,8.

#### 4. Recomendaciones para la conservación de los muros del siglo XIX

En base a los estudios previos se establecieron recomendaciones tomando en cuenta los criterios internacionales, especialmente los expresados en los Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido (Conferencia internacional sobre conservación, 2000) y los Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico (Icomos, 2003). Ello significó poner de relieve el valor testimonial de los materiales que conforman los muros, la importancia de preservar el valor testimonial de los materiales que conforman los muros, la necesidad de alcanzar la máxima compatibilidad entre los materiales existentes y los que se incorporan y la mayor reversibilidad posible. Esto significó no emplear materiales en base a cemento portland por los efectos perjudiciales documentados en la bibliografía internacional. Se consideró además el proyecto de estructura que determinó la reducción de la altura de los muros para alcanzar la seguridad estructural.

Se indicaron algunas tareas generales iniciales con respecto a la demarcación, reapuntalamiento, acondicionamiento del área de trabajo y acopio. Se sugirió que durante las tareas de desmonte los mampuestos que se conservaran completos y no presentaran roturas ni fracturas fueran acopiados para su reutilización en la etapa posterior de restauración.

Para la ejecución de las tareas particulares de conservación se propusieron las siguientes recomendaciones:

- Limpieza y eliminación de colonización biológica.

En términos generales se recomendó iniciar la limpieza con métodos manuales en seco de bajo impacto para pasar gradualmente a métodos de mayor impacto por vía húmeda con agua o agua con adición de detergentes no iónicos. Para la eliminación de colonización biológica (hongos y algas) se recomendó cepillado en húmedo aplicando una solución de cloruro de benzalconio (en concentración variable del 1% al 3%), seguido de un lavado de enjuague con agua sin presión y considerar la alternativa de impregnar previamente la superficie de los ladrillos con una solución de formol al 10% en agua.

En el caso de pequeñas plantas de raíces superficiales se recomendó eliminarlas mecánicamente de forma manual. Para plantas de gran porte se recomendó la aplicación de procedimientos que eviten la generación de esfuerzos adicionales que provoquen pérdidas de morteros y ladrillos. Se consideró tratarlas por pulverización de herbicidas totales no selectivos que actúan sobre el follaje. En todos los casos se aconsejó que los huecos provocados por el retiro de los restos secos de las plantas fueran completados con los materiales apropiados.

- Reconstrucción de huecos

Se recomendó reconstruir los huecos que implican discontinuidad material empleando mampuestos enteros o cortados obtenidos de la etapa de desmonte. Para su uso los ladrillos deben estar limpios, sin restos de mortero, suciedad o colonización biológica. Se sugirió emplear un mortero de toma de iguales características al existente y respetar el aparejo del sector adyacente al hueco. En los casos en que el hueco compromete más de una hoja del muro se sugirió iniciar la actuación por una de ellas para luego pasar a la siguiente, tomando en cuenta la existencia de elementos de traba que deben ser incorporados en la secuencia de reconstrucción.

- Rejuntado

El mortero para la realización del rejuntado debe permitir la difusión del vapor de agua, impedir el ingreso de agua en estado líquido, admitir nuevos tratamientos y no presentar diferencias de color apreciables a simple vista respecto del mortero de junta original. A tales efectos se recomendó aplicar un mortero en base a tierra de iguales características al original de consistencia adecuada para su incorporación con herramientas manuales. De acuerdo a pruebas realizadas la consistencia óptima puede ser alcanzada con una relación agua/tierra en peso entre 0,20 a 0,25. La incorporación adicional del consolidante ensayado sobre probetas demostró que de seleccionarse el producto apropiado se puede reducir favorablemente la succión capilar. Las tareas de rejuntado implican evitar la formación de huecos internos por lo que se sugirió aplicar presión con una herramienta manual y conformar un perfil de junta rehundida.

- Completamiento y sellado de grietas y fisuras

Para el completamiento y sellado de grietas y fisuras se recomendó la aplicación de grouts elaborados en base a tierra que eventualmente pueden incorporar consolidante en el agua de amasado. De acuerdo a determinaciones realizadas una relación de agua/tierra=0,45 confiere una consistencia fluida aceptable. Se advirtió en tal sentido que es necesario establecer con precisión el tiempo entre el mezclado y la colocación ya que inciden en la fluidez y posible segregación. En su aplicación se recomendaron métodos por gravedad o por inyección a presión dependiendo de las condiciones de cada sector de muro. En ambos casos se recomendó operar desde los extremos hacia el centro de los muros, así como de abajo hacia arriba, intercalando las zonas donde se realiza la tarea.

- Remate superior

A los efectos de evitar el impacto directo de los agentes climáticos sobre el coronamiento de los muros, principalmente del agua de lluvia, se recomendó diseñar y construir un remate superior que contribuya a su conservación. Esta medida protege del ingreso de agua, la erosión y la disgregación de morteros y ladrillos. Se aconsejó la conformación de un único plano con pendiente mínima de 15% fabricado en materiales compatibles con los preexistentes en cuanto a su comportamiento físico, mecánico y químico. Entre las

alternativas se indicó como medida mínima la realización de una capa de mortero de arena y cal, compatible con la mampostería antiguamente revocada, considerando la necesidad de intercalar buñas que limiten la extensión del plano revocado y reduzcan posibles fisuras por dilataciones y contracciones.

#### - Protección superficial

Se recomendó disponer de una solución de protección superficial de los paramentos y del remate superior en base a productos o materiales que permitan la difusión del vapor de agua, impidan el ingreso de agua en estado líquido, posean la capacidad de admitir nuevos tratamientos y no produzcan alteraciones de color apreciables a simple vista de los mampuestos y morteros de junta. En virtud de que no existe aún la definición sobre la recuperación de las capas de revoque, se recomendó que en caso de elegir esta opción se mantengan las características resultantes de la caracterización realizada. En caso contrario, se recomienda la protección directa sobre ladrillos y morteros con productos hidrofugantes incoloros que demuestren efectividad sobre ladrillo y mortero de tierra, para lo cual deberán ser ejecutadas pruebas adicionales previas.

Estas recomendaciones fueron recogidas en la memoria constructiva particular de la licitación pública dirigida a empresas constructoras que cuentan con técnicos calificados en conservación del patrimonio (número 1 de 2022, Llamado a empresas para la estabilización estructural de las paredes aisladas pertenecientes a sectores de las construcciones del sitio que según se desprende de datos bibliográficos, los que fueron construidos en el siglo XIX, Carmelo, departamento de Colonia) realizada por el Ministerio de Turismo y que fuera reciente adjudicada.

## 5. Conclusiones

En base a las consideraciones de valor que señalan a estos muros como testimonio de un momento histórico relevante del sitio y partiendo de la necesidad de dotarlos de condiciones de seguridad estructural para su conservación, el asesoramiento ejecutado permitió desarrollar alternativas para respetar su dimensión material. En tal sentido, fue de gran importancia la caracterización química, física y mecánica en laboratorio de ladrillos cerámicos, mortero de junta y mortero de revoque, así como el estudio del estado de conservación ya que estas actividades permitieron determinar las alternativas de máxima compatibilidad con los materiales preexistentes y las estrategias viables para reconstruir su lógica constructiva.

A pesar de tratarse de una construcción tradicional, en base a mampuestos cerámicos y morteros de tierra, existen en el país escasas referencias técnicas que asistan en la toma de decisiones para su correcta intervención. Por este motivo el trabajo constituye una oportunidad de avanzar en el conocimiento del patrimonio nacional y aportar asistencia al medio técnico profesional encargado de su conservación.

## Referencias Bibliográficas

- Ashurt, J. y Ashurt N. (1988). Practical building conservations, Stone masonry. Vol 1. Gower Technical Press Ltd. Inglaterra.
- Asociación Española de Normalización (2009). Diagnóstico de edificios. (UNE 41805: 2009). Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización (2011). Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de superficies. (UNE EN 15886: 2011). Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización (2010). Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad. (UNE 15801: 2010). Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización (2011). Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 21: Determinación de la absorción de agua de piezas para fábrica de albañilería de arcilla cocida y silicocalcáreas por absorción de agua fría. (UNE EN 772-21:2011). Madrid: AENOR.

- Asociación Española de Normalización (2016). Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición de la absorción de agua por el método de la pipeta. (UNE EN 16302:2016). Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización (2011). Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión. (UNE EN 772-1:2011). Madrid: AENOR.
- Beas, Maria Isabel G. (1991). Traditional Architectural Renders on Earthen Surfaces. (Masters Thesis). University of Pennsylvania, Philadelphia, PA.
- Carreira I., Pombo, I., Cardoso, P. (2021). Estabilização de argamassas de terra: uma revisão. *Conservar Património* (37) 35-43
- Castilla Pascual, F. (2004). Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra. Escuela técnica superior de arquitectura, Madrid.
- Chaudhry, Ch. (2007). Evaluation of Grouting as a Strengthening Technique for Earthen Structures in Seismic Areas: Case Study Chiripa. University of Pennsylvania , Philadelphia, PA.
- Conferencia Internacional sobre Conservación “Cracovia 2000”. (2000). Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido. Recuperado de [https://www.ge-iic.com/wp-content/uploads/2006/07/Carta\\_de\\_Cracovia.pdf](https://www.ge-iic.com/wp-content/uploads/2006/07/Carta_de_Cracovia.pdf)
- Domínguez, O. (2015). Preservation and repair of rammed earth constructions. Universidad de Minho. Portugal.
- International Council of Monuments and Sites. (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Recuperado de [https://www.icomos.org/charters/structures\\_sp.pdf](https://www.icomos.org/charters/structures_sp.pdf)
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2004). Ladrillos y bloques cerámicos para muros y tabiques. Método para la determinación de la densidad, del volumen total y del volumen macizo. (IRAM 12593:2004). Buenos Aires: IRAM.
- Instituto Nacional de Normalización (2013). Morteros. Parte 1: Requisitos generales. (Nch 2256/1). Santiago de Chile: INN
- Lakshmi N. (2014) Performance Evaluation of Clay Grout Formulations for Structural Cracking in Historic Earthen (Mud Brick) Buildings. Tesis en preservación histórica, 561. University of Pennsylvania, Philadelphia, PA.
- Ribeiro, T. (2021) Conservation of Earth Heritage: an approach for a new methodology.. Tesis de doctorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
- Silva, R., Schueremans, L., Oliveira D., Dekoning, K., Gyssels, T. (2012). On the development of unmodified mud grouts for repairing earth constructions: rheology, strength and adhesión. *Materials and Structures* (45) 1497–1512