

El tapial en el área sevillana. Avance cronotipológico estructural

Rammed earth (tapial) in Sevillian area. Chronotipological and structural approach

AMPARO GRACIANI GARCÍA

MIGUEL ÁNGEL TABALES RODRÍGUEZ

E. U. de Arquitectura Técnica. Universidad de Sevilla*

Resumen

En este trabajo, se ofrece un estudio tipológico de las fábricas de tapial en la Provincia de Sevilla (España) desde época islámica. A pesar de que la clasificación propuesta se basa en la estructura de la fábrica como principal premisa del análisis, sin embargo, también se consideran cuestiones metroológicas y las relativas a la composición material de la fábrica, centradas estas últimas en estudios de caracterización de los materiales constituyentes (composición, porosidad, resistencia...).

Palabras clave: tapial, tapia, Sevilla, técnica constructiva, caracterización material.

Abstract

This paper presents a typological study on *tapia* wall in the Province of Seville (Spain) since the Islamic period. Although this classification is based primary on the structure of the *tapia* wall, metrological issues and material composition of the walls, which are the results of having studied their material characterizations (composition, porosity, resistance...), are also considered.

Key words: tapial (rammed earth), tapia wall (rammed earth wall), Seville, building technique, material description.

* agracianig@us.es
tabales@us.es

El análisis de las técnicas constructivas (fábricas, materiales y ejecución) aplicadas a las tipologías murarias ha suscitado escasa atención en el ámbito de la Arqueología regional en el área sevillana, quizás por la carencia de investigaciones que sirvieran para añadir nuevas informaciones a las aproximaciones de conjunto ya tradicionales sobre el tema (PAVÓN 1998: 569 y sigs., LÓPEZ 1997 y TABALES 2002b). El progresivo interés por la construcción en tierra, así como por la puesta en valor de fortificaciones medievales, en las que esta técnica fue ampliamente recurrida, han motivado algunas publicaciones que, más allá del estudio de casos concretos, pretenden un acercamiento a la técnica y a la evolución de este tipo de fábricas, si bien aún quedan importantes lagunas de conocimiento; entre ellas, destacan las de AZUAR (1995; 2004; 2005), GURRIARÁN y SÁEZ (2002) y MALPICA (2003), escritos a los que nos remitimos.

El objeto de este trabajo es suplir esta carencia en lo que se refiere a las fábricas de tapial para el caso sevillano, ofreciendo una sistematización de las tipologías que, para las diferentes fases históricas, se han evidenciado durante el desarrollo del Proyecto de Investigación BIA 1092-2004¹ (GRACIANI 2005). En dicho proyecto, se ha diseñado una propuesta metodológica que fue planteada en 2007 por GRACIANI (2008b)²; esta propuesta ha sido aplicada a diversas obras del SO peninsular, entre las que destacan, en Sevilla, la Muralla urbana y el Convento de Santa Clara; en su Provincia, el Mirador de la Muralla de Marchena; y, en la Provincia de Cádiz, el Castillo de San Romualdo en San Fernando; en ella, se emplea una terminología precisa de tradición tratadística³ (GRACIANI 2008c), con el convencimiento de que sólo una metodología seria de análisis permitirá homogeneizar criterios y favorecer un estudio transversal y comparativo entre las manifestaciones constructivas de distintas zonas geográficas.

En estas páginas, se expone un avance cronotipológico del tapial en el área sevillana, considerando las principales zonas de influencia en el occidente andaluz; entendemos que, como toda clasificación tipológica, ésta debe quedar abierta a posibles modificaciones e incorporaciones tanto regionales como conceptuales.

¹ Proyecto BIA 1092-2004. «Propuestas de mantenimiento, evaluación y restauración para la rehabilitación de edificios e infraestructuras urbanas con fábricas históricas de tapial en la Provincia de Sevilla» (2004-2008), financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y con Amparo Graciani García como Investigador Principal.

² Una síntesis de esta propuesta fue expuesta en noviembre de 2007 durante las *III Jornadas Técnicas de la Alcazaba de Almería*, aún en prensa (Graciani 2008b).

³ Para ello, hemos realizado un análisis crítico de los términos al respecto empleados en tratados y manuales de arquitectura y construcción desde el siglo XVI al XX.

Nuestra propuesta parte de una revisión de la que, hace ya años, presentamos en el *First International Congress on Construction History* (GRACIANI y TABALES 2003: 1093-1106)⁴, la cual, en su momento, constituyó uno de los puntos de partida del referido proyecto de investigación; aún manteniendo el esquema entonces aportado, se han matizado, o en su caso corregido, algunos datos y se han incorporado las conclusiones principales de un notable número de análisis de caracterización de material realizados, a fin de aclarar la periodificación de los restos y de obtener fósiles directores en el empleo de las distintas variantes de la técnica. En concreto, se han incorporado las conclusiones provenientes de dos grupos de ensayos; de una parte, los que, en 2000-01, Ramírez de Arellano y Enrique Magariño, profesores del Departamento de Física Condensada de la US-CSIC, realizaron sobre una serie de muestras de tapial del Real Alcázar de Sevilla, en el marco del *Proyecto de Investigación Sistemática del Real Alcázar de Sevilla* (2000-2006) que dirigió Tabales Rodríguez (RAMÍREZ DE ARELLANO *et al.* 2002); de otra, las conclusiones de los estudios realizados por Alejandre, Martín del Río, Barrios Padura y Barrios Sevilla, investigadores de amplia experiencia en caracterización de tapias, quienes, en el marco del referido Proyecto BIA, han seguido ya un protocolo de actuación diseñado al efecto (GRACIANI *et alii*, TORROJA 2005)⁵.

Nuestra clasificación se basa en tres premisas, de modo que en cada una de las tipologías establecidas se analizan dichas cuestiones. La primera es una premisa compositiva, diferenciando entre *tapial común* o *simple* y *tapial mixto* (en tres variantes posibles: *encadenado*, *verdugado* y *de fraga*).

El *tapial común* o *simple* es aquel en el que los cajones se superponen sin ningún elemento de otro material que los articule, por lo que la fábrica actúa monolíticamente y como un todo homogéneo.

Por el contrario, el *tapial mixto* incorpora un material de fábrica pétreo o latericia, con un doble objeto; por un lado, facilitar y acelerar el proceso constructivo; por otro, fortalecer mecánicamente la estructura, otorgando a la

fábrica una estructura heterogénea, con diferentes comportamientos mecánicos según el material conformante, de modo que la fábrica queda expuesta a posibles asientos diferenciales.

En su variante más temprana, el *tapial mixto* es un *tapial verdugado*, en el que, abandonada ya la superposición directa de los cajones, éstos se separan por una o dos hilada/s (*verdugada/s* o *marlota/s*) de otro material (mampuesto o ladrillo), o incluso por témpanos (bien de un mismo material o bien de fábrica mixta).

Más evolucionado en el tiempo, y también estructuralmente, es el *tapial encadenado* pues, aún manteniendo la superposición directa entre los cajones, consta éste de *machos* o *cadena/s* (de ladrillo o de piedra, que en caso de ser de cascotes de yeso y pedernal, se denominan *rafás*⁶); tales elementos se disponen *contrapeados*, razón por la que la tratadística (BAILS 1802, 63) los denomina *de mayor y menor*, evidenciándose diferencias en el entrante, *adentellado* o *contrapeado*, de las cadenas en función de la adscripción temporal de la fábrica (GRACIANI 2008c). Estos tapias presentan tramos de fábrica pétreo o latericia en el arranque de los cajones, a modo de zócalo, que se denominan *pies de aguja*⁷, término inexcusablemente obviado en las descripciones de este tipo de fábrica.

La tercera y última variante, consistente en la integración de las dos soluciones anteriores (*verdugada* y *encadenada*), es la que hemos venido a denominar *tapias de fraga* (GRACIANI 2008c); al acuñar esta expresión, se ha pretendido reivindicar el término *fraga* que GER y LÓBEZ (1898, 198) aplicaba a aquellos tramos de fábrica encofrada que, ejecutados con una horma o tapial única o con varias, se alternarían con tramos trabados ejecutados en otro material —piedra o ladrillo—. Su presencia indica un claro perfeccionamiento de la técnica, cuyo progresivo incremento en el número de verdugadas —de 2 a 3— entendemos es resultado del interés por facilitar y agilizar el proceso de encofrado y, en general, la ejecución de la fábrica (GRACIANI 2006c).

⁴ Esta clasificación parte de una clasificación de fábricas islámicas en el Alcázar de Sevilla, incluida en el informe de la Campaña 2001 de Proyecto de Investigación Sistemática del Alcázar de Sevilla, dirigido por Tabales Rodríguez (Graciani 2001). Una síntesis (Graciani 2002) se publicó en un trabajo de conjunto (Tabales *et alii* 2002).

⁵ Una aproximación al respecto había sido previamente planteada por Alejandre (Alejandre 2002). Durante el desarrollo del Proyecto BIA-2004-1092 se han publicado una importante serie de trabajos de caracterización material, entre ellos, señalamos los relativos a la muralla de Sevilla (Graciani *et alii* 2005; Graciani *et alii* 2006).

⁶ En realidad, desde la primera referencia de Covarrubias (1674, 154r) a las *rafás*, quien indica que son refuerzos de ladrillo y cal, los tratadistas y los autores de manuales de construcción, en general y de albañilería, en particular, han transmitido un concepto equívoco, asignándole significados muy diversos. Juan de Villanueva (1827), cuyos comentarios constituyen un hito en el tratamiento historiográfico sobre el tapial, distante de los errores detectados en Bails (1802, 83), diferenciará entre *macho* y *rafá*; Ger y Lóbez (1898, 148), uno de los autores más fiables en sus aportaciones lo definirá como «*un macho de mayor y menor no vinculado a vano alguno, tanto construido con mampostería como con ladrillo*».

⁷ El término fue ya utilizado por Fornés y Gurra (1857) y, erróneamente por Mariátegui (1876, 93), quien lo refiere como *piedra aguja* y cita su uso por J. de Torija en las *Ordenanzas de Madrid*. Ger y Lóbez (1898, 197) lo refiere ya correctamente.

Como segunda premisa del análisis de las fábricas de tapial que se propone, establecemos la composición material; en función de su componente principal, se tratará de un tapial ordinario (*tapia o tapial de tierra*) o bien de una *tapia mejorada* si incorpora aditivos para, como su propio nombre indica, mejorar sus propiedades mediante cerámica machacada, cenizas, fibras aglomerantes, grasas, ceras, resinas y conglomerantes (como el yeso o, más comúnmente, la cal). Ahondando en este último aspecto y aplicando la terminología de la tratadística histórica⁸, denominaremos *tapia acerada* o *real* a la de alta dosificación en cal, circunstancia que, a pesar de que puede quedar patente por una mera inspección visual a partir de la tonalidad de la argamasa, de su dureza (o en su defecto, durabilidad) y de la existencia de nódulos o incluso de lechadas de cal, queda científicamente contrastada mediante los análisis de caracterización material; en concreto, por el valor porcentual de carbonato cálcico, sin olvidar nunca que, parcialmente, este valor puede también deberse a otros factores. La inspección visual —corroborada por los análisis de caracterización mineral— evidencia el árido dominante; a partir de ella, puede indicarse que, básicamente, existen dos tipos de tapiales: el *tapial de grava* y el *tapial de cascote cerámico*, que incorpora áridos de machaqueo (ladrillos, cascotes y restos de vasijas) y que podrá ser menudo en unos casos o de gran tamaño en otros. La tipología del árido no ha de vincularse sólo a cuestiones técnicas sino a la disponibilidad de material en el momento y a las propias exigencias funcionales y, por tanto, de consistencia, de las diferentes fábricas.

La última premisa considerada en esta propuesta es el módulo de la horma o cajón (definido siempre por su altura), entendiéndose por tapial de *módulo bajo* el de altura inferior o igual a 0,80 m, que se interpreta vinculada al codo *rassasi* (el propio del ámbito omeya, equivalente a 58,93 cm) y por tapial de *módulo alto* aquel en el que ésta oscila entre 0,85 y 0,95 m (probablemente derivaciones de la equivalencia de 2 codos *mamunies*, de 47,14 cm. cada uno), resultando su anchura entre 2,25 y 2,50 m.

De las tres premisas anteriores, la clasificación cronotipológica que establecemos prioriza el criterio estructural, entendiéndose que con independencia de aquellas circunstancias en que la simpleza de la obra lo justifique, el tránsito de una de las tipologías establecidas a otra es resultado del progresivo perfeccionamiento de la técnica del tapial y de la comprensión de las ventajas constructivas de la nuevamente adoptada.

Las variantes materiales (y por tanto los valores consecuentes de la fábrica —durabilidad, consistencia, resistencia mecánica,...—) estarán, evidentemente, condicionadas, por razones muy diversas que, de forma aislada o simultánea, pueden influir; entre ellos, la tipología edificatoria, la envergadura de la obra, las circunstancias económicas del momento y las posibilidades del promotor, las exigencias mecánicas y de uso, y, por supuesto, la accesibilidad y disponibilidad de los posibles componentes materiales.

Aunque con relación a la última premisa considerada (el módulo o altura de la superficie encofrada) se observan claras tendencias cronotipológicas, entendemos que su valoración puede no ser determinante. De hecho, la relación entre las unidades de medida vigentes en cada época y el módulo del tapial no han sido aún aclaradas y, no son, el objeto de este trabajo; en cualquier caso, habría que analizar la correspondencia de esta unidad no con la altura de la superficie encofrada sino con la altura de los tableros de encofrado, cuestión que, por desconocerse los niveles de asiento y de enrase de la argamasa con relación a la altura del *tapial* (encofrado), sería imposible. Tengamos en cuenta que la colocación de la aguja y el sistema de montaje de los encofrados condiciona el nivel de asiento de la argamasa y que el nivel de enrase puede venir dado por la disponibilidad de material o incluso, en el caso de los tapiales encadenados, por la altura de cada contrapeado, cuestión esta última que dependerá de las dimensiones de las piezas que lo conformen.

Es por ello que nuestra propuesta cronotipológica es estructural aunque, analizando ejemplos característicos de las distintas tipologías y épocas, pueden establecerse las tendencias materiales y dimensionales de cada periodo. Partiendo de las diferencias entre lo que debe ser una propuesta cronotipológica y una metodología global de análisis constructivo para paramentos ejecutados en fábrica de tapial, como la que propone GRACIANI, se han obviado otras cuestiones que, evidentemente, deben considerarse en una toma de datos y que pueden proporcionar una interesantísima información a la hora de conocer el proceso de ejecución de la fábrica. Entre estas cuestiones hay que incluir los mechinales (su forma, su posición respecto al contacto entre hilos y la presencia de elementos de remate, entre otros aspectos) y, en caso de existir, los restos de agujas que queden asociados a ellos, las huellas de los diferentes elementos del encofrado o *tapial*; de hecho, el considerar la tipología de los elementos de encofrado (agujas, cuerdas, cuñas y vástagos) nos permitirá avanzar en el conocimiento de la técnica y, en ocasiones, incluso adscribir la fábrica

⁸ La primera referencia es la de Fray Lorenzo de San Nicolás (1639, fol. 61).

cronológicamente, con márgenes más o menos amplios (GRACIANI 2008b). Tampoco hay que obviar otros datos de la fábrica, que, a pesar de ser meramente circunstanciales, en un futuro podrían ser valorables; por ejemplo, los relativos al dimensionado de las tablas, la disposición de la cimentación, el calicastro y los revestimientos.

En síntesis, según el criterio estructural, hasta la fecha se han detectado once tipos (Figs. 1 y 2) que, según sus variantes en cuanto a la posición y el remate de la aguja (Figs. 2 y 3), composición material y tendencias modulares, serán explicados —cronológicamente— en las páginas que se suceden. Los tipos son los siguientes:

| Tipo 1 | Tapial monolítico | | |
|---------|-------------------|--|------------|
| Tipo 2 | Tapial mixto | Verdugado en ladrillo | Verdugado |
| Tipo 3 | | Verdugado en mampuesto | |
| Tipo 4 | | Encadenado en ladrillo | Encadenado |
| Tipo 5 | | Encadenado en piedra | |
| Tipo 6 | | De fraga encadenado en piedra y verdugado en mampuesto | De fraga |
| Tipo 7 | | De fraga encadenado en piedra y verdugado en ladrillo | |
| Tipo 8 | | De fraga con témpanos de fábrica mixta | |
| Tipo 9 | | De fraga encadenado y verdugado simple en ladrillo | |
| Tipo 10 | | De fraga encadenado y verdugado doble en ladrillo | |
| Tipo 11 | | De fraga encadenado y verdugado triple en ladrillo | |

Fig.1. Clasificación tipológico-estructural de las fábricas de tapial en Sevilla

| | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| Tipo 1 | Común | Solución simple (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| | | Variante: remate de mampuesto | | | | | | |
| | | Variante: remate latericio | | | | | | |
| Tipo 2 | Verdugado en mampuesto | Solución común (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| Tipo 3 | Verdugado en ladrillo | Solución simple (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| | | Variante: remate latericio | | | | | | |
| Tipo 4 | Encadenado en ladrillo | Solución simple (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| | | Variante: remate latericio | | | | | | |
| Tipo 5 | Encadenado en sillería | Solución simple (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| | | Variante: remate de mampuesto | | | | | | |
| | | Variante: remate latericio | | | | | | |
| Tipo 6 | De fraga, encadenado en piedra y verdugado en mampuesto | Solución común (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| Tipo 7 | De fraga, encadenado en piedra y verdugado en ladrillo | Solución común (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| Tipo 8 | De fraga con témpanos de fábrica mixta | Solución común (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| Tipo 9 | De fraga, encadenado y verdugado simple en ladrillo | Solución simple (sin remate sobre aguja) | | | | | | |
| | | Variante: remate latericio | | | | | | |
| Tipo 10 | De fraga, encadenado y verdugado doble en ladrillo | Solución común (remate latericio sobre aguja) | | | | | | |
| Tipo 11 | De fraga, encadenado y verdugado triple en ladrillo | Solución común (cajones diversos) | | | | | | |
| | | Variante Cajón único | | | | | | |
| Preamohade (-1148) | | Almohade (1148-1248) | Mudéjar (1248-principios XVI) | Edad Moderna (XVI-XVIII) | Edad Contemporánea (XIX-XX) | | | |

Fig.2. Clasificación tipológico-estructural de las fábricas de tapial en Sevilla. Soluciones y variantes con indicación de periodos cronológicos

1. LOS PRIMEROS MUROS DE TAPIA (SIGLOS XI Y XII INICIAL)

Las fábricas de tapial más antiguas detectadas en la Provincia corresponden a época taifa, momento en que éstas comenzaron a proliferar en todo Al Andalus, especialmente en la edificación militar. Sin embargo, no puede

descartarse que, en periodos previos, se utilizara en la zona esta técnica de construcción, que, por el contrario sí se constata en edificios coetáneos de otras áreas geográficas, como los Castillos del Vacar y de Baños de la Encina, cuyas dataciones califales tradicionales están, en cualquier caso, actualmente cuestionadas. Más aún cuando en el entorno

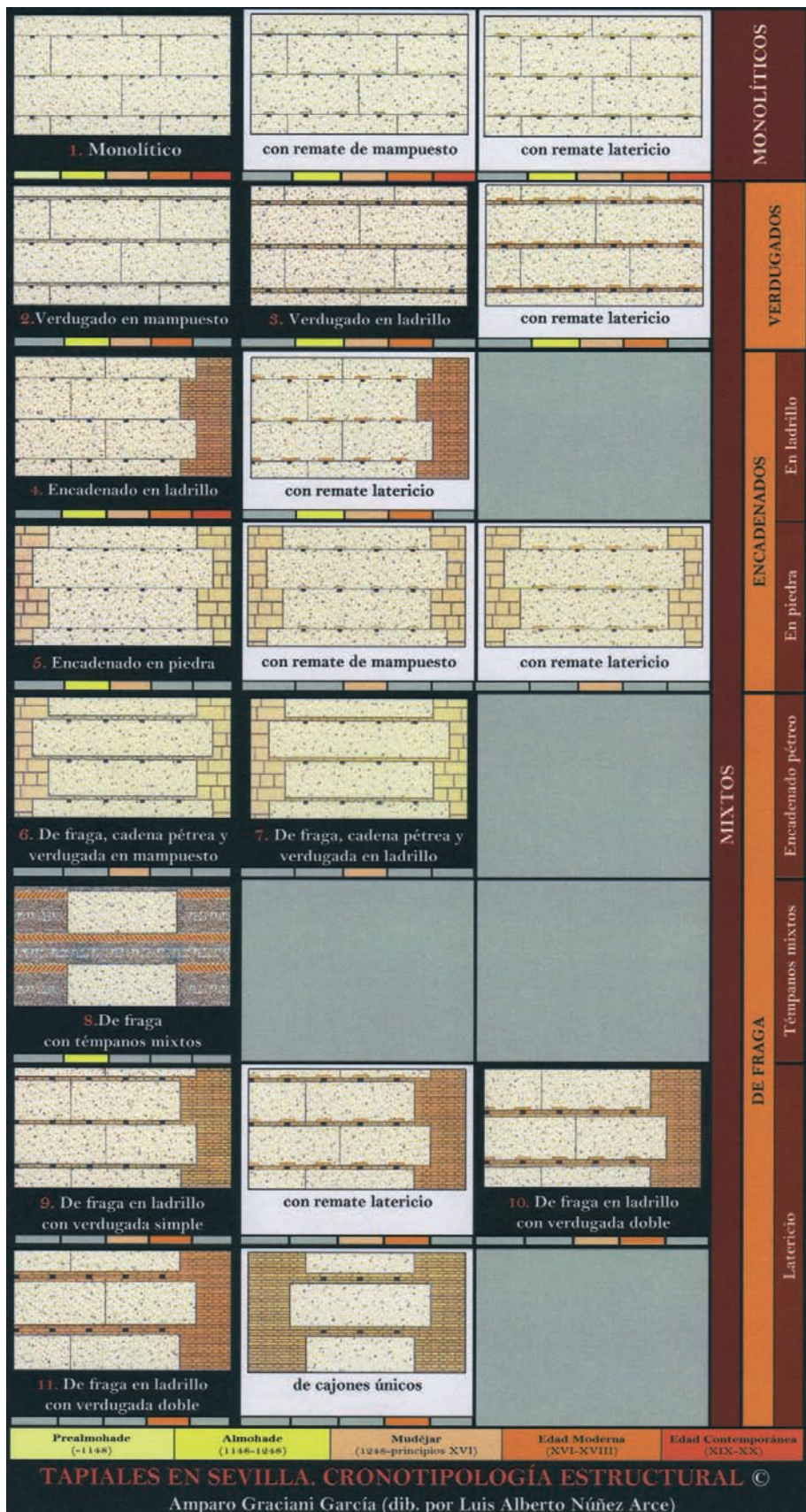


Fig. 3. Clasificación tipológico-estructural ilustrada de las fábricas de tapial en Sevilla. Soluciones y variantes tipológicas (Dibujos de L.A. Núñez Arce)



Fig. 4. Muralla del Agua del Alcázar de Sevilla: lienzo abbadí, de mediados del siglo XI (tipo 1: tapial común)

perduró la tradición constructiva romana del *emplecton* de arcilla compactada mejorada con cal rellenando un refrentado en piedra en muros de dos y tres hojas; bien es cierto que estas fábricas no podrían calificarse propiamente como tapias porque su refrentado pétreo actuaría como encofrado perdido. En concreto, nos referimos a las murallas abbadíes del Alcázar de Sevilla, del período abadí (1031-1096) similares a otras murallas emirales y califales como las de Badajoz y Toledo.

Frente a la abundancia de referencias documentales sobre fábricas de tapial de época taifa en Sevilla, la información cierta al respecto es bien escasa, pues son pocos los restos conservados y, en algunos casos, de adscripción dudosa. Esto es lo que sucede con relación a los localizados en el Alcázar de Sevilla, donde, con la certeza exigida, sólo puede adscribirse a esta época la fábrica inferior de la Muralla Oriental que —excavada en dos puntos, La Alcubilla y la Torre del Agua (Fig. 4)— estratigráficamente y gracias al material cerámico asociado,

ha sido adscrita al final del periodo; no obstante, según las hipótesis de Manzano, pueden incluirse en esta fase los paramentos Norte y Este del Patio del Yeso, correspondientes a muros palatinos (Manzano 1995, 111)⁹.

De este modo, a falta de otros datos, puede establecerse que los tapias del siglo XI e inicios del siglo XII corresponden a un tipo único (Fig. 3, tipo 1), de tapial común, en el que —como ya se ha indicado— los cajones se superponen sin ningún elemento de otro material que los articule, por lo que la fábrica actúa monolíticamente y como un todo homogéneo. En ambos casos, en el contacto entre los cajones de distintos hilos se dispone una fina tongada de cal.

Aunque la escasez de ejemplares conservados impide llegar a conclusiones definitivas, lo cierto es que los ejemplos referidos corresponden al módulo bajo, oscilando su altura entre los 0,75 m. de los cajones del Patio del Yeso y los 0,85 m. de los de la muralla Este. Menos aún puede decirse de las longitudes de los cajones, pues, mientras que las del Patio del Yeso no han podido documentarse, en la Muralla Este alcanzan los 2,70 m., superando así la indicada por Pavón (Pavón 1998, 613), quien las establece entre 2,10 y 1,50 m.

La mera inspección visual pone de manifiesto que ya no se trata de tapias de tierra apisonada y compactada sino de *tapias mejoradas* que incorporan elementos y aditivos en beneficio de la calidad de la fábrica, entre ellos, áridos y conglomerantes. Visualmente, también se aprecia la diversidad de árido empleado, grava para el primer caso y cascote menudo para el segundo; ésta puede vincularse a las diferencias funcionales existentes entre los ejemplos considerados, diferencias que constituyen —además— la razón de ser de los distintos espesores de fábrica: 2 m para el recinto amurallado y 0,45 m. para los tramos palaciegos. Por ello, mientras el tapial de la muralla Este puede ser calificado como un tapial de zahorra natural es decir, elaborado con áridos no triturados, procedentes de graveras o depósitos naturales, o bien suelos granulares, o una mezcla de ambos, y con una granulometría de tipo continuo (en todos los tamices); el tapial del Patio del Yeso se ejecutó con cascote menudo y arena, por tanto, con una zahorra artificial, compuesta por áridos de machaqueo.

Los resultados de la caracterización material realizada a la muestra 1 extraída y analizada por Ramírez de Arellano y Enrique Magariño sobre la Muralla del Recinto II del

⁹ Por el contrario, se obvian los lienzos de tapial hallados en las excavaciones de los patios de las Doncellas (2002) y del Príncipe (2000), de clara adscripción posterior (s. XII), cuestionando así los planteamientos de Guerrero Lovillo, tradicionalmente aceptados, sobre la periodificación taifa de la ampliación del Alcázar Al Mubarak.

Alcázar (SE IX, unidad 1073) evidencian que la mejora se realizó también mediante la adición de un conglomerante, la cal; así se desprende de los contenidos mayoritarios de cuarzo y calcita obtenidos, no sin olvidar que parcialmente éstos pueden provenir de la propia tierra empleada. La utilización de la cal como conglomerante, siguiendo la técnica más común, se impone en esta fábrica, que, por tanto, podríamos ya calificar como *acerada*; sin embargo, no se detectan adiciones de otros conglomerantes como yeso o bassanita. Así mismo, la adición de cal a la argamasa condicionaría que su revestimiento (siempre de mejor calidad) hubiera de ser también de cal; este caso, el revestimiento se ejecutó *calicestrado*, es decir, en paralelo al proceso de ejecución. Aunque no se han caracterizado analíticamente los tapias del Patio del Yeso, la inspección visual evidencia también la incorporación de cal para la mejora de la argamasa; precisamente, la finalidad doméstica de la fábrica (frente al carácter defensivo de la de la ampliación del recinto) permitiría incorporar de forma intencionada cenizas que, como desengrasantes, favorecerían el secado de la fábrica y acelerarían su fraguado, sumando su efecto al de las impurezas generadas durante el proceso de cocción de la cal en el horno; pese a sus ventajas, una adición similar en fábricas de finalidad militar sería impensable ya que, al mismo tiempo, se incrementaría la porosidad de la fábrica que, en consecuencia, perdería calidad.

2. LAS FÁBRICAS DE TAPIAL AFRICANAS: LA EXPANSIÓN Y LOS AVANCES ALMOHADES (SS. XII-XIII)

Aunque las primeras muestras de fábricas de tapial halladas en Sevilla corresponden a época taifa, la mayor parte de los restos existentes pertenecen al período africano y muy especialmente al almohade, fechándose éstos entre la segunda mitad del siglo XII y la primera del siglo XIII. Si bien con los almohades la construcción de fábricas de tapial proliferó todos los niveles (doméstico, religioso, público y militar), fue en las edificaciones militares donde la técnica evolucionó en mayor medida; de hecho, se produjeron importantes avances en respuesta a la necesidad de agilizar los procesos constructivos y de resolver, en su caso, los excesivos espesores exigidos por las construcciones militares, avances que no sólo afectaron al proceso de ejecución sino también al montaje de los tapias o moldes de encofrado.

Características estructurales

Desde el punto de vista tipológico, la principal novedad fue la aparición de las primeras soluciones de fábrica mixta,

en las variantes *encadenada* y *verdugada*. Estas soluciones coexistieron en el tiempo con la *simple* (común o monolítica) propia de la etapa precedente, en la que, ocasionalmente, la aguja se remata con una pieza latericia o un mampuesto a fin de asegurarla durante el proceso de ejecución (Fig. 3, tipo 1, variantes 1 y 2). En algunos recintos amurallados del momento (Sevilla, Badajoz, Cáceres, Jerez de la Frontera, Marchena, Écija,...) la solución simple dio paso a la encadenada al incorporar machos latericios o pétreos (Fig. 3, tipos 4 y 5, respectivamente), recercando accesos o protegiendo ángulos o bien a la verdugada al insertar marlotas (Fig. 3, tipos 2 y 3) —una, dos o tres— (generalmente latericias (Fig. 3, tipo 3) separando los cuerpos de las torres. A pesar de ser menos evolucionada, la solución monolítica está presente a lo largo de todo el periodo, de modo que las diferencias detectadas hasta la fecha en este tipo de fábricas no parecen responder a razones evolutivas sino a particularidades materiales o funcionales y, cuanto más, a un avance en el módulo (altura) de los cajones.

Así se desprende del análisis comparativo de los tapias simples de época almohade localizados en el Alcázar de Sevilla correspondientes a ambas mitades del siglo XII. De hecho, los de la primera (p.e. los del Palacio del Rey Don Pedro, la parte baja de la Muralla de las traseras del Patio del Príncipe, de la Galera y de la Cruz — que aflora incluso con dos torres— y el Jardín Inglés) responden a un módulo bajo (entre 0,75 y 0,80 m), mientras que los de la segunda (el Muro del Palacio almohade de la Montería, TABALES 1997), son de módulo alto; las diferencias materiales detectadas están condicionadas —al igual que su espesor¹⁰— por el carácter militar o doméstico de la fábrica, estando mejoradas las de la primera mitad con cascotes cerámicos, árido natural (grava) y abundante cal, a diferencia de la fábrica de la Montería, en la que se utilizó cascote menudo.

Se remontan a época norteafricana los ejemplos locales más tempranos de tapias mixtos en sus variantes verdugada (Fig. 3, tipos 2 y 3), encadenada (Fig. 3, tipos 4 y 5) o *de fraga* (Fig. 3, tipos 6, 7, 8 y 9), lo que otorga al periodo una amplia diversidad de soluciones, sin que ninguna de ellas adquiriera un papel preferente.

La introducción de verdugadas o marlotas en el encuentro entre cajones en sustitución, sobre o bajo una tongada de cal, evidencia un primer avance en el proceso

¹⁰ El espesor de la muralla bajo el Patio del Príncipe y el Palacio de Pedro I es de 2 m.; los muros domésticos son de menor espesor, 0,50 m. en el Muro almohade del Palacio de la Montería (similares a los 0,45 m de las fábricas del Patio del Yeso).



Fig. 5. Muralla de Sevilla, tramo de la Macarena: la cerca, de mediados del siglo XII; el antemuro, de 1212. (Lienzos, tipo 1: tapial común / torres, tipo 2: tapial verdugado en ladrillo)

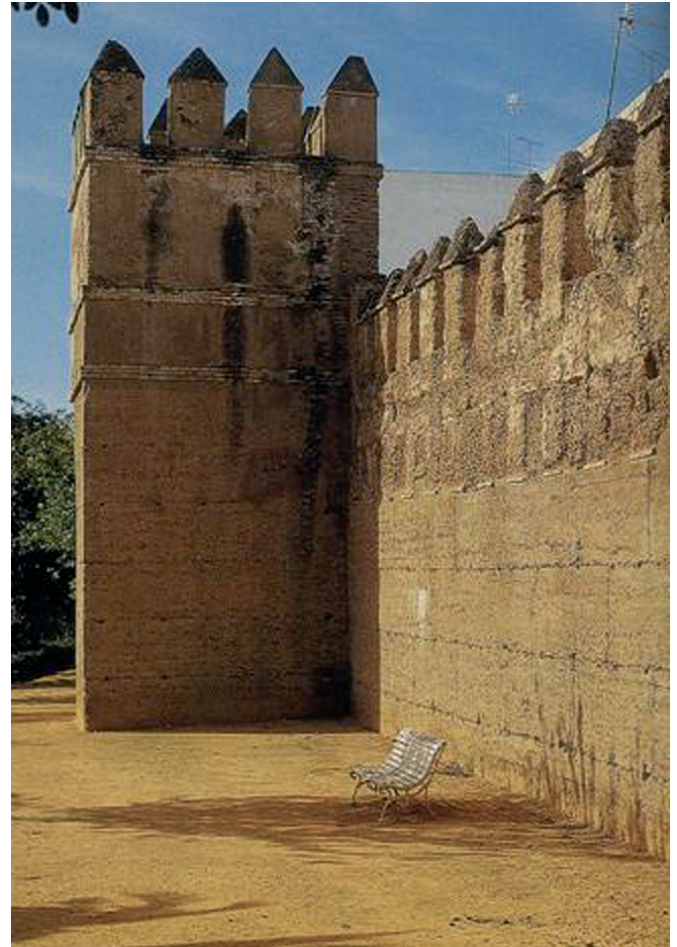


Fig. 6. Muralla de Sevilla, tramo del Valle, de mediados del siglo XII. (Lienzos, tipo 1: tapial común / torres, tipo 2: tapial verdugado en ladrillo)

de ejecución. La verdugada suele disponerse sobre la aguja en todo el espesor de la fábrica, evitando así la necesidad de utilizar otras piezas para rematarla.

La solución más austera y menos trabajada, el verdugado en mampuesto (Fig. 3, tipo 2), es en el ámbito sevillano más propia de entornos alcorizos (por ejemplo en el Castillo de Alcalá de Guadaíra); la solución latericia (Fig. 3, tipo 3 y variante 1) aparece generalmente en torres de recintos amurallados (Sevilla —Figs. 5 y 6— Marchena, Écija,...) del siglo XIII donde, como ya se ha indicado, las verdugadas (una, dos o tres y con o sin remate latericio) cumplen también un papel ornamental como listeles en el encuentro de los distintos cuerpos de las torres.

Los primeros tapias encadenados localizados en Sevilla corresponden a época almohade, concretamente a la segunda mitad del siglo XII, si bien las cadenas no aparecen en tramos continuos de fábrica sino como refuerzo y protección de ángulos en torres; además, presentan un contra-

peado o saliente poco marcado, es decir, son poco entrantes (± 15 cm), estando trabadas con finas llagas de cal.

En la mayoría de las fábricas de tapial encadenadas de época africana, los machos son de ladrillo (Fig. 3, tipo 4), ejecutados con ladrillo árabe de un pie ($28 \times 14 \times 4/5$ cm.), a soga y tizón, con (Fig. 3, tipo 4, variante 1) o sin remate latericio sobre la aguja.

Existen menos ejemplos, y todos ellos de la primera mitad del siglo XIII, de fábricas con encadenados pétreos (Fig. 3, tipo 5); éstos, ejecutados en sillería isódoma en aparejo irregular, suelen presentar una intrusión escasa, pero siempre diferenciada para incrementar la cohesión. Aunque pocos, también existen ejemplos, como la Torre de Benacazón (probablemente islámica) en los que se combinan el basamento pétreo y el encadenado latericio (Valor y RODRÍGUEZ 1991, 368-369). Parece que en la elección de un tipo u otro de encadenado primarían criterios funcionales, ya que los encadenados pétreos quedan prácticamen-



Fig. 7. Torre del Oro. Albarrana de la coracha del Alcázar, fechada en 1221 (tipo 5: tapial encadenado en piedra)

te limitados a construcciones defensivas, fundamentalmente como refuerzo y protección de los ángulos de las torres, tal como se hiciera en la caña de la Torre del Oro (1221) (Fig. 7); en estos casos, por la inmediatez entre los encadenados contiguos y como se deduce de la inexistencia de encuentros entre cajones y de la presencia, por tanto, de cajones únicos, los tramos encofrados se ejecutan con tapias (hormas) yuxtapuestas, de modo que los contrapeados de los machones actúan como cerramiento de los encofrados, con lo que se evita la utilización de las habituales *fronteras* (tableros laterales).

En época almohade se documentan en Sevilla los primeros tapias mixtos *de fraga*, en los que los tramos encofrados (así denominados) se dispondrían entre fábricas aparejadas, conformadas por encadenados y verdugados; en tales casos, responden a fábricas encadenadas de ladrillo con verdugada simple (Fig. 3, tipo 9) o doble (Fig. 3, tipo 10) entre bancadas o, excepcionalmente, encadenada y verdugada con témpanos de fábrica mixta (Fig. 3, tipo 8).

Como ya se ha indicado, la última de las soluciones referidas (Fig. 3, tipo 8) no debió ser común en época almohade. De hecho, hasta la fecha sólo se ha documentado un ejemplo (s. XII-XIII) en la calle Imperial 41-45 de Sevilla (TABALES 2001b y 2001c); en este paramento, probablemente por razón de disponibilidad material, los cajones de argamasa (que son de tapial de grava y de módulo alto 0,95 m) pierden protagonismo, al insertarse en una fábrica mixta con alternancia de témpanos de ladrillo y mampuesto.

Por el contrario, entre las fábricas mixtas *de fraga*, las más comunes en la época son las ejecutadas con argamasa; serán, además, las que perdurarán en el tiempo, evolucionando

nando en época moderna hacia el tipo de la verdugada doble y triple, referido como solución constructiva de mayor excelencia por parte de los tratadistas. Los ladrillos empleados son ladrillos árabes comunes, de 28 x 14 x 4-5 cm, trabados en fábrica a soga y tizón con llagas finas de cal; las cadenas son poco intrusivas, es decir, penetran poco en los cajones de tapial. Suelen ser tapias compuestas por cal, arcilla y cascote cerámico y responden al módulo alto (0,95 m) que —como veremos— es el habitual en el momento, si bien presentan una menor longitud (0,95 x 2 x 1,40 m). Un ejemplo prototípico de esta solución es la fábrica del antemuro oriental y la Muralla del Agua (Fig. 4).

Características modulares

La segunda novedad es que, a partir de la segunda mitad del siglo XII, comienzan a aparecer ejemplos en los que se aumenta el módulo de la tapia o unidad de superficie encofrada, que se aproxima a los 0,95 m de altura, abundando los de 0,90 m. Esto se interpreta como resultado de un cambio en la unidad de medida de referencia, que pasa del codo *rassasí* (el propio del ámbito omeya) al *mamuní*, (de 47,14 cm), equivaliendo la altura a dos codos. A partir de la segunda mitad del siglo XII, en fábricas mixtas de construcciones defensivas, los tapias de módulo alto proliferan con independencia de su tipología estructural y de su composición material. Así, lo encontramos en tapias encadenadas en ladrillo; en unos, con predominio de gravas, por ejemplo, en la Muralla de Sevilla, en los tramos de la Macarena (Fig. 5), los Jardines del Valle (Fig. 6), la parte superior de la Muralla del Agua, el tramo amurallado de El Cabildo, ...; en otros, de cascote, por ejemplo en los restos de la muralla perimetral de la Mezquita Aljama (Fig. 8), y en el Alcázar de Sevilla, la Muralla primitiva de ingreso al Palacio de la Montería, el Muro Este del actual Patio del León, los muros recientes del Patio del Yeso y los del Palacio de Crucero; también lo encontramos en los tapias encadenados en piedra (Torre del Oro, Fig. 7) y en los *de fraga* (antemuro oriental y Muralla del Agua).

No obstante, contamos con ejemplos de fábricas con cajones de menor altura, correspondientes a tapias simples; por ejemplo, los localizados en el Alcázar de Sevilla en la Muralla, bajo el Patio del Príncipe, y el Palacio del Rey Pedro I. Precisamente, el menor módulo de estos tapias del Alcázar, datados en la primera mitad del siglo XII (almorávide-almohade), en relación al de otros tapias monolíticos que, como los localizados en el Patio de la Montería, corresponden a la segunda mitad del siglo y, en segundo término, la mayor frecuencia del módulo alto



Fig. 8. Muralla almohade junto a la quibla de la mezquita aljama, levantada en 1172 (tipo 4: tapial encadenado en ladrillo)

—que prácticamente se impone— en las soluciones mixtas y con independencia de su composición material, nos hacen pensar en una tendencia progresiva hacia el incremento de la altura del cajón; con independencia de la relación cronológica referida, evidentemente, la altura estará vinculada a la mayor envergadura de las obras de construcción, a su vez condicionada por una mayor disponibilidad de mano de obra para los procesos de montaje y desencofrado de la horma y de apisonado de la argamasa.

En cualquier caso, el módulo alto presenta más variaciones en los tapiales de encadenado pétreo, en los que la altura de los sillares marca los límites de enrase de las superficies encofradas. Los ejemplos localizados cuentan con diversa composición material.

Características materiales

Desde el punto de vista material, se evidencia una mejora de los tapiales de época norteafricana. Como desde la fase precedente venía siendo habitual en el área sevillana, no se

trata de tapiales de tierra (*tapia*) sino de tapiales *mejorados*. La tendencia prenorteafricana más común, la de mejorar la argamasa con cal, es la que ahora se impone; será esto también lo que suceda en periodos posteriores y, en general, en todas las áreas geográficas que emplean esta técnica constructiva; por ello, se trata de tapiales *acerados* o *reales*.

No obstante, la particularidad material de la época estriba en la alta dosificación de cal agregada, especialmente en construcciones militares; de hecho, generalmente las argamasas se convierten en auténticos hormigones, que, cuando se ejecutan con árido de grava, equivaldrían a lo que hoy denominamos *hormigón ciclópeo*. La presencia de cal, deducible de la mera inspección visual, en unos casos, por el color grisáceo (Patio del Príncipe) y, en otros, por la presencia de nódulos o incluso de tongadas de cal (Fig. 9), se corrobora con los resultados de las analíticas realizadas en el marco del Proyecto BIA 1092-2004 y de algunas previas¹¹; de hecho, se detectan diferencias en la cantidad de cal utilizada al comparar analíticas realizadas por Alejandro y Martín sobre diversas fábricas almohades de distintos momentos y de las cuales unas corresponden a fábricas domésticas y otras a militares. Estas diferencias se manifiestan en los valores porcentuales de carbonato cálcico (CaCO_3) y en los valores estimados de cal en peso, siendo éstos últimos siempre inferiores a los primeros como consecuencia de la ganancia de peso que la cal experimenta al carbonatarse. De este modo, en las construcciones domésticas, los porcentajes, muy similares entre sí, son medios-bajos: por ejemplo, en el Jardín Inglés del Alcázar de Sevilla (de fin del s. XI-principios del XII) 17,3 % de CaCO_3 y 13 % de cal en peso; en la vivienda del Barrio de San Juan de Acre (1200-1250), 15,6 % de CaCO_3 . Sin embargo, en construcciones militares, pueden llegar a ser muy elevados; por ejemplo, en el Mirador Almohade de la Muralla de Marchena, alcanza un 45,6 % en la muralla, un 51,2 % en el almenado de barbacana y un 41,5% en el segundo recinto almohade.

La calidad de estas fábricas viene dada no sólo por la importancia de la cal adicionada sino también por el cuidado puesto en el proceso de compactación, cuestión que se evidencia por dos de los valores obtenidos en las analíticas realizadas; de una parte, el porcentaje de porosidad abierta y, de otro, la resistencia mecánica. De hecho, la escasa cantidad de agua de amasado (en cualquier caso,

¹¹ Con anterioridad al establecimiento de este Protocolo, los autores han publicado diferentes trabajos al respecto, entre ellos, destacamos el de Galán et al. (Galán et al. 2002) sobre la Torre del Oro.



Fig. 9. Detalle de las tongadas de cal en el Mirador almohade de la Muralla de Marchena

dentro del intervalo de 30-50 % habitual en este tipo de materiales de construcción) indica que las argamasas serían poco dóciles y que, en consecuencia, habrían de haber sido fuertemente compactadas: 35 % en la vivienda del Jardín Inglés del Alcázar de Sevilla (s. XI-XII) y 34,4 % en la vivienda del Barrio de San Juan de Acre (1200-1250). El segundo de los indicadores referidos, el valor medio de resistencia mecánica, es en cualquier caso más variable, dependiendo de factores muy diversos: 30, 5 kg/cm² en la Muralla de San Juan de Aznalfarache (ALEJANDRE y MARTÍN DEL RÍO 2006), 33-84 kg/cm² en la Catedral-Puerta de San Cristóbal (ALFONSO JIMÉNEZ 1994), 36-58 kg/cm² en los restos de la Plaza Virgen de los Reyes (SANDO 1994), 53 kg/cm² en la vivienda del Jardín Inglés del Alcázar de Sevilla (ALEJANDRE y MARTÍN 2007) y 25,5 kg/cm², 38,2 kg/cm² y 39 kg/cm² en la muralla de Marchena (ALEJANDRE y MARTÍN 2007). No obstante, en algunos ejemplos muy significativos, los resultados son especialmente elevados; entre ellos, los 184 kg/cm² de la Puerta Real (MARTÍN CASILLAS, 1995) y los 213 kg/cm² de la Muralla Oriental de Sevilla, obtenidos éstos en las muestras tomadas y analizadas en Calle Sol 2, donde tan asombrosas dosificaciones evidencian la espléndida calidad de la fábrica y el cuidado en su ejecución (MARTÍN DEL RÍO *et al.* 2008; GRACIANI 2008).

Uno de los factores condicionantes es el tipo de árido empleado, bien sea grava o cascote cerámico; este aspecto, que se evidencia con simples inspecciones visuales, puede contrastarse mediante el análisis mineralógico pues, un

bajo contenido de minerales de la arcilla y la falta de silicatos de alta temperatura, indicarán la inexistencia de fragmentos cerámicos, como han constatado Alejandre y Martín en las muestras de la vivienda del Jardín Inglés del Alcázar de Sevilla y de San Juan de Acre en la misma localidad (ALEJANDRE y MARTÍN 2007).

En función de su composición material, en líneas generales, se observan dos variantes pues además de incorporar arcilla y cal, una incluye grava (media) y la otra cascote cerámico, siendo ambas, generalmente, calicastrodas. En Sevilla, la primera variante, la ejecutada con grava media, cal y grava, se ha localizado en diferentes puntos de la muralla de Sevilla: en el muro oriental que hoy separa el Alcázar del Barrio de Santa Cruz (recinto I), realizada con zahorra; en la parte superior de la Muralla del Agua (de la segunda mitad del siglo XII), cuya fábrica de tapial es idéntica a la coetánea de la muralla de la Macarena (CAMPOS *et alii*, 1988); en los Jardines del Valle (GARCÍA-TAPIAL y CABEZA 1995); en los restos del Cabildo y de Menéndez y Pelayo (TABALES 2002a); también, en diferentes tramos de la ampliación Sur del Alcázar, de finales del XII, que fueron localizados en los sondeos IV y V realizados por Tabales Rodríguez (TABALES 2001a). De la segunda variante, la ejecutada con cascote cerámico, se han documentado ejemplos ya desde la segunda mitad del siglo XII y durante el XIII; entre ellos, la muralla primitiva de ingreso al Palacio de la Montería (s. XII, en el muro Este del actual Patio del León), los muros recientes del Palacio del Yeso (siglos XII-XIII) y los del Palacio de Crucero (siglos XII-XIII).



Fig. 10. Ermita de Talhara (Benacazón), del siglo XVI (tipo 4: Tapial encadenado en ladrillo)

La muralla perimetral de la mezquita aljama (1172-1174) (Fig. 8) responde, igualmente, a esta tipología.

3. EL TAPIAL MUDÉJAR (SS. XIII-XV)

Reconquistada la ciudad de Sevilla, la primera arquitectura construida debió regirse por criterios foráneos, al menos en lo que concierne a los grandes edificios. Los palacios góticos de El Caracol en el Alcázar o el de Don Fadrique, ambos en Sevilla y de la segunda mitad del XIII, utilizan el ladrillo y la piedra y, que sepamos, parecen eludir la tapia. Todo parece indicar que en el resto de la Ciudad no se edificarían nuevas viviendas, al menos de modo masivo, dada la magnitud y esplendor de la Sevilla conquistada y los problemas de asentamiento derivados de la repoblación castellana. No obstante, a partir del siglo XIV, gracias a la presencia de una notable comunidad mudéjar y a la necesidad de renovar la edificación y construir nuevas iglesias sobre las mezquitas, se asiste a una eclosión en el uso de tapias, si bien ya bajo otros parámetros formales derivados de la simbiosis entre la última arquitectura almohade y la visión del cimiento gótico. Así mismo,

durante la Guerra Civil Castellana se construyen en el Reino una serie de fortificaciones, mayoritariamente en fábrica de tapial, que en muchos casos se edificaron sobre obras islámicas.

En este contexto, las construcciones militares, religiosas —ermitas (Fig. 10), iglesias (Fig. 11) y conventos— y domésticas se convierten en las tipologías arquitectónicas en las que se recurrió a la técnica del tapial, manteniendo la herencia almohade si bien incorporando algunas novedades; entre ellas, la utilización frecuente de agujas de sección cuadrada, en sustitución de las agujas de rollizo y de las agujas planas almohades, si bien en algunos casos el primero de estos tipos continuaría empleándose.

Aunque la tipología que se impuso en época mudéjar fue la encadenada (en especial, la encadenada en ladrillo y, de forma ocasional, la verdugada), la solución monolítica se mantuvo puntualmente, pero continuando el módulo alto introducido en época almohade. Este tipo de fábrica aparece, por ejemplo, en el Muro de la Judería (Fig. 12), de comienzos del siglo XIV, parcialmente conservado en los barrios de San Bartolomé y la Judería; la fábrica de esta



Fig. 11. Fachada Oeste y portada de la Iglesia mudéjar de San Marcos, de mediados del siglo XIV (tipo 9: tapial de fraga encadenado y verdugado en ladrillo)



Fig. 12. Muralla de la Judería, de inicios del siglo XIV (tipo 1: tapial simple)

potente muralla almenada, de 1,40 m de espesor, presenta una gran similitud con las murallas almohades posteriores al año 1172. Se trata de un tapial de cascote menudo, siendo este tipo de árido el que, con el tiempo, predominará en las fábricas de tapial de la localidad.

Como ya se ha indicado, en época mudéjar las soluciones mixtas consiguieron imponerse, tanto la encadenada, como la verdugada y los *tapias de fraga*.

Fábricas de tapial como las de la Torre Mocha de Albaida del Aljarafe (Fig. 13) (VALOR y RUIZ 1991, 367-368), probablemente, por su temprana fecha de ejecución, ejecutada con operarios islámicos y la de algunos castillos vinculados a las Guerras Civiles Castellanas como los de Mairena del Alcor (GRACIANI *et al.* 2008) (Fig. 14) y Alcalá de Guadaíra (Fig. 15) ponen de manifiesto la perduración de la variante del encadenado pétreo de origen almohade (Fig. 3, tipos 5, 6 y 7) en la que se disponen refuerzos de

ángulo en sillería isódoma, para fortalecer estos puntos como exigencia ante el carácter de las edificaciones, en unos casos en fábricas simplemente encadenadas pero en otros con verdugadas de mampuesto (Fig. 3, tipo 6) o de ladrillos (Fig. 3, tipo 7). Es probable que este tipo de encadenado, usado en zonas de roca alcoriza, condicionara la forma de ejecución de tramos de considerable longitud, en los que la presencia de juntas oblicuas (Figs. 13 y 14) indica que no se utilizaban encofrados de tapial individuales sino que se yuxtaponían distintos cajones de encofrado; esto evidencia la mayor envergadura de la fábrica y un proceso constructivo más complejo que, así mismo, exigiría de mayor cantidad de mano de obra. Estas juntas que, además de ofrecer estos indicios sobre la posible envergadura del proceso constructivo, ponen de manifiesto el sentido del proceso de ejecución, no fueron una novedad del periodo, habiéndose detectado en obras almohades,



Fig. 13. Torre Mocha de Albaida del Aljarafe, de la segunda mitad del siglo XIII (tipo 5: tapial encadenado en piedra)

por ejemplo, en el Mirador de la Muralla de Marchena (Fig. 15).

Pese a la abundancia de tapias mudéjares encadenados en ladrillo, por ejemplo, la ermita de Talhara en Benacazón (Fig. 10), la Torre Alpechín o Torremocha de Olivares o la Torre del Loreto en Espartinas (VALOR y RODRÍGUEZ 1991, 369-371), la tipología que se impondría en la época y que perduraría en el periodo moderno

fue la encadenada latericia en su variante verdugada; *tapias de fraga*, con cadenas de ladrillo árabe común de 28 x 14 x 4-5 cm, en fábrica a soga y tizón de escaso entrante, finas llagas de cal y con una (Fig. 3, tipo 9 y variante) o con dos marlotas (Fig. 3, tipo 10) entre cajones, se utilizaron por ejemplo, en el Palacio del Rey Don Pedro y en el Salón de la Justicia del Alcázar de Sevilla, en las iglesias mudéjares (San Marcos —Fig. 11—, Santa Lucía, el Carmen...) y en



Fig. 14. Paramento mudéjar del Castillo de Mairena del Alcor (Castillo de Bonsor), ejecutado con tapias yuxtapuestas, del siglo XIV



Fig. 15. Torre del Castillo de Alcalá de Guadaíra, del siglo XIV (tipo 7: tapial de fraga encadenado en piedra y verdugado en ladrillo)

la edificación doméstica (Casa de Miguel de Mañara, Casa de Conde de Ybarra,...). En el ámbito sevillano, la combinación de los cajones de argamasa apisonada con elementos constructivos latericios se produciría en paralelo al papel protagonista que el ladrillo alcanzaba en la construcción local.

La solución encadenada, y por ende la *de fraga*, presentaba una particularidad que la hacía especialmente

apta para su aplicación a las construcciones mudéjares y modernas, caracterizadas por una mayor cantidad de vanos de iluminación y accesos de tránsito interrumpiendo las fábricas. De hecho, la necesidad de compatibilizar la presencia de encadenados de fábrica pétreo o latericia como recercados de vanos y la conveniencia de contrapear los cajones de hilos superpuestos para evitar la coincidencia (superposición) de juntas, como es exigible a toda fábrica,



Fig. 16. Paramento del Mirador Almohade de la Muralla de Marchena del Alcor, ejecutado con tapiales yuxtapuestos, del siglo XIII

justificarían una diversidad de longitudes de cajones; en cualquier caso, una mayor longitud de los tramos encofrados no implicaría la utilización de tapiales de encofrado mayores sino la utilización conjunta de tableros yuxtapuestos que permitirían mayores longitudes de vertido y apisonado. La utilización de tableros yuxtapuestos justificaría una mayor longitud de los cajones en las torres, de modo que —como ya sucedería en época almohade— se evitaría la utilización de las fronteras (tablas laterales del cajón de encofrado), al disponerse los tableros entre los encadenados de fábrica.

Pese a las evidentes relaciones con los ejemplos almohades, para el caso sevillano, los tapiales mixtos verdugados y *de fraga* de época mudéjar presentan dos importantes novedades respecto a los norteafricanos. De un lado, la utilización del *pie de aguja* como base de apoyo a los cajones de tapial; estos elementos, así denominados (y no *zócalos*) por contar en su hilada superior con mechinales en los que se alojarían estos elementos de los cajones de encofrado del hilo inferior de la fábrica encofrada, eran ya habituales en época islámica en otras áreas geográficas, si bien en el caso sevillano no se han detectado hasta la fecha en fábricas de la Provincia; su finalidad principal era fortalecer el paramento en su base, evitando el ascenso de humedad por capilaridad ya que ésta, por la composición de la argamasa, deterioraría la fábrica encofrada. En consecuencia, se reduce el número de hilos por paramentos aunque se mantiene el módulo alto de los cajones, establecido en 95 cm.

La segunda novedad es que, si bien en esta época se mantienen las cadenas como refuerzos de ángulos (por ejemplo en torres, Fig. 16), éstas también se emplean interrumpiendo muros de tapial que están expuestos a solicitaciones transversales, por lo que se emplean como refuerzo puntual, cumpliendo una función mecánica; por ejemplo, en las iglesias mudéjares, las cadenas de los paramentos se corresponden con los encuentros de los arcos diafragma que compartimentan en tramos la nave central. Sin embargo, hasta la fecha no se han detectado ejemplos mudéjares encadenados en piedra en los que los encadenados compartimenten los muros en tramos; por el contrario, los ejemplos detectados de sillería son siempre de encadenados de ángulo en torres. Por último, estas fábricas presentan cimientos con zapatas cada vez mayores.

Los estudios de caracterización material realizados en fábricas mudéjares evidencian que estos tapiales siguen siendo mejorados, si bien presentan como particularidades una menor proporción de cal (medida en carbonato cálcico) y la utilización preferente de cascote cerámico como árido, utilizado ya por los almohades (por ejemplo

en la Muralla del Agua). Así mismo, son tapiales de ejecución menos cuidada, con menor tiempo de apisonado y en tongadas de mayor espesor. Como valores de referencia con relación al porcentaje de carbonato cálcico (CaCO_3) podemos considerar los obtenidos de cinco muestras de la segunda mitad del siglo XIII procedentes de dos importantes conjuntos caracterizadas por el equipo de Alejandro Sánchez: una correspondiente al Convento de Santa Clara de Sevilla y cuatro del Castillo de San Romualdo (San Fernando, Cádiz). Si para el primer caso, los autores indican un 22,0% de CaCO_3 , para el segundo los resultados oscilan entre un 24,8% y un 36,7 %, aunque por tener una elevada porosidad (43%-46%) sus fábricas son de peor calidad y de menores resistencias mecánicas. Precisamente, los elevados índices de porosidad abierta han de vincularse a la incorporación de una mayor cantidad de agua de amasado para facilitar el proceso de ejecución de la fábrica, lo que, en consecuencia, indica una ejecución menos cuidada, que con el paso del tiempo generará fábricas de menor resistencia mecánica y de peor calidad. Volviendo a las adiciones de cal, cabe señalar que, en cualquier caso, los valores de fábricas de edificios singulares de época mudéjar como los analizados siguen siendo altos, en comparación con los de otras construcciones domésticas, almohades y mudéjares, como se evidencia de los resultados obtenidos por el equipo de Alejandro en el Jardín Inglés del Alcázar de Sevilla (fin del s. XI-principios del XII, 17,3 % de CaCO_3) y las viviendas del Barrio de San Juan de Acre (s. XII-XIII, 15,6 % de CaCO_3). En opinión de Barrios Sevilla y Barrios Padura, los valores obtenidos en los análisis por ellos realizados sobre muestras extraídas en las fábricas del Castillo de Mairena del Alcor, no pueden ser comparados con los anteriores, porque sus fábricas fueron ejecutadas con albero de la comarca y, en consecuencia, no corresponden realmente a una adición intencionada de cal a la argamasa.

4. LOS TAPIALES DE ÉPOCA MODERNA (SS. XVI-XVIII)

Los procesos de lectura paramental acometidos desde la década de 1990 en distintas edificaciones sevillanas de época moderna, que han conllevado la eliminación de los revestimientos (continuos, yeserías, alicatados, cerámica de cuenca y de cuerda seca), han puesto de evidencia que en este periodo, en la ciudad, como en el resto de España, se mantuvo la importancia de la técnica del tapial. Los estudios realizados nos permiten, incluso, señalar un cierto protagonismo de la construcción en tapial (en ningún caso inferior al de la obra latericia); frente a ello, las fuentes bibliográficas inciden en el uso prioritario del ladrillo, lo



Fig. 17. Ermita de Nuestra Sra. del Águila de Alcalá de Guadaíra, del siglo XIV, reformada tras el Terremoto de Lisboa, con cajones de mampostería ejecutados con tapiales del Castillo de la localidad

que sin duda es consecuencia de la desaparición de las construcciones domésticas populares y de que en edificaciones de mayor envergadura, religiosas (conventos e iglesias), domésticas (casas palacios) (GRACIANI 2006 a y b) y civiles (hospitales) aún en pie, las fábricas originales han quedado ocultas por los revestimientos.

Las ventajas de la técnica, que —entre otras cuestiones— permitía una rapidez en la ejecución y una economía

de medios, eran especialmente dignas de considerar en unos momentos de expansión urbana y máxima actividad constructiva motivada por el establecimiento de la Casa de Contratación de Indias en 1503, por el consiguiente enriquecimiento de la población y por su amplio desarrollo demográfico.

De hecho, la técnica del tapial permitía combinar la utilización de gravas y zahorras naturales con zahorras arti-



Fig. 18. Viviendas de la Calle Habana de Sevilla (Casa de la Moneda), construidas por Sebastián Van der Borch tras el Terremoto de Lisboa, con cajones de mampostería toledana ejecutada con tapiales de la muralla almohade



Fig. 19. Detalle del Claustro del Convento de Santa Clara, de fines del siglo xv (tipo 4: tapial encadenado en ladrillo, variante: con remate latericio)



Fig. 20. Detalle de fábrica de tapial en la Casa de Miguel de Mañara, del siglo xvi (tipo 10: tapial de fraga encadenado y doble verdugado en ladrillo)

ficiales, obtenidas por el reciclaje de materiales de derribo, que quedarían integrados como árido en la argamasa, tanto cascotes cerámicos como incluso, puntualmente, trozos de tapias de tramos de fábricas preexistentes. No obstante, es necesario diferenciar los tapias *de fraga* —conformados con áridos de reciclaje de fábricas de tapial— de las fábricas toledanas de cajones de mampuesto. Esta última solución, poco frecuente en el entorno, aparece puntualmente en obras vinculadas a intervenciones posteriores al Terremoto de Lisboa en las que en los cajones se utilizaron trozos de mampuesto, trabados con argamasa; así se hizo en la intervención sobre la Ermita de Nuestra Sra. del Águila de Alcalá de Guadaíra (Fig. 17), en la que se reaprovecharon tapias del Castillo, y en la de Van der Boch en la Casa de la Moneda en C/ Habana (Fig. 18), quien reutilizó parte de la muralla almohade (MORA 2008).

En este periodo, coincidiendo con la aparición de las primeras referencias sobre la técnica del tapial en la tratadística contemporánea, se producen importantes cambios en beneficio de la agilización del proceso de ejecución, si bien se detectan una amplia gama de soluciones. Los recientes estudios paramentales realizados por el equipo de TABALES RODRÍGUEZ en el Convento de Santa Clara de Sevilla (2003 y 2006-2007) vienen a confirmar esta realidad, pues el conjunto ofrece todas las soluciones posibles, con diferentes variantes en función de las particularidades de los mechinales y, en consecuencia, la posición de las



Fig. 21. Detalle de argamasa de fábrica de tapial en la Casa de Miguel de Mañara. Siglo XVI. Se aprecian los nódulos de cal y los restos de carbón



Fig. 22. Fachada del Convento de Santa María de Jesús (Sevilla) (tipo 11: tapial de fraga encadenado y triple verdugado en ladrillo)

agujas; por ejemplo, en la fábrica de finales del siglo XV del Claustro del Convento se recurre a la solución encadenada con pieza latericia (de 29 x 14 x 4,5 cm) sobre los mechinales (Fig. 3, tipo 4 variante) (Fig.19), como también en la primera fase constructiva del Refectorio, de la misma época; mientras que la de la ampliación renacentista corresponde a un tapial *de fraga* encadenado y triple verdugado en ladrillo (Fig. 3, tipo 11).

Con el inicio de la Edad Moderna, los tapias simples se limitan a edificaciones de escasa envergadura y calidad; mientras, en la construcción monumental del entorno se imponen los tapias mixtos *de fraga* contruidos en fábricas mixtas encofradas y de ladrillo (Fig. 3, tipos 9,10 y 11) y en los cuales los tramos encofrados van perdiendo protagonismo frente a los aparejados. De hecho, en los tapias del momento, los cajones encofrados se combinan con fábricas de ladrillo (28 x 14 x 5-4 cm; 30 x 15 x 4 cm), toscamente aparejadas y con anchas llagas de argamasa pobre en cal. La fábrica latericia se emplea en los cimientos con escarpa, en los *pie de agujas*, en fajas y en las cadenas—cada vez más intrusivas— de la fábrica; entre hilos, se disponen dos y tres verdugadas de ladrillo, de modo que la triple verdugada (Fig. 1, tipo 11), se impone ya en el siglo XVII.

De utilizarse fajas de ladrillo, éstas pueden utilizarse con una doble finalidad. De una parte, en paramentos de considerable altura, para aliviar el excesivo peso de éstos, ya que los cajones que la rematan presentarían un menor espesor que los cajones bajo ella, aunque manteniendo una idéntica factura. Por otra, la utilización de este tipo de fajas permite alterar la cadencia compositiva de los distintos niveles de un paramento. Ambas funciones cumpliría, por

ejemplo, la faja de cuatro hiladas a soga y tizón (y 0,50 m. de altura) que remata los cajones de tapial del piso alto del Refectorio del Convento sevillano de Santa Clara, faja que, superados los niveles previstos para los vanos de la fábrica, permitió alterar la distribución de los machones y, así, agilizar el proceso constructivo.

Como ya se ha indicado, la solución de la triple verdugada (Fig. 3, tipo 11) fue la que tendió a imponerse, apareciendo ya en obras de la segunda mitad del siglo XVI; por ejemplo, en la intervención de Juan de Minjares en la Casa de la Moneda o en la ampliación del Refectorio del Convento de Santa Clara. La triple verdugada no hace más que facilitar la ejecución de la fábrica de doble verdugada de ladrillo (con remate latericio sobre la aguja, Fig. 20); en realidad, esta última constituye el verdadero hito constructivo, por conseguir evitar el rebaje de la argamasa para encajar la aguja, simplemente previendo la oquedad del mechinal en el tendido de las verdugadas. La triple verdugada permitirá establecer una superficie de asiento continua y homogénea para todas las tongadas de argamasa y facilitará el proceso de apisonado; además de contribuir a mejorar la resistencia de la fábrica, permitirá resolver el diferente asentamiento y la retracción de los tramos apisonados respecto a la fábrica de ladrillo, evitando los problemas generados por el diferente comportamiento de los materiales constituyentes. La variante que se impondrá en el tiempo, ya en siglo XVIII sevillano, será aquella en que la menor distancia entre machones generaría la ejecución de fragas continuas (Fig. 3, tipo 11, variante de fraga continua), ejecutadas con tapias mayores o con tapias yuxtapuestas entre los machones, de modo que no se aprecian juntas verticales de encuentros entre cajones. En



Fig. 23. Palacio alto de Carlos V sobre el Palacio de Pedro I del Real Alcázar de Sevilla, del segundo tercio del siglo XVI (tipo 11: tapial de fraga encadenado y triple verdugado en ladrillo. Variante: de cajón único)

paralelo, se evidencia un claro predominio de la fábrica aparejada en ladrillo, de modo que el uso de la tapia puede justificarse por razones ornamentales, al quedar generalmente vistos los tramos aparejados y, en consecuencia, apreciarse la diferente técnica empleada. Esta solución se constata en una importante serie de iglesias y conventos de Sevilla y su Provincia (Fig. 24), intervenidas en el siglo XVIII, si bien existen ejemplos puntuales previos incluso ya del siglo XVI (Figs. 22 y 23).

Los análisis de caracterización material han puesto de evidencia una clara diversidad compositiva y diferencias de calidad entre las fábricas analizadas en función del promotor de la obra, su envergadura y sus exigencias mecánicas. Entre los ejemplos localizados, se han documentado fábricas en las que el árido dominante es grava (obras de Hernán Ruiz II en el Hospital de las Cinco Llagas —1555-1560—); sin embargo, suele predominar la utilización de cascote cerámico en la construcción doméstica (por ejemplo, en casas palacio como la de Miguel de Mañara —Fig. 21—) y religioso-conventual, por ejemplo, en Santa María de los Reyes, a finales del siglo XVI, o en el Cuartel del Carmen, en el primer tercio del siglo XVII.

Los cajones de tapial de época moderna mantienen el módulo alto; pese a que estas fábricas son más regulares que las de periodos precedentes, pueden también encontrarse variaciones dimensionales en la altura de los cajones de argamasa, como se aprecia, por ejemplo, en el Refectorio del Convento de Santa Clara de Sevilla, donde éstas oscilan entre 0,85 y 0,90 m. Tales variaciones pueden vincularse a tres cuestiones relacionadas con los encadenados de la fábrica. Dos de ellas, que condicionarían el nivel



Fig. 24. Iglesia de Santa Ana de Écija, del siglo XVIII (tipo 11: tapial de fraga encadenado y triple verdugado en ladrillo. Variante: de cajón único)

de enrase de la argamasa, serían, de un lado, el grosor de los ladrillos y el espesor de los tendeles y, de otro —como consecuencia de lo primero—, las dimensiones de los témpanos (el número de las hiladas) y el espesor máximo de los tendeles. La tercera cuestión serían los asientos diferenciales que se hubieran producido como consecuencia de la heterogeneidad material y del comportamiento mecánico de los elementos trabados y los encofrados de la fábrica. La presencia de una faja latericia puede implicar la utilización de cajones de diferente espesor, siendo éste menor en los cajones que rematan la faja para así aligerar el peso del muro.

Con relación a las longitudes de los cajones, se observan dos circunstancias: de un lado, en tramos continuos, una regularidad métrica más clara, que en general oscila entre 2,25 y 2,50 m de longitud; sin embargo, en paramentos interrumpidos por cadenas (machones) de articulación y con vanos, se detecta una diversidad de longitudes. Por ejemplo, en la fábrica de tapial de finales del siglo XV del ya referido Refectorio del Convento de Santa Clara de Sevilla, se han detectado cuatro longitudes que oscilan entre 1,10 y 2,70 m (1,10 m; 1,70 m; 2,20 m y 2,70 m). En obras de considerable envergadura, como la

aludida, la presencia de longitudes excesivas en las dimensiones ha de entenderse como consecuencia de la utilización de tapiales (moldes de encofrado yuxtapuestos), bien por la abundancia de medios materiales y humanos o por la exigencia de acelerar el proceso constructivo. La diversidad de longitudes no implica, en ningún caso, una deficiencia constructiva; por el contrario, evidencia las operaciones de replanteo realizadas, que obligan a desplazar los tableros laterales (fronteras) de los cajones para adaptarse a las dimensiones del tramo a encofrar y para evitar el solape de juntas verticales entre hiladas contiguas.

Desde el punto de vista material, existen variaciones muy claras en función de la dimensión de la obra, de las inversiones del promotor y de factores geográficos. Con relación a la dosificación de cal, el principal parámetro de referencia para el análisis de la calidad de una fábrica de tapial de cualquier periodo, podemos encontrar tapiales *acerados*; éstos presentarían valores porcentuales muy altos, como los evidenciados por el equipo de Alejandro Sánchez en la intervención del siglo XVI en el Convento de Santa Clara de Sevilla, donde, frente a los valores medios altos para la intervención de la segunda mitad del XII-XIII (22,0%), se detecta un porcentaje medio mayor (38,8%). En consecuencia, en estos tapiales es frecuente que queden visibles los nódulos de cal así como los restos de carbón como fruto de las impurezas del proceso de calcinación en hornos alimentados con leña (Fig. 21). Los resultados analíticos pueden corroborar la frecuente incorporación intencionada de fibras vegetales (paja, barcia, etc.) para disminuir la retracción y la figuración plástica originada al evaporarse el agua de amasado de la argamasa; secundariamente, con ello también se conseguía reforzar el tapial, sobre todo a esfuerzos de flexión.

5. LOS TAPIALES DE ÉPOCA CONTEMPORÁNEA

A partir del siglo XIX, la fábrica de ladrillo pasa a ocupar un papel determinante en la Historia de la Construcción local; en paralelo, en el ámbito urbano se evidencia el inicio de un proceso de decadencia de la técnica del tapial, si bien en zonas rurales la tapiería sigue presente.

Este proceso degenerativo está marcado por la pérdida de protagonismo de las superficies encofradas en el conjunto de las fábricas, que generalmente siguen siendo tapiales *de fraga*, en los que, por tanto las fragas (tramos encofrados) se combinan con los trabados, si bien perdura la solución de la triple verdugada con piezas de las dimensiones habituales en la época (24 x 12 x 3 cm), sobre cimientos y con pie de aguja, ambos también de ladrillo.

Asimismo, se evidencia una pérdida de calidad en estas fábricas; de un parte, desde el punto de vista material —en la composición de las argamasas con árido de derrumbe y en la carencia de calicastrados—; de otra, en la ejecución, marcada por encadenados de anchas llagas y torpe fábrica, fragas con tongadas de argamasa más gruesas y, en consecuencia, deficiencias en la compactación. El aprovechamiento de material de derrumbe se realiza no sólo incorporando a la argamasa cascotes cerámicos y trozos de tapiales previos como árido sino incluso cortando fábricas encofradas en bloques que son vendidos como material de construcción, fundamentalmente para la edificación de viviendas populares, como se hiciera en tramos de la muralla de Sevilla de las calles Navarro y Menéndez y Pelayo.

Se aprecia, además, una disparidad con relación al módulo de los cajones de argamasa. En construcciones de menor entidad, con escasez de medios, el módulo tiende a reducirse, imponiéndose —de nuevo— el bajo, con el objeto de facilitar la ejecución al tapiador, pues una disminución en altura de los tableros de los cajones de encofrado no sólo facilita el apisonado, sino que, al reducir su peso y envergadura, un mismo individuo pueda realizar por sí mismo las operaciones de montaje y desencofrado. Sin embargo, en casos de mayor disponibilidad de operarios, se observa la tendencia contraria, como sucede en el Claustro de las Flores del Hospital de las Cinco Llagas de Sevilla, donde la altura de los cajones oscila entre 0,95 y 1,15 m. La diferencia del dimensionado de los tableros de encofrado puede justificar las variaciones de longitudes en los machos de mayor y menor de las cadenas, recurriendo a cadenas muy intrusivas en tapiales de módulo alto para garantizar la integración de las superficies trabadas con las compactadas (como en el ya referido Claustro de las Flores) y, por el contrario, a unas de escaso entrante en las de módulo inferior.

El proceso constatado en el área sevillana contrasta con otras realidades geográficas, donde la vigencia de la técnica perdura, justificando las referencias al proceso de ejecución de fábricas de tapial en manuales de albañilería contemporáneos y, puntualmente, en tratados genéricos de construcción como la obra referida de Ger y Lóbez.

6. CONCLUSIONES

En líneas generales, el avance cronotipológico que planteamos evidencia una clara diversificación de las soluciones estructurales en época almohade, como consecuencia de unos avances en la técnica de ejecución, momento en que se pasa de la presencia exclusiva en el siglo XI de cajones de tapial (a veces con zócalos de piedra) a fábricas mixtas en

soluciones diversas. En este proceso, y en paralelo a la consolidación del ladrillo como material de construcción, la solución de tapial *de fraga* verdugado en ladrillo se impondrá históricamente en el entorno, llegando a su máximo desarrollo en algunos edificios barrocos en los cuales los cajones se alternan con el ladrillo rellenando espacios menores. Los avances que la técnica del tapial experimentaron en la construcción española en general, evidenciados en las referencias en la tratadística, se producen también en el área geográfica que nos ocupa, entendiendo que la evolución hacia la triple verdugada que se impone es resultado de las ventajas de esta solución durante el proceso de ejecución, al agilizarlo significativamente (Fig. 2).

Asimismo, se aprecia un aumento progresivo de la altura de los cajones desde el siglo XI (medidas cortas) hasta el siglo XVIII (medidas máximas), pasando por un claro cambio de métrica desde el período norteafricano (siglo XII).

Por último, este avance pone de manifiesto que la composición, sea mediante el uso de cascotes cerámicos o bien mediante zahorras o materiales diversos, es indistinta según las épocas; no obstante, se observa una progresiva pérdida de los áridos fluviales desde el siglo XII, con notables excepciones en obras públicas de primer orden en el siglo XVI.

En síntesis: la aplicación de una metodología sistemática para análisis de fábricas de tapial nos está posibilitando ajustar la caracterización constructiva, material y métrica que se avanza en estas páginas. Entendemos que sólo un análisis de los diferentes parámetros constructivos (estructura de la fábrica, sistema de superposición de hilos, tipología, dimensiones y disposición de las agujas, improntas de los elementos del encofrado,...), y una reflexión crítica sobre cuáles son las implicaciones en el proceso de ejecución de los datos obtenidos de los estudios (físicos, químicos y mecánicos) de caracterización material (composición, porosidad, resistencia,...) permitirá avanzar en el conocimiento de este tipo de fábricas. Por tanto, con independencia de que los resultados de caracterización se apliquen a los procesos de intervención y restauración en pro de una idoneidad material, es necesario integrar en los estudios paramentales este tipo de análisis, concluyendo las implicaciones de los datos en la comprensión de los procesos de ejecución. Estos estudios físicos, químicos y mecánicos han de superar la mera caracterización material hacia una triple dirección: adscribir cronológicamente fábricas; avanzar en el conocimiento de la técnica de ejecución, de los medios materiales empleados y de las posibilidades del promotor; y, en tercer lugar, conocer las

necesidades estructurales y materiales de estas fábricas ante una posible intervención de restauración-rehabilitación-consolidación o de puesta en valor de la obra a la que corresponda la fábrica objeto de estudio.

Bibliografía

- ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier (2002): *Historia, Caracterización y Restauración de Morteros*. Sevilla. Secretariado de Publicaciones.
- ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier; TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; GRACIANI GARCÍA, Amparo y MARTÍN DEL RÍO, Juan Jesús (2004): «El Real Monasterio de Santa Clara de Sevilla (España): estudio analítico de los tapias, morteros y ladrillos utilizados en diversas etapas constructivas», *Actas del VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación (7th International Congress on Restoration of Buildings and Architectural Heritage)*, 35-38. Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio. International Centre for Heritage Conservation. CICOP (España). Lanzarote.
- ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier y MARTÍN DEL RÍO, Juan Jesús (2006): «Caracterización analítica de la muralla de tapial almohade de San Juan de Aznalfarache (Sevilla, España)», *Construir con Tierra Ayer y Hoy*. Actas de V Siacot, Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Mendoza, Argentina. Amiet, 119-120.
- ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier y MARTÍN DEL RÍO, Juan Jesús (2007): «Caracterización analítica de un muro de tapial correspondiente al complejo edilicio de carácter monumental de época almohade», *San Juan de Acre. La Historia Recuperada de un Barrio de Sevilla*. Sevilla. Envisesa, vol. 1, 245-250.
- AZUAR RUIZ, Rafael (1995): «Las técnicas constructivas en al-Andalus. El origen de la sillería y del hormigón de tapial», *Actas de las V Semana de Estudios Medievales* (1994), Nájera, 125-142.
- AZUAR, Rafael (2004): «Técnicas constructivas y fortificación almohade en al-Andalus», en *Los Almohades. Su patrimonio arquitectónico y arqueológico en el Sur de Al-Andalus*. Junta de Andalucía, 57-74.
- AZUAR, Rafael (2005): «Técnicas constructivas y fortificación almohade en al-Andalus», En *Arqueología de la Arquitectura*, 4 (Ejemplar dedicado a: Aparejos constructivos medievales en el Mediterráneo Occidental: estudio arqueológico de las técnicas constructivas), 149-160.
- BAILS, Benito (1796): *Elementos de Matemática*, Tomo IX, Parte I (2ª ed.), Madrid.
- BAILS, Benito (1802): *Diccionario de Arquitectura Civil*, Madrid.
- CAMPOS CARRASCO, Juan Manuel (1988): «Excavaciones en la muralla medieval de Sevilla. El lienzo de la Macarena», *Archivo Hispalense* Tomo LXXI, núm. 218, 187-206.
- COVARRUBIAS Y OROZCO, Santiago (1611): *El Tesoro de la Lengua Española o Castellana* (ed. B.R. Noydens, Madrid, 1674).
- GALÁN HUERTOS, Emilio; LEGUEY, Sonsoles; CARRETERO LEÓN, María Isabel y ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier (2002): «The mortars of the Torre del Oro (Seville, Spain)», *Protection and Conservation of the Cultural Heritage of the Mediterranean Cities*. Lisse, Holanda. Balkema, 165-172.
- GARCÍA-TAPIAL, José; CABEZA MÉNDEZ, José María (1995): «Recuperación de la cerca islámica de Sevilla». *El último siglo de la Sevilla islámica, 1147-1248*, 57-82.
- GER y LÓBEZ, Francisco (1898): *Tratado de Construcción Civil*, Badajoz.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2001): «Fábricas islámicas en el Alcázar de Sevilla», *Memoria Arqueológica de la Segunda Campaña (2001) de Investigaciones en el Alcázar de Sevilla* (inédita).
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2002): «Análisis tipológico de las fábricas del Real Alcázar de Sevilla (I): etapas preislámica e islámica», en TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; HUARTE CAMBRA, Rosario; GRACIANI GARCÍA, Amparo; ROBADOR GONZÁLEZ, María Dolores; ENRIQUE MAGARIÑO, María Esther; RAMÍREZ DE ARELLANO LÓPEZ, Antonio; RUIZ CONDE, Antonio; AVILÉS ESCAÑO, Miguel Ángel y SÁNCHEZ SOTO, Pedro J. (2002): «Alcázar de Sevilla. Campaña 2001. Analítica», *Anuario Arqueológico de Andalucía*, vol. II (Actividades Sistemáticas), 83-89.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2005): «El Proyecto de I+D (2004-2007) BIA2004-01092: Propuestas de Mantenimiento, Evaluación y Restauración para la

- Rehabilitación de Edificios e Infraestructuras Urbanas con Fábricas históricas de tapial en la Provincia de Sevilla», *I Jornadas de Investigación en Construcción*. Vol. 1, 199-211. Instituto Eduardo Torroja (CSIC), Amiet, Madrid.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2006 a): «Notes about tapia walls in Seville (Spain) during the 16th Century in the Modern Age», *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, Cambridge, The Construction History Society. 2006, 1011-1021.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2006 b): «Casas señoriales en tapial de la Sevilla (España) del Quinientos. Casas de Miguel de Mañara y de Calle San José», *Construir con Tierra Ayer y Hoy. Actas del V SIACOT*. Mendoza (Argentina).
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2006c): «Estudio de las fábricas del Monasterio de Santa Clara de Sevilla», en la *Memoria del Contrato de Investigación dirigido por M.Á. Tabales Rodríguez Estudios de paramentos en el Monasterio de Santa Clara de Sevilla. Fase segunda* (inédita).
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2008a): «Propuesta de metodología científica para la caracterización constructiva de fábricas de tapial en los estudios previos. Su aplicación a la Muralla de Sevilla en el tramo del Jardín del Valle», *Actas de IX CICOP 2008. Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Patrimonio Construido e Innovación*. Centro Internacional de Conservación del Patrimonio. Gran Canaria, vol. I, 51-56.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2008b): «La técnica del tapial en Andalucía Occidental», *Actas de las III Jornadas Técnicas de la Alcazaba de Almería, Construir en Al Andalus* (2007), Patronato de la Alcazaba de Almería (en prensa).
- GRACIANI GARCÍA, Amparo (2008c): «Análisis crítico de la terminología sobre la técnica del tapial en la tratadística. Aportaciones a la comprensión de los estudios documentales de la Arquitectura Sevillana», Laboratorio de Arte, Universidad de Sevilla. *Actas del I Congreso Internacional del Centenario del Laboratorio de Arte de la Universidad de Sevilla* (2007), Sevilla (en prensa).
- GRACIANI GARCÍA, Amparo y TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2003): «Typological observations on tapia walls in the area of Sevilla. 11th-19th centuries», *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Vol. II, 1093-1106. Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo; TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier; BARRIOS PADURA, Ángela; RODRÍGUEZ GARCÍA, María Reyes y PONCE ORTIZ DE INSAGURBE, Mercedes (2005): «Revisión Crítica de las Analíticas Sobre las fábricas de tapial en la muralla islámica de Sevilla», *I Jornadas de Investigación en Construcción*, Vol. 1, 213-222, Instituto Eduardo Torroja (CSIC), Amiet, Madrid.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo; BARRIOS PADURA, Ángela; TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel y BARRIOS SEVILLA, Jesús (2006): «Researches in Islamic tapia wall construction in Southern Spain», *Heritage, Weathering and Conservation*, vol. 1, pp. 109-114. A.A. Balkema Publishers, London; A.K. Leiden, The Netherlands, Taylor and Francis, Madrid.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo y CANIVELL GARCÍA DE PAREDES, Jacinto (2008). «Técnicas de intervención en fábricas históricas de tapial», *Actas de las II Jornadas de Investigación en Construcción*. Madrid, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción.
- GRACIANI GARCÍA, Amparo; BARRIOS PADURA, Ángela; BARRIOS SEVILLA, Jesús y NÚÑEZ ARCE, Luis Alberto (2008): «Researches in tapia walls in Luna's Castle (Mairena del Alcor, Seville, Spain)», *World Heritage and Sustainable Development (Heritage 2008)*. Green Lines Institute, Vila Nova de Foz Coa, Portugal, Vol. II, 689-696.
- GURRIARÁN DAZA, Pedro y SÁEZ RODRÍGUEZ, Ángel J. (2002): «Tapial o fábricas encofradas en recintos urbanos andalusíes», *Actas del II Congreso Internacional La Ciudad en Al-Andalus y el Magreb*», 561-625.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, Francisco Javier (1997): «Tapias y tapiales». *Loggia* n.º 8, 74-89.
- MALPICA CUELLO, Antonio (2003): *Los Castillos de Al-Andalus y la organización del territorio*. Univ. de Extremadura, Cáceres.
- MANZANO MARTOS, Rafael (1995): «El Alcázar de Sevilla: los palacios almohades», *El último siglo de la Sevilla islámica, 1147-1248*, 101-124.
- MARTÍN DEL RÍO, Juan Jesús; ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier; MÁRQUEZ MARTÍNEZ, Gonzalo y BLASCO LÓPEZ, Javier (2006): «Comparative study of building material in the Patio de las Doncellas in Seville's Reales Alcázares (Spain)», *Heritage, Weathering & Conservation*. Londres, Taylor & Francis, Vol. 2, 937-944.
- MARTÍN DEL RÍO, Juan Jesús; ALEJANDRE SÁNCHEZ, Francisco Javier; BLASCO LÓPEZ, Javier y MÁRQUEZ MARTÍNEZ, Gonzalo (2008): «Hormigones de cal islámicos: altas resistencias en los tapiales del sector oriental de la Muralla de Sevilla (España)», *Actas de IX CICOP 2008. Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación. Patrimonio Construido e Innovación*. Centro Internacional de Conservación del Patrimonio. Gran Canaria, vol. I, 81-86.
- MORA VICENTE, Gregorio (2008): «Intervención arqueológica en la Casa de la Moneda de Sevilla», *Memoria de excavación* (inédita).
- PAVÓN MALDONADO, Basilio (1998): *Tratado de Arquitectura hispanomusulmana*. II. Fortalezas.
- RAMÍREZ DE ARELLANO LÓPEZ, Antonio; ENRÍQUEZ MAGARIÑO, Esther (2001): «Tapias de los Reales Alcázares de Sevilla», *Memoria Arqueológica de la Segunda Campaña (2001) de Investigaciones en el Alcázar de Sevilla* (inédita).
- RAMÍREZ DE ARELLANO LÓPEZ, Antonio; ENRIQUE MAGARIÑO, Esther; RUIZ CONDE, Antonio; AVILÉS ESCAÑO, Miguel A. y SÁNCHEZ SOTO, Pedro J. (2002): «5. Caracterización de materiales en los muros de tapial investigados», en TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; HUARTE CAMBRA, Rosario; GRACIANI GARCÍA, Amparo; ROBADOR GONZÁLEZ, María Dolores; ENRIQUE MAGARIÑO, María Esther; RAMÍREZ DE ARELLANO LÓPEZ, Antonio; RUIZ CONDE, Antonio; AVILÉS ESCAÑO, Miguel Ángel y SÁNCHEZ SOTO, Pedro J. (2002): «Alcázar de Sevilla. Campaña 2001. Analítica», *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Vol. II (Actividades Sistemáticas), 89-90.
- RAMÍREZ REINA, Francisco Óscar y VARGAS JIMÉNEZ, Juan Manuel (1995): «Las murallas de Sevilla: intervenciones arqueológicas municipales», *El último siglo de la Sevilla islámica, 1147-1248*, 83-95.
- SAN NICOLÁS, Fray Lorenzo de (1639): *Arte y Uso de Arquitectura*, Madrid.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (1997): «El Palacio Islámico Localizado Bajo el Patio de la Montería del Alcázar de Sevilla», *Anuario Arqueológico de Andalucía 1997* (Tomo I). Sevilla, España. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 224-241.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2000): «Algunas reflexiones sobre fábricas y cimentaciones sevillanas en el período islámico». *Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, vol. II, 1077-1089.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2001a): «Las murallas del alcázar de Sevilla. Investigaciones arqueológicas en los recintos islámicos». *Apuntes del Alcázar* n.º 2, 7-35.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2001b): «Intervención Arqueológica en C/ Imperial 41-45. Contribución al Conocimiento de la Transformación Urbana del Barrio de San Esteban de Sevilla», *Anuario Arqueológico de Andalucía 1996*. Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 415-430.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2001c): «Intervención Arqueológica en C/ Imperial 41-45 (Sevilla). Estratigrafía del Sector», *Anuario Arqueológico de Andalucía 1996*, Consejería de Cultura, 431-442.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2001d): «El antemuro de la muralla islámica de Sevilla. Intervención arqueológica en C/ Menéndez y Pelayo n.º 19», *Anuario Arqueológico de Andalucía 1996*, 475-485.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2002a): «Contribución al estudio de la muralla islámica de Sevilla. Investigación en C/ Menéndez y Pelayo 43-45», *Anuario Arqueológico de Andalucía 1999*, 716-734.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2002b): «Cronología y distribución en los recintos islámicos del Alcázar de Sevilla», *Actas del Congreso Internacional sobre Fortificaciones en el entorno del Bajo Guadalquivir*.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; OLIVA, Pablo y JIMÉNEZ SANCHO, Á. (2006): «Primera Fase de Estudios Arqueológicos en el Real Monasterio de Santa Clara de Sevilla», *Anuario Arqueológico de Andalucía 2003*. Sevilla, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Vol. 1, 336-351.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2007): «La Prehistoria del Edificio». *La Sede del Parlamento de Andalucía*. Oviedo, Parlamento de Andalucía, 102-122.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel (2008): «Excavación arqueológica en el Jardín Inglés del Real Alcázar de Sevilla», *Apuntes del Alcázar*, 9, 7-30.
- TABALES RODRÍGUEZ, Miguel Ángel; HUARTE CAMBRA, Rosario; GRACIANI GARCÍA, Amparo; ROBADOR GONZÁLEZ, María Dolores; ENRIQUE MAGARI-

NO, María Esther; RAMÍREZ DE ARELLANO LÓPEZ, Antonio; RUIZ CONDE, Antonio; AVILÉS ESCAÑO, Miguel Ángel y SÁNCHEZ SOTO, Pedro J. (2002): «Alcázar de Sevilla. Campaña 2001. Analítica», *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Vol. II (Actividades Sistemáticas), 83-89.

VILLANUEVA, Juan de (1827): *El Arte de la Albañilería*, Madrid.

VALOR PIECHOTTA, Magdalena (1991): *La arquitectura militar y palatina en la Sevilla musulmana*, Sevilla.

VALOR PIECHOTTA, Magdalena y RODRÍGUEZ DE GUZMÁN, Sandra: «Las fortificaciones medievales en el Aljarafe sevillano», en *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 1991 (Sistemáticas), pp. 367-373.

Recibido: 9 de octubre de 2008

Aceptado: 13 de enero de 2009