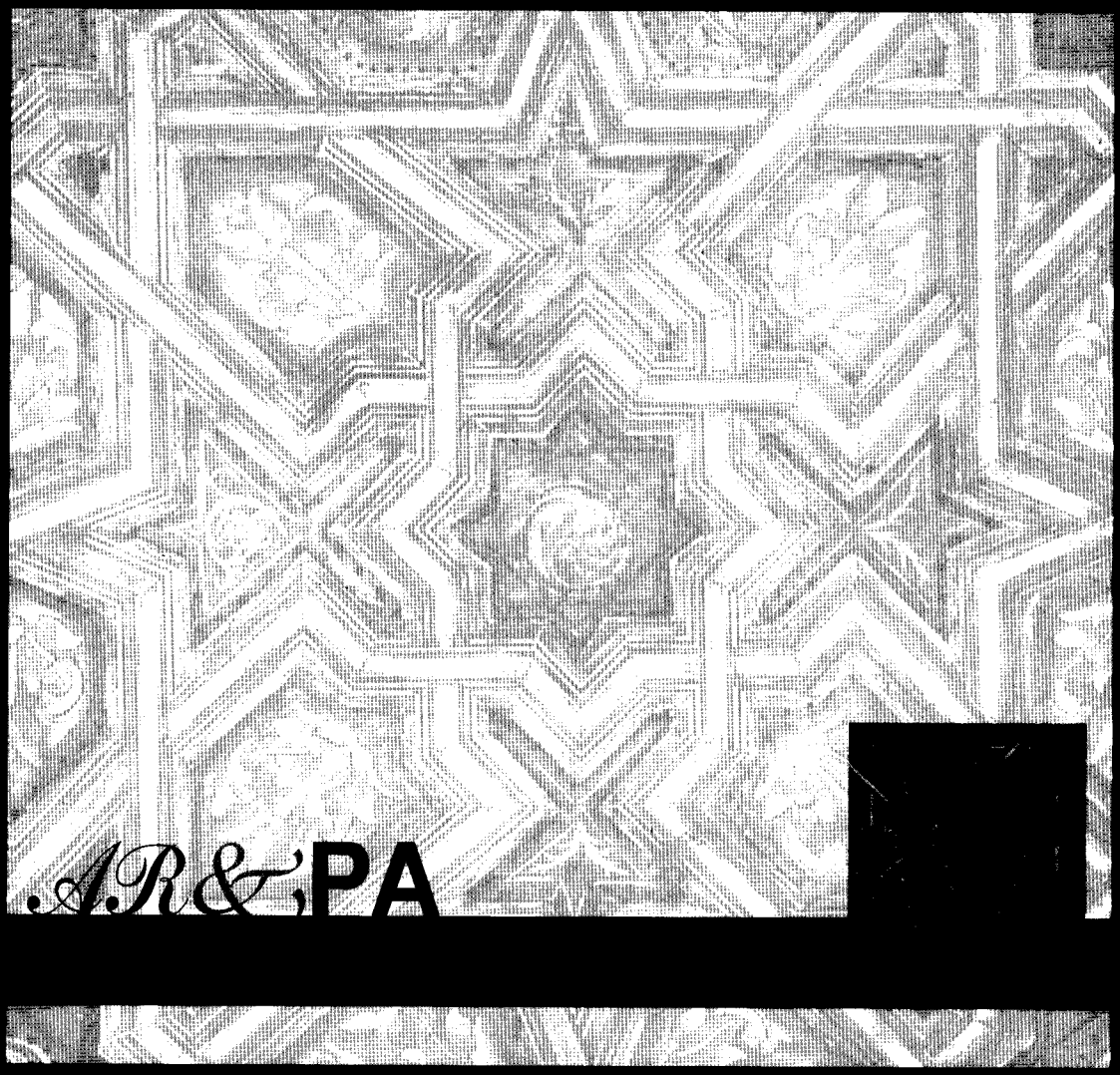
CONGRESO INTERNACIONAL DE RESTAURACION
«RESTAURAR LA MEMORIA»
Valladolid • 1998
ACTAS



DIPUTACION DE VALLADOLID

INSTITUTO ESPAÑOL DE ARQUITECTURA
(UNIVERSIDAD DE VALLADOLID)

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS TAPIALES DE LA IGLESIA DE CISNEROS (PALENCIA) FRENTE A UN TRATAMIENTO DE RESTAURACIÓN

ROBERTO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ*, MERCEDES SUÁREZ BARRIOS**, EMILIANO JIMÉNEZ FUENTES***, JOSÉ M.ª MARTÍN POZAS****

* *Lcdo. Ciencias Geológicas.*

** *Dra. Ciencias Geológicas.*

*** *Dr. Ciencias Químicas.*

Área de Cristalografía y Mineralogía Dpto. de Gealogía.
Universidad de Salamanca.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país es importante el patrimonio arquitectónico construido con tierra. En Castilla y León pueden encontrarse desde grandes iglesias y murallas hasta palomares construidos con tapial o muro de tapia. Frente a las ventajas de la tierra como material de construcción, derivadas de su bajo coste y facilidad de manipulación, aparecen los inconvenientes que tienen que ver con la facilidad que ofrece para ser erosionada por el viento y el agua, siendo las patologías más frecuentes las relacionadas con fisuraciones, disgregaciones y pérdidas de materia. Las restauraciones suelen consistir en la reconstrucción, mediante técnicas tradicionales y materiales similares a los originales, de los paramentos perdidos total o parcialmente (1). Tal es el caso de las murallas de Niebla (2) o Cáceres (3) y de la Torre de la Sultana de la Alhambra de Granada (4). En algunos casos en los que existen problemas estructurales, como en el castillo de Toral de los Guzmanes, se han realizado cosidos de las fábricas que aportan estabilidad a la construcción (5 y 6). En la Casa-Castillo de Bátera en Valencia (7), además de la reconstrucción de los paramentos, se emplearon cosidos estáticos de los muros de tapial mediante perforaciones de 3,5 cm de diámetro donde se inyectó una lechada de cemento.

La iglesia de San Facundo y San Primitivo de Cisneros posee una torre de gran esbeltez, edificada con tapial y refuerzo exterior de ladrillo (figura 1) y que presenta grandes fisuras que hacen peligrar la estabilidad de la misma. El objetivo del presente trabajo ha sido doble: caracterizar el material de construcción y evaluar el comportamiento de los tapiales de la torre frente al tratamiento de restauración. Dicho tratamiento, ejecutado por la empresa CABERO EDIFICACIONES, S.A., consiste en un refuerzo estructural de la torre mediante la realización de diversos zunchos a diferentes alturas. Estos zunchos han sido efectuados por el sistema de inyección de una lechada muy fluidificada de mortero de cemento/cal/arena en perforaciones cruzadas a lo

largo de cada zuncho. La inyección de estas lechadas implica la introducción en las fábricas de unas cantidades muy importantes de agua, uno de los agentes que pueden producir un elevado grado de deterioro en los tapiales. El estudio fue iniciado en 1996 con la caracterización del material, mientras que la evaluación del comportamiento del tapial frente al tratamiento de restauración se realizó con posterioridad a la intervención transcurrido un año desde la misma.

METODOLOGÍA

La caracterización de los tapiales es importante para la elaboración de materiales de reconstrucción similares a los originales y para prever el comportamiento de los mismos ya que la presencia de arcillas expandibles podría ser causa de deterioro si existiesen cambios de humedad en el tapial. Estas variaciones de humedad pueden estar originadas por causas naturales, por el mal funcionamiento de los sistemas de evacuación de agua o, como es nuestro caso, por la intervenciones en un proceso de restauración.

Para la caracterización de los tapiales de la torre de Cisneros se llevó a cabo una extracción de muestras teniendo en cuenta dos criterios: representatividad y extracción del menor volumen de muestra posible. Se tomaron así tres muestras de tapial en el interior de la torre a diferentes alturas y orientaciones. La muestra CIS1 está tomada en la cara Sur de la torre a una cota de 6 m, mientras que CIS2 y CIS3 se localizan a una cota de 11,85 m en las caras Sur y Oeste respectivamente. En el laboratorio se efectuó un examen visual, observación con lupa binocular de 50 aumentos, análisis mineralógicos por Difracción de Rayos-X para muestras de roca total y fracción arcillosa (menor de 2 mm), observación de láminas delgadas al microscopio óptico de polarización, realización de análisis granulométricos y estudio del sistema poroso del tapial mediante la técnica de Porosimetría de Inyección de Hg. (8).

Para evaluar el comportamiento de los tapiales frente al tratamiento de restauración (un año después de la intervención) se tomaron dos muestras en la misma época del año y en las mismas condiciones que las anteriores. Estas muestras, denominadas CIS1B y CIS2B están localizadas muy cerca de los puntos de toma de las muestras CIS1 y CIS2 y muy próximas a perforaciones de inyección de lechada de mortero. Los estudios elegidos para llevar a cabo este objetivo fueron los siguientes:

- Observación in situ y con lupa binocular del contacto entre la lechada de mortero y el tapial tratando de determinar si dicha lechada ha rellenado por completo los huecos y fisuras del tapial. Con el objeto de completar este estudio, se han comparado estas observaciones con las realizadas en las iglesias de San Fructuoso en Villada y San Pedro en Boada de Campos, construidas con materiales similares (9) y cuyas torres habían sido restauradas también

con un año de antelación mediante un procedimiento análogo al empleado en Cisneros. Para ello se ha estudiado una muestra de tapial de la torre de Villada (VI2), y dos muestras en la torre Boada, una de tapial (BO2) y otra de adobe (BO1).

• Determinación en el laboratorio de las variaciones de humedad ocasionadas tras las inyecciones en el tratamiento de restauración. Este dato resulta de especial importancia a la hora de evaluar los posibles efectos que pudiera tener la introducción de una cantidad importante de agua ya que ésta puede provocar con facilidad la desagregación del tapial.

• Comparación los valores de resistencia a la compresión uniaxial antes y después de la intervención. La elección de este ensayo se debe a que las fábricas de tapial trabajan únicamente a compresión simple (5). Con este sistema de restauración se introduce gran cantidad de agua en un material muy sensible a ella por lo que, con la realización de este ensayo, se pretende comprobar que tras la inyección fluida de mortero no ha disminuido la resistencia a compresión que inicialmente tenía del tapial. Debido a la escasez de muestra y a la heterogeneidad del tapial a pequeña escala, los valores de resistencia a la compresión han sido determinados calculando los valores medios de todas la probetas obtenidas en la torre, con el objeto de conseguir la máxima representatividad de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del tapial

Las muestras de tapial que han sido estudiadas presentan características muy similares, estando constituidas por una masa compacta y heterogénea de cantos redondeados de cuarzo unidos por una matriz sericítica y arcillosa (figura2), componentes adicionales como fragmentos de ladrillos, tejas, huesos, escorias, fragmentos de materia vegetal (palos, paja, etc.) y restos de cal, adición cuyo fin es, probablemente, dar estabilidad al tapial (6). La composición mineralógica semicuantitativa de las diferentes muestras es la que se expone en la tabla I, pudiendo observarse que estos tapiales están compuestos fundamentalmente por cuarzo, illita y calcita. En todas las muestras destaca la ausencia de arcillas hinchables (esmectitas) capaces de retener importantes cantidades de agua. Las curvas granulométricas (figura 3) corroboran las observaciones al microscopio e indican que los materiales con los que fueron construidos los tapiales proceden de terrenos que pueden clasificarse como finos ya que en todas las muestras estudiadas el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 80 mm es mayor del 35 %. Estos porcentajes son similares a los de las tierras empleadas en otras construcciones como por ejemplo las de la localidad de Navapalos[12]. Las propiedades físicas (tabla II) indican una porosidad elevada (30-40 %) y las curvas porosi-

métricas revelan que las muestras CIS1, CIS2 y CIS3 presentan un elevado volumen de poros de pequeño tamaño (0,1-0,3 mm), correspondiente a la porosidad intergranular. Existe además una porosidad de fisuras de un tamaño que varía desde pocos milímetros hasta 1 centímetro presentando en ocasiones, formas poligonales.

Tabla I: Composición mineralógica semicuantitativa en %.

Muestra	CUARZO	CALCITA	FELDESPATO	DOLOMITA	FILOSILICATOS	
					ILLITA	CAOLINITA
CIS 1	**44**	**15**	**Trazas**	-	**38**	**3**
CIS 2	**44**	**18**	-	-	**35**	**3**
CIS 3	**42**	**15**	-	-	**40**	**3**

Tabla II: Datos de porosidad abierta y densidades real y aparente de los tapiales.

Muestra	**DENSIDAD REAL (gr/ml)**	**DENSIDAD APARENTE (gr/ml)**	**POROSIDAD (%)**
CIS1	2,6872	1,8198	32
CIS2	2,6271	1,7652	33
CIS3	2,6041	1,6525	36

Seguimiento del tratamiento de restauración

En el examen visual llevado a cabo en los muros interiores de la torre de Cisneros, así como en las iglesias de Villada y Boada, se ha podido observar que la lechada de mortero, con la que ha sido consolidada la torre, ha exudado hacia la superficie por puntos en los que existen fisuras apreciables a simple vista. No se ha observado lechada en el interior del sistema poroso del tapial. Unicamente en el adobe de Boada, material con una porosidad mucho mayor que la del tapial, se ha podido constatar que la lechada de mortero ha colmatado los poros interiores del mismo (figura 4).

Transcurrido un año tras la intervención se ha observado que las variaciones de humedad sufridas con el proceso de restauración no son superiores al 0,5 % (figura 5). Estos datos se consideran positivos teniendo en cuenta la abundancia de materiales arcillosos que componen el tapial y la gran cantidad de agua que se ha introducido en los muros durante el proceso de consolidación de la torre.

Los valores de resistencia a la compresión uniaxial (Tabla III), antes y después de la intervención, se sitúan dentro del mismo rango y son superiores a la media de los valores mínimos recomendados por diversas normas de diferentes países y que está establecida en torno a 14 Kg/cm^2 (6).

Tabla III: Valores de resistencia a comprensión simple ants y después de la restauración de la torre.

	RESISTENCIA LA COMPRENSIÓN (Kg/cm^2)
Resistencia del tapial antes de la inyección	**19,4**
Resistencia del tapial después de la consolidación	**24,0**

CONCLUSIONES

Los tapiales de la torre de Cisneros son, a pequeña escala, muy heterogéneos debido a una gran variedad composicional pero notablemente homogéneos a escala de toda la torre lo que indica que, a pesar de sus grandes dimensiones, se cuidó la homogeneidad en la composición de los materiales y su construcción. Los componentes de estos tapiales son característicos de los materiales sedimentarios existentes en la zona donde se ubica el edificio.

A pesar de que el tapial tiene una elevada proporción de arcilla no se han detectado fases mineralógicas hinchables por lo que se deduce que la introducción de agua en los tapiales no debiera originar cambios de volumen importantes en los mismos. La presencia de agua en los muros no ha producido la removilización del material arenoso o arcilloso, manteniéndose así las características texturales que tenían los tapiales antes de la restauración.

La lechada no penetra en el interior del sistema poroso sino que únicamente colmata las fisuras que presentan un tamaño macroscópico debido a que el mayor volumen de poros es de muy pequeño tamaño como para que penetre la lechada de cal/cemento/arena.

Los datos de humedad indican que tras la inyección el tapial tiene capacidad para perder agua rápidamente de tal manera que en un período de un año se han recuperado prácticamente los niveles normales de humedad. La elevada porosidad de pequeño tamaño que tiene el tapial favorece la evaporación del agua introducida en el sistema poroso del mismo.

Los datos de resistencia a la compresión uniaxial indican que la introducción de un volumen importante de agua en el tapial no ha provocado la disminución drástica de la resistencia a la compresión en el mismo por lo que no existe peligro para la estabilidad de la torre.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Manuel Cabero (CABERO EDIFICACIONES, S. A.) por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo y por el interés mostrado en los resultados del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

ALGORRI, E., «Tres soluciones en la restauración del Palacio de Toral de los Guzmanes. León-España». *Informes de la Construcción,* Vol. 46. n.º 434. (1994). pp. 27-38.

ALGORRI, E. y VÁZQUEZ, M., «Rehabilitación del Castillo de Toral de los Guzmanes.» Jornadas sobre conservación y restauración de monumentos. Madrid, 24 y 25 de abril de 1989. Ministerio de Cultura. *Dirección General de Bellas Artes y Archivos.* (1991). pp. 149-164.

DÍAZ, J.; GUINEA, M. A.; ROHMER, E. y SALAS, J., «Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción» Informes de la Construcción. *IETCC. CSIC,* n.º 37-337. (1986). pp. 5-20.

GALLEGO, F. J., «La Torre de La Sultana, de Los Adarves o de arriate en la Alhambra de granada». Monografías *IETCC CSIC* n.º 385-386. (1987). pp. 49-56.

GÁRATE, I., «La construcción en tierra, objeto de restauración». *Monografías IETCC CSIC,* n.º 385-386. (1987). pp. 45-48.

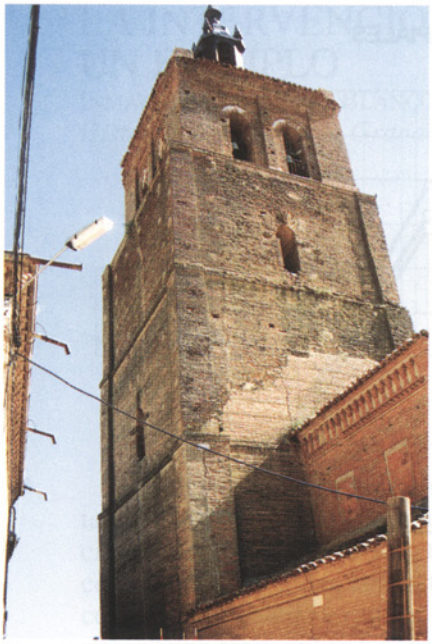
GONZÁLEZ, I., «Muralla de Niebla, Huelva». Jornadas sobre conservación y restauración de monumentos. Madrid, 24 y 25 de abril de 1989. Ministerio de Cultura. *Dirección General de Bellas artes y Archivos.* (1991). pp 143-148.

JURADO, F., «Rehabilitación de la Casa-Castillo de Bátera, Valencia» Monografías *IETCC CSIC,* n.º 385-386. (1987). pp. 63-65.

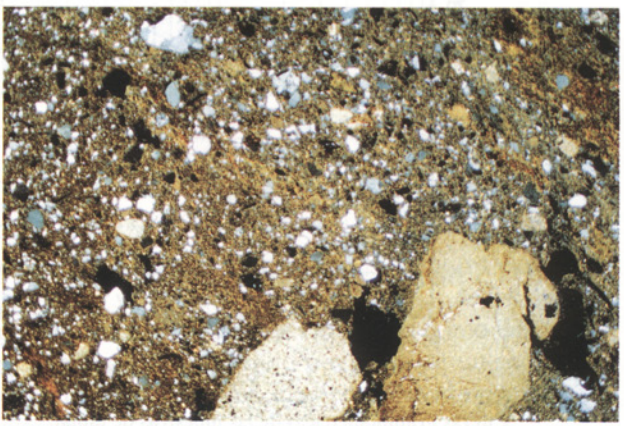
MATAS, M., «Intervenciones en las murallas de Cáceres.» En «La ciudad y sus murallas» *Universidad de Granada.* (1996). pp. 261-280.

ONTIVEROS, E.; VALVERDE, I., SEBASTIÁN, E., «Técnicas de análisis aplicadas al estudio de los tapiales de las murallas de Granada». III Congr. Int. *Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Restauración.(1996).* pp 270-271.

SÁNCHEZ, R.; SUÁREZ, M. y MARTÍN-POZAS, J. M., «Caracterización de materiales antiguos de construcción (tapial y adobe) en las iglesias de Cisneros, Villada y Boada (Palencia).» *Bol. Soc. Esp. de Mineralogía,* Vol. 21-A, (1998). pp 196-197.

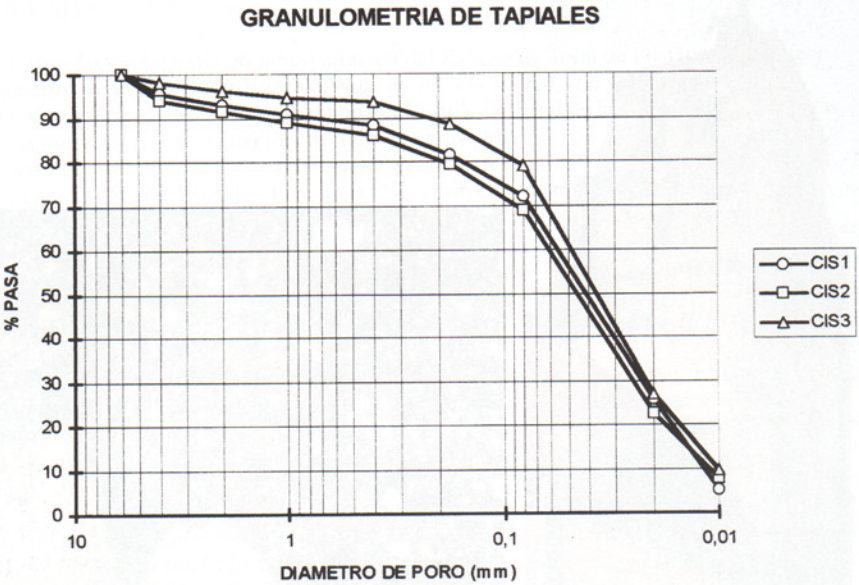


Aspecto de la torre de la Iglesia de San Facundo y San Primitivo en Cisneros antes de su restauración. Se observa la existencia de grandes grietas y fisuras en los muros de tapial que podrían afectar a la estabilidad de la torre.

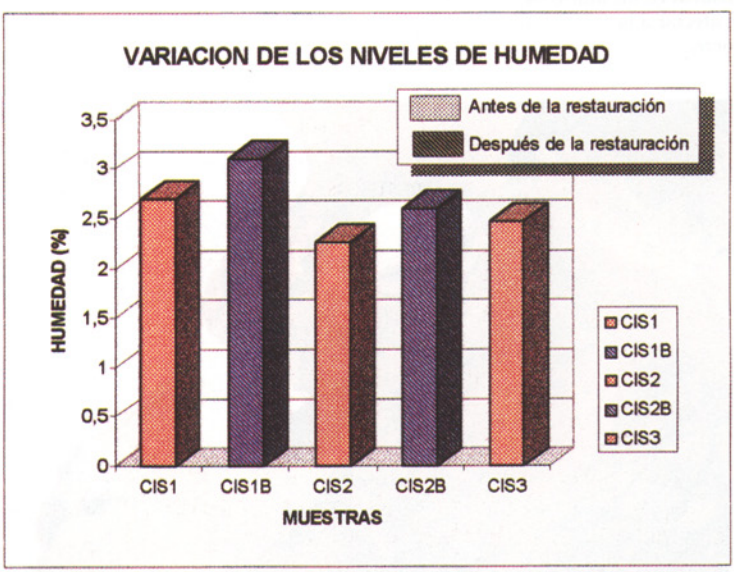


Aspecto de la muestra CIS3 al microscopio óptico (NX, 12,5 aumentos).

Sección de adobe en la que se observa la lechada de cemento/cal/arena adherida a las paredes de los poros.



Curvas granulométricas de las muestras de tapial.



Comparación de los niveles de humedad de los tapiales de Cisneros antes de la intervención (CIS1, CIS2 y CIS3) y después de la consolidación de la torre (CIS1 y CIS2).