



REPARACIÓN DE GRIETAS Y FISURAS EN CONSTRUCCIONES DE TIERRA

ARQ. ALEXANDRA RUIZ MACHADO

Profesional Universitario Gobernación de Boyacá

ARQ. GLADYS ACEVEDO PEDROZA

Contratista Gobernación de Boyacá

ARQ. OLGA LÓPEZ MORALES

Contratista Independiente

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA

ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

BOGOTÁ D.C – ABRIL DE 2016



## RESUMEN

Los sismos y movimientos de suelos como asentamientos han producido en las edificaciones construidas de tierra la fisuración y agrietamiento en sus muros estructurales, esto genera pérdida de resistencia y rigidez e incrementa el riesgo de colapso durante un nuevo sismo. Con el fin de buscar una solución a este tipo de lesiones y evitar la pérdida del patrimonio cultural arquitectónico, se ha estudiado la posibilidad de inyección de barro líquido en grietas y fisuras para la reparación de las mismas y prolongar la vida de las construcciones de tierra.

Dentro de este proceso se han realizado varios ensayos de comportamiento al adicionar algunos materiales a las mezclas, con la finalidad de proporcionar estabilidad a la construcción buscando la resistencia original de la misma, a continuación se describirán los procesos, ensayos y resultados realizados con cemento, cal y yeso.

## ABSTRACT

The earthquakes and EQGMS like settlements had produced in the earth edifications the cracking fissuration in its structural walls, this produces lose of resistance and rigidity and increase the risk of collapse when a new earthquake happens. Whit the purpose of find a solution to that kind of lesions and avoid the lose of architectural cultural heritage possibilities have Been studied that involves injections of liquid mud for the fix of fissures and cracks and extend the life of the buildings.

Into this project several behavior tests have been done adding some materials to the mix whit the purpose of provide stability to the edification giving it the original resistance. Below we will describe the processes, tests and results made with cement, lime and plaster.

## INTRODUCCIÓN

La arquitectura en tierra ha estado presente en distintas civilizaciones y culturas, tal vez porque constituye el material más abundante en el mundo. Las técnicas para uso de la tierra son variadas tanto en el diseño como en la construcción. Así mismo posee grandes ventajas y limitaciones ya que su mejoramiento y conservación es un reto para los profesionales que deciden especializarse en este tipo de construcciones, teniendo en cuenta que esta labor va más allá de reconstruir un espacio, sino de mantener la integridad y constitución de los valores patrimoniales del mismo.

Las construcciones patrimoniales han sido estropeadas con el tiempo por agentes naturales y el mismo hombre, la mayoría de las construcciones de tierra que han perdurado poseen muros robustos. La gran masa de los muros ocasiona durante un sismo el desarrollo de grandes fuerzas que generan tracción que la tierra no es capaz de resistir, provocando así el agrietamiento de muros que conlleva a la pérdida de su resistencia y rigidez. Las grietas y fisuras estructurales



representan un riesgo de colapso frente a la ocurrencia de un sismo. Con el fin de proteger el patrimonio cultural, se hace necesario reparar y detener el daño sísmico en las construcciones históricas.

En la Pontificia Universidad Católica del Perú investigadores han desarrollado un método para reparar las grietas y suras en muros a través de inyección de pastas de barro líquido, consiguiendo restituir por completo la resistencia original de las construcciones de tierra. El método se puede utilizar en bienes patrimoniales de tapia pisada o adobe.

En diferentes ensayos realizados se observa que las juntas son generalmente la parte más débil y por donde se presentan las fisuras o grietas debido a la microfisuración del mortero ya que se contrae al secarse reduciendo la adherencia entre el bloque y el mortero, siendo importante en estos casos la calidad, selección y proporción de los materiales utilizados lo cual permiten que mejore su resistencia.

## ENSAYOS Y MÉTODOS

El adobe consiste en una estructura compuesta por bloques unidos por mortero, la resistencia de este sistema se debe en gran parte a la adherencia del mortero, las juntas son zonas críticas en los muros, ya que la contracción en el proceso de secado reduce la adherencia de los elementos y produce la microfisuración.

Los ensayos realizados para el comportamiento de morteros y espesores para reparación de grietas y fisuras son los siguientes:

Ensayo de tracción indirecta: Consiste en la compresión vertical de dos bloques de adobe unidos por mortero que forman una junta vertical y centrada, la carga aplicada ocasiona esfuerzos bastante uniformes de tracción entre mortero – bloque, la resistencia a la tracción de este ensayo según VARGAS-NEUMANN, Julio. et. al. “Uso de grouts de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe”. En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009 “es expresada por: donde  $P$  es la carga de rotura,  $A$  es el área de la interfase de mortero ( $A = l h$ , donde  $h$  es la altura y  $l$  la longitud del emparedado) y es un factor adimensional para estimar el esfuerzo de tracción en la interfase” siendo éste un ensayo simple y económico realizando con este sistema diferentes pruebas de mezclas de mortero tanto en proporción de material como espesores del mortero, utilizando materiales con alto porcentaje de finos de mediana a baja plasticidad, pero suficientemente arcillosos como para desarrollar propiedades de cohesión . Para el estudio de morteros se varió el contenido de agua y el tamaño máximo de partículas del suelo natural y así ver el comportamiento y cuál es el mejor resultado.

Ensayo de compresión diagonal:, en este ensayo según VARGAS-NEUMANN, Julio. et. al. “Uso de grouts de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe”. En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009” “Se realiza sometiendo una probeta cuadrada de mampostería a una carga de compresión en dos esquinas opuestas, el comportamiento es representativo de la resistencia a tracción de la mampostería y del comportamiento sísmico de la mampostería de adobe tal como se comprobó en investigaciones anteriores. Este ensayo es más elaborado que el de tracción indirecta, por lo que se ha utilizado para probar los grouts más



eficientes. El tipo de falla que se espera es una grieta entre los puntos de aplicación de la carga que se genera por los esfuerzos de tracción dominantes”. Hacen la reparación de este ensayo inyectando el grout y luego de 3 o 4 semanas vuelve a repetir el ejercicio para evaluar el grado de restitución de la resistencia a tracción de los diferentes grouts.

El proceso de inyección de barro líquido en grietas y fisuras se realiza en tres etapas:

“... 1. Sellar las caras de la fisura con yeso. Además se colocan, atravesando el sello de yeso, tubos plásticos de 3 mm de diámetro para formar las boquillas por donde se inyectará el grout. Una vez endurecido el yeso, se retiran los tubos para dejar las boquillas libres.

2. Inyectar agua en las boquillas. Este procedimiento se realiza con el fin prevenir que el material fino existente en la superficie interior de las fisuras trabaje como aislante al grout inyectado. También se busca proporcionar mejor lubricación para la inyección del grout. Se consigue además aumentar la humedad en las paredes de la fisura, disminuir la velocidad de secado y reducir la formación de microfisuras en el material de relleno.

3. Inyectar inmediatamente el grout de abajo hacia arriba, a través de las boquillas. Se inyecta por una boquilla hasta que el material haya repletado el nivel de la siguiente boquilla superior y empiece a salir. Se debe continuar sucesivamente hasta concluir con todas las boquillas.

4. Retirar el sello de yeso y retocar la superficie exterior de la fisura inyectada hasta conseguir un acabado aceptable. El equipo utilizado es un inyector cilíndrico desechado, cuyo original se expende en las ferreterías para colocar masilla para vidrios o silicona. En el proceso de selección de equipos de inyección se descartaron equipos de presión más sofisticados, surtidores de agua a presión y otros....”<sup>1</sup>

## RESULTADOS

De acuerdo a los ensayos realizados para el V Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid 2008, se evidencia que a menor espesor de mortero, se puede obtener mayor resistencia de tracción. Dentro del contexto práctico es complejo fabricar emparedados con morteros de espesores menores a 2 mm, ya que no es posible adherir los bloques para realizar el ensayo. Por este motivo se procedió a comprobar la influencia del espesor del mortero en la resistencia de la mampostería de adobe y realizar un experimento de observación de los patrones de las fisuras y construyó una serie de muros con espesores de mortero diferentes. Posteriormente se abrieron las muestras después de 48 horas, teniendo en cuenta las fisuras se procedió a medir el número y grosor de cada una, encontrando que el número de fisuras era similar en los morteros de todos los espesores, sin embargo se encontraron fisuras muy finas presentes en los morteros de menor espesor. Por tal motivo se comprueba que la mayor resistencia en los morteros de menores espesores se debe al menor grosor de las microfisuras. Después se construyeron y ensayaron a compresión 8 muros de mampostería de adobe con espesores de mortero de 5 mm, éstos requirieron de mayor presión de asentado que los muros tradicionales, en promedio fueron 150% más resistentes a los muros tradicionales. Los resultados

<sup>1</sup> VARGAS-NEUMANN, Julio. et. al. “Uso de grouts de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe”. En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009.



permiten comprender que se podría conseguir mampostería en adobe más resistente si se reduce el espesor del mortero, así mismo que los muros reparados a través de inyección líquida en donde la pasta se realice con espesores menores, pueda tener mayor resistencia. Después de las investigaciones adelantadas por (PUCP – USAID, 1993), se estableció que para producir morteros finos y diluidos se debe utilizar de 30% a 40% de agua en las mezclas, ya que los morteros con alto contenido de agua permiten lograr espesores de mortero del orden de 2 a 5 mm, de esta forma se obtienen resistencias mayores. En los casos que no fue posible recuperar resistencia, se observaron errores en la preparación de la mezcla y por falta de método en el momento de la inyección. Estos resultados muestran que es exitoso el método de inyección de pastas en muros de adobe. En los casos que la mezcla o reparación no fue realizada de forma correcta, la fisura o grieta del muro reparado se produjo siguiendo la trayectoria de la lesión original. En el caso de morteros de barro, para estudiar los efectos de adición de cemento, cal y yeso, se realizaron ensayos de tracción indirecta de emparedados cuyo mortero se preparó con diferentes porcentajes de estabilizadores que variaban entre el 5% a 20% en peso, según al peso de la tierra, la resistencia de éstos se comparó con la que se obtuvo en emparedados con mortero de barro natural con 35% de agua. Los resultados con estabilizador de yeso en porcentajes de 5%, 10% y 20% fueron mejores que los de cal y cemento. Los resultados se pueden atribuir a que el yeso en contacto con el agua aumenta de volumen, por lo que se puede encoger el secado de la tierra de se disminuye el encogimiento de secado de mortero de tierra, por lo que reduce la microfisuración y se eleva la resistencia.<sup>2</sup>

## CONCLUSIONES

- La reparación de grietas y fisuras en edificaciones de adobe puede ser una alternativa basada en criterios de resistencia con el fin de mitigar los riesgos de colapso de la misma.
- La reparación a través de inyección de pastas de barro liquidado es efectiva para recuperar la resistencia y rigidez de muros en adobe con fisuras, realizar el proceso de forma indicada es importante para obtener una reparación efectiva.
- A través de los resultados obtenidos en la estabilización de morteros se evidencia que la adición de cemento y cal no dio buenos resultados, el yeso fue el mejor estabilizador.
- Dentro de las pruebas y ensayos se evidencia que a menor espesor de la mezcla mayor la resistencia.
- Es posible seguir investigando el tema, ya que dentro de los ensayos no realizaron pruebas solamente con cal para la estabilización de la mezcla, considerando que la cal posee un buen comportamiento dentro de los procesos de restauración.

---

<sup>2</sup> VARGAS-NEUMANN, Julio. et. al. "Uso de grouts de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe". En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2010. P. 281-288



## BIBLIOGRAFÍA

TOLLES L, KIMBRO E, WEBSTER F, AND GINELL W, Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures. Getty Conservation Institute Scientific Program Reports. Los Angeles, 2000.

TOLLES L, KIMBRO E, AND GINELL W, Planning and Engineering Guidelines for the Seismic Retrofitting of Historical Adobe Structures. Getty Conservation Institute Scientific Program Reports. Los Angeles, 2003.

VARGAS J, Albañilería de Adobe con Variaciones de Mortero. Pontificia Universidad Católica del Perú, Publicación DI-79-02. Lima, Perú, 1979.

MATTONE R, PASERO G, RIVOTTI A & TOSCO V, Uso de productos naturales para mejorar el comportamiento al agua de revoques a base de tierra. IV Seminario Ibero-Americano de Construcción de Tierra. Portugal, 2005. California State Parks, Rancho San Andres Castro Adobe Rehabilitation. WJE Engineers, Architects, Material Scientists, 2004.

VARGAS J, BARIOLA J, BLONDET M AND MEHTA P K, Seismic Strength of Adobe Masonry. Materials and Structures, Vol. 19, No 112, JulyAugust 1986.

VARGAS-NEUMANN, Julio. et. al. “Uso de grouts de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe”. En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2010. P. 281-288