

Tapias y tapiales

Francisco Javier López Martínez*



La Alhambra de Granada: una obra construida con tapia.

El conocimiento de las técnicas constructivas históricas es necesario para entender los edificios, lo cual supone uno de los puntos de partida para la restauración de aquéllos. Aunque les llamemos "técnicas históricas" -dice el autor- no dejan de ser <construcción> al fin y al cabo, por tanto, su estudio puede proporcionarnos una lección útil no sólo para restaurar, sino también para construir en general. En el artículo que presentamos, Francisco Javier López Martínez, apoyado en una rica experiencia, explica de una manera muy didáctica los conceptos de tapia y tapial describiendo sus elementos característicos.**

Adobe & Cob Walls. It is necessary to have knowledge of historic construction techniques in order to understand buildings, and it is a starting point for their restoration. Although we call them "historic techniques", the author says, they are still <building> after all, so studying them can mean an important lesson for us, useful not only for restoration, but for building in general. In the article presented here, Francisco Javier López Martínez, with a long and rich experience, explains in a most didactic manner the concepts of adobe and cob walls (tapias and tapiales) and describes their characteristic features.

*Francisco Javier López Martínez es arquitecto y desde 1989 hasta 1999 ha trabajado para el Servicio, después Instituto, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Murcia.

**El artículo que sigue tiene como base la conferencia titulada "Construcciones con tapial: las restauraciones del Castillo de Montegudo y la Muralla de Verónicas, en Murcia" correspondiente a las Jornadas que bajo el nombre: "Técnicas tradicionales *versus* técnicas modernas en la restauración del patrimonio arquitectónico" fueron organizadas por EDILICIA en Valencia durante mayo de 1997.



Las tapias son un tipo tradicional de construcción muchas veces asociado exclusivamente con obras de tierra. Trataré de clarificar el concepto de tapia, enumerar y explicar sus elementos característicos, sus tipos, y exponer algunas ideas y ejemplos sobre su restauración, en especial cuando se trata de estructuras de gran espesor como es el caso de las murallas.

DEFINICIÓN

Constituye la tapiería un género de obra, usado hasta hace pocos años en nuestro país, reconocido en antiguas fuentes históricas, tratados y ordenanzas.

La tapia es un tipo de construcción, básicamente modular, que se fabrica colocando un encofrado llamado tapial, vertiendo en su interior tierra cruda y/u otros materiales, apisonándolos por tongadas; una vez terminado el cajón se puede desmontar el tapial casi inmediatamente para colocarlo, primero a continuación hasta completar la hilada, después encima hasta alcanzar la altura propuesta.

Dos son las condiciones básicas que definen esta forma de construir:

- 1) El uso de un encofrado característico.
- 2) El recurso al apisonado como medio de ordenación, estabilización y consolidación de la masa.

Etimológicamente, según Joan Corominas, la palabra tapia se relaciona especialmente con el material tierra cruda y con la Península Ibérica¹. La primera referencia escrita, conocida, sobre construcciones de tierra apisonada corresponde a Plinio el Viejo, quien las sitúa en Hispania y el norte de Africa². Aunque Vitrubio, un

siglo antes que Plinio, no hace mención a este tipo de fábrica en el Imperio, sí se construyen tapias de tierra, al menos en la Hispania contemporánea del escritor³ y existen en Roma obras de argamasa encofrada y apisonada desde el siglo III a.C⁴. La tapia se puede considerar una obra de hormigón que, tanto en su origen como tradicionalmente, ha sido de tierra. Así, se suele conceptuar como uno de los tipos básicos de construcciones con tierra aunque, en realidad, su significado es más amplio y no se limita a este material⁵ (Ref. I).

TAPIA Y TAPIAL

Las palabras, como un material más de trabajo, encierran muchas veces claves para aclarar un problema... Aunque hoy día se pueden usar los vocablos tapia y tapial como sinónimos⁸ y popularmente es más frecuente escuchar la palabra <tapial> para nombrar la fábrica (quizás por eso cuando los estudios son de carácter etnológico o basados en la arquitectura popular, se suele encontrar ese término), resulta más riguroso, y así aparece en tratados y documentos antiguos, el asignar a <tapia> el significado de fábrica, pared o módulo de pared, y a <tapial> el de encofrado con el cual se hace aquella (Ref. II).

LA TIERRA

El material tierra tiene, a mi entender, una relación importante, aunque no excluyente, con la técnica de la tapia, con su origen y con el término que la designa. Por una parte, esta técnica carecería de sentido si no tratara de usar un elemento

1. La tierra se hace barro para fabricar adobes (Navapalos - Soria)
2. La tierra para tapia ha de estar suelta y ligeramente húmeda. Preparación de la tierra para una casa, en Letur (Albacete).
3. Apisonando una tapia en Letur.

Referencia I

2.1) Juan de Villanueva (s.XVIII-XIX): "Los géneros de obra que la pertenecen - a la Albañilería - son tapias, muros, y paredes hechas de piedra sin labrar, ó ladrillo, tabiques, bóvedas, suelos, techos y cubiertos..."

Tapias son las paredes hechas de tierra solamente, ó enlazadas con algún otro material." ⁶

2.2) En un libro reciente Roger Mimó escribe sobre el sur de Marruecos: "El sistema de construcción empleado con mayor frecuencia es el tapial, que, según Laoust, habría sido importado de la península Ibérica, si bien parece más lógico pensar que tanto los fberos como los bereberes aprendieron de los fenicios esta técnica". ⁷

Referencia II

2.3) En Murcia, en un acta concejil del siglo XV podemos encontrar: "... en 1427 se contrató a un albañil <... con un par de tapias ...> para que durante dos días trabajase en la calle de la Aljufía, ..., para hacer retroceder la pared delante de la casa de Juan Albornoz, <... saque la tapia tanto que sea fuera de la açequia ...>". ⁹

2.4) Juan de Villanueva refleja en su tratado: "Para construir tapias de tierra es preciso hacer los cajones con dos tableros que se llaman tapias..." ¹⁰

2.5) Diego Antonio Rejón de Silva (s. XVIII) recoge en su Diccionario: "Tapia. Se llama también el solo cuerpo de tierra que se hace dentro de los tapias". ¹¹

Referencia III

3.1) Juan de Villanueva: "La tierra que debe emplearse para construir tapias ó paredes debe ser arcillosa, pegajosa, compacta, limpia de guijo, y con poca mezcla de arena y cascajo. En casi todos los países se halla en abundancia, y se pueden construir con ella paredes muy fuertes y durables."¹⁵

3.2) El Instituto Eduardo Torroja prescribe: "Las proporciones en que han de intervenir los granos de los diferentes tamaños en los tapiales consolidados, deben oscilar entre los siguientes límites:

- Arcilla10 a 40 %
- Limo20 a 40 %
- Arena10 a 40 %
- Gravilla10 a 20 %"¹⁶

3.3) En la práctica: "... Se puede considerar, a modo de referencia general, que las mejores proporciones resultan ser:

Arcilla: del 15 al 20 %

Limo: " 10 " 25 %

Arena: " 50 " 70 %

Grava fina muy poca o ninguna.

Materia orgánica preferiblemente ninguna, como máximo el 2 %."¹⁷

Referencia IV

4.1) Juan de Villanueva: "... Tapiales, de siete ó nueve pies de largo, y dos y medio ó tres de alto."²⁷

4.2) El ingeniero P.C. Espinosa (s. XIX) escribe: "... Estos tableros tienen generalmente dos metros de longitud y 0,8 m. de altura"²⁸



abundante y cercano allí donde se va a poner en obra, y es la tierra el material más fácil de obtener en la mayor parte de las regiones de nuestro planeta¹²; por otra, algunos perfiles del terreno constituyen una referencia natural a este tipo de obra¹³ (puesto que presentan una sucesión de estratos horizontales de escaso espesor sometidos a presiones o cementaciones), por otra, la misma palabra <tapia> parece tener un origen onomatopéyico basado en el sonido que hace un pisón o maza al golpear la tierra¹⁴.

Como fábrica de tierra cruda, supone una de las posibilidades y formas típicas de emplear ese material:

-Moldeado: adobe.

-Modelado: bolas de barro que se conforman con las manos y se colocan en fresco.

-Proyectado: paneles formados por entramados de cañas, ramas, maderas, cuerdas o tiras de cuero, sobre los cuales se arroja y extiende el barro.

-Compactado: tapia, suelos apisonados.

Aunque no se requiere una composición muy precisa, cada tierra es indicada para un tipo de fábrica, precisando a veces de mezclas u otros aditamentos para paliar las deficiencias que pueda presentar por sí sola. Así, una primera necesidad será la de incorporar un desengrasante, es decir, un elemento que le ayude a resistir las tracciones debidas a la retracción provocada por el secado, bien sea el de fabricación o el debido a procesos de humectación-desección.

En cuanto a las tapias, se precisará un contenido en arcilla suficiente para que cumpla su papel de aglomerante pero, al mismo tiempo, debe estar limitado, puesto que constituirá la fracción más sensible a la humedad. Dependiendo de la proporción de arcilla que contenga el terreno natural se podrá emplear directamente o bien añadiéndole arena o fibras en caso de que sea demasiada, o agregando otros conglomerantes en caso de ser escasa.

En general, el contenido de finos será de alrededor del 40 %, y se debe procurar que carezca de materia orgánica; para

ello tradicionalmente se elimina la primera capa de tierra vegetal, dejándolo además los montones de tierra a la intemperie durante bastante tiempo para que se pudran los restos vegetales (Ref. III).

Aunque la mayor parte de las recomendaciones consultadas reducen la cantidad de árido grueso y limitan su tamaño máximo a 20 mm, en la práctica existen muchas tapias que no cumplen esta prescripción. Si bien es conveniente que la tierra para tapia no provenga del estrato vegetal, se puede añadir paja u otra clase de fibra a la masa para mejorar su comportamiento ante esfuerzos de tracción, incluso para las tapias de cercas se mezclaban granzones dentro de los tapiales¹⁸. Si bien cabría pensar en la endebles de este material de construcción, sorprende comprobar su resistencia y durabilidad cuando posee una composición, compactación y protección adecuadas; en regiones con clima o estaciones húmedas se dice que una obra de tierra necesita de "unos buenos zapatos y un buen sombrero", traducéndose en la ejecución de un zócalo o puntido de piedra, desde donde deben arrancar los muros de tierra, y en la prolongación de la cubierta por medio de aleros o cornisas.

A la tierra deben muchas obras de tapia su armonización o fusión con el paisaje, pues tanto el color como la propia materia coinciden con los de su entorno.

En oposición a lo que ocurre con gran parte de materiales actuales, al no haber sufrido apenas transformaciones, su degradación sólo supone el regreso al suelo de donde partió, permitiendo su reutilización¹⁹ para la construcción o la agricultura.

A la tierra pronto se le añadieron aditivos para mejorar sus cualidades, así Ibn Jaldún, al describir la técnica en el siglo XIV, dice que entre las tablas se vierte "una mezcla de tierra y cal"; también es normal encontrar al exhumar muros y suelos medievales andalusíes encontrar siempre la tierra mezclada con cenizas²⁰.

ENCOFRADO: EL TAPIAL

El encofrado es una de las características básicas de una obra de tapia, a él debe, en buena medida, su forma. La imagen de las tapias, debido a la multitud de huellas que originan los diferentes elementos de su encofrado, tiene un valor, podríamos decir, didáctico que nos revela su proceso constructivo. Se caracteriza por sus medidas basadas en las del hombre y por su manejabilidad, al mismo tiempo permite levantar un edificio sin andamiaje.

Al conjunto se le puede llamar armaje²¹, jarcia²², molde, marco, cajón²³, tapial...

Elementos del encofrado

1) Tapial

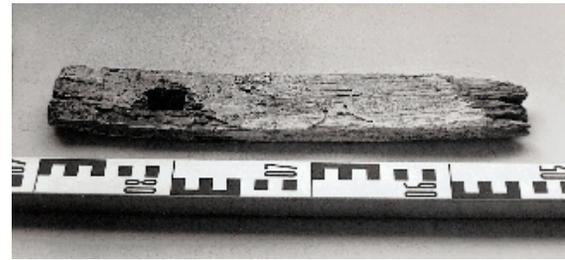
Los tapiales constituyen la parte fundamental del encofrado (ver ref. 2.4 y 2.5), a ellos deben las tapias su forma, generalmente plana, si bien también se han utilizado curvos (por ejemplo en algunas torres de murallas, como en Granada, en palomares y molinos de Tierra de Campos, en plazas de toros en La Mancha) y su módulo, así han sido utilizados como medida lineal (para la altura principalmente, pero también para la longitud), superficial, o de volumen. Tradicionalmente consiste en un tablero de madera, compuesto de varias tablas, de unos tres centímetros de grosor dispuestas horizontalmente, unidas, con la ayuda de unos listones, barras o barrotes verticales, también de madera, situados generalmente por el exterior y clavados, por razones obvias, por la cara interior del tablero, es decir, las cabezas de los clavos están sobre las tablas y no en los barrotes, esto origina una de las posibles improntas del tapial: una columna de hoquedades grabadas sobre el paramento²⁴. Alguna veces esas barras que sirven para "grapar" las tablas se disponen en ambas caras del tapial, una cercana a cada extremo, esto da lugar a un tapial reversible²⁵; de esta manera la barra vertical tiene además otra función: la de sujetar la compuerta

lateral del cajón (como veremos en el siguiente punto).

Las medidas del tapial deben ser tales que permitan su transporte y manejo por dos o tres personas. Su altura debe ser compatible con el apisonamiento desde dentro de la caja (su canto superior quedará por debajo de los codos de un hombre). Teniendo en cuenta su utilización como unidad, sus medidas han gozado de una gran perdurabilidad, especialmente la altura que suele ser de dos codos o una vara, la proporción de los tapiales suele aproximarse a 1 x 2 ó 1 x 3. Hay que tener en cuenta que cuando vemos un tapial reflejado en un muro, no estamos viendo, generalmente, la huella de la totalidad del tablero; es decir, la longitud de la tapia no coincide exactamente con la del tapial, a menos que el tablero no se haya solapado a la tapia anterior y que no haya sido necesario colocar una compuerta en el extremo para cerrar la caja, esta circunstancia se da cuando se planta un encofrado corrido, cosa habitual en grandes obras como las murallas (Ref. IV).

El módulo de la tapia, basado, como he dicho en medidas humanas, proporciona las siguientes aplicaciones fundamentales: una tapia se corresponde con la altura de un antepecho, dos tapias con la del dintel de una puerta o ventana, tres tapias con la de un techo. En estructuras defensivas medievales podemos seguir la proporción al pie de la letra: una tapia formará el pretil de un paso de ronda o el antepecho bajo una saetera, la cual alcanzará las dos tapias de altura, otra tapia nos dará el merlón, tres tapias serán la altura normal de la cámara bajo las terrazas de las torres de las murallas, etc. Tres tapias es también la altura mínima de una pared medianera, a partir de la cual se puede cargar el forjado de un piso superior (otras funciones con mayor carga simbólica o representativa precisarán otras proporciones) (Ref. V).

Otros nombres con los que se pueden



6



7

4. Una tapia vista desde abajo: situación inverosímil que denota la buena calidad de la construcción. Observense las improntas de las "medias agujas", clavos, bastones o puntales. Véase cómo las agujas de la esquina se superponen cruzándose. Corresponde al Castillo de Santa Catalina o del Verdolay (Murcia).

5. Tapias del Castillo de Feli (Lorca). Véanse las huellas marcadas por las cabezas de los clavos de los tapiales.

6. Ejemplo de "media aguja", proveniente de Siyasa, con el orificio preparado para recibir el clavo de madera, la zona de la derecha ha sido cortada o rota con azuela una vez que se desmontó el tapial al cual sustentaba.

7. Ejemplo de "media aguja" con su clavo en la muralla sur del Castillo de Monteagudo (junto a la ciudad de Murcia). La madera ha pervivido en el interior de la muralla al menos ocho siglos.

8. Aspecto de la restauración de la muralla de Verónicas

8



Referencia V

4.3) Ibn Jaldun (s.XIV) escribe en sus Prolegómenos: "... Se sirve para esta operación de dos tablas, cuya longitud y anchura varían según los usos locales; pero sus dimensiones son, en general, de cuatro varas por dos."²⁹

4.4) El Comendador de Caravaca comunica en el siglo XIV: "Por esta merçed que me vos fazedes otorgo et conosco de fazer en el dicho lugar de Bullas a mi costa una fortaleza en la manera que aquí dirá: una torre con un cortijo enderredor della que sea de quinze tapias en alto ... Et el cortijo que sea de diez tapias en alto con su pey-tril et menas..."³⁰

4.5) Las Ordenanzas de Murcia del siglo XVI disponen: "Que todas las paredes medianeras entre vezinos, que sea de tres tapias en alto..."³¹

Referencia VI

4.6) Juan de Villanueva: "... ponen a las extremidades de los tableros otros dos de su altura, y del ancho que han de tener las tapias, asegurandolos en un canal o gargol que se forma con dos listones clavados en los tableros, de modo que se viene a hacer un cajón."³⁹

Referencia VII

4.7) Juan de Villanueva: "... Pónganse los costales, y métanse por su extremo inferior en las agujas de abajo ..."⁴⁵

Referencia VIII

4.8) Juan de Villanueva: "...conteniendo los tapias con unos codalillos atravesados de largo por el grueso de la tapia, los que se van quitando conforme se maciza el cajón."⁴⁷

9. Una tapia curva, de tierra, en Navapalos. Pisón diseñado por el arquitecto Juan Borges.



designar los Tapias son: Puertas de tapiar³², Puertas³³, Tablero³⁴, Tablones, Tablas, Formeros³⁵, Tapialeras³⁶.

Es interesante apuntar que el tapial no sólo sirve para hacer tapias, también se ha utilizado tradicionalmente para construir paredes, especialmente como divisiones interiores así como acabados de cámaras y medianeras, encofrando a una sola cara³⁷.

2) Tapial Extremo

Es el tablero, que teniendo por anchura la del muro que se va a construir, se coloca cerrando el cajón por un extremo. Normalmente, salvo en la primera tapia de un hilo, sólo será necesario cerrar con tablas uno de los extremos, puesto que el opuesto está limitado por el trozo de pared ya realizado. A veces se puede obviar este utensilio dejando la tapia formando un talud longitudinal sobre el que se solapará la siguiente, de manera que el tapial extremo, también denominado compuerta, frontera, cabecera, tablero cabezal, etc. no es imprescindible.

El tapial extremo se suele construir con tablas verticales sujetas por un barrote horizontal, pueden tener un resalto o hendidura que servirá para que se produzca una especie de machiembrado entre dos tapias sucesivas.

Para sujetar la frontera, resulta necesario colocar un barrote interior en cada tapial, llamado por algunos autores barzón³⁸; cuando por alguna circunstancia no es necesario situar la frontera pero el tapial tiene barzón, éste se puede marcar en la superficie; en los casos de tapial reversible que antes mencionaba, es el mismo barrote el que sirve para unir las tablas y sujetar el cabezal. Otra manera de sujetar este tablacho es por medio de los codales (que luego definiré). En vez de un solo listón, se pueden colocar dos paralelos formando un canal, llamado gargol por Villanueva, donde se introduce la cabecera (Ref. VI).

3) Agujas

Son elementos lineales, de madera y, a veces, de hierro que, atravesados en el muro, sirven para apoyar sobre ellos los dos tapias. Suelen estar separadas alrededor de 50 centímetros, dando lugar a esas filas de mechinales tan características. Para asentar las agujas sobre el muro se rebaja este previamente, cuando se trata de plantar el tapial sobre un cimiento o zócalo hecho con piedra u hormigón, y no se han previsto los cajeados donde se van a alojar las agujas, entonces se introduce una hilada de ladrillo o piedras pequeñas y es esa verdugada la que absorbe las agujas de manera que no quede ningún espacio bajo el tapial.

En general son, como la mayoría de los elementos del armaje, recuperables y reutilizables, sin embargo hay casos en los que es difícil la recuperación y se recurre a unas "medias agujas" que se sujetan por medio de clavos a la masa del muro y quedan perdidas en su interior. Me refiero a los muros de gran espesor como las murallas.

Aquí, una vez confeccionada la tapia y desmontados los tapias, se cortan las agujas y se sellan con mortero⁴⁰. Estas pequeñas agujas para grandes muros suelen llevar prefabricado un orificio donde se introduce un clavo que puede ser de madera o de hierro, o bien los clavos las sujetan desde su contorno sin atravesarlas.

4) Costales

También llamados Costeros. Son los elementos lineales que colocados en posición vertical y ensamblados con las agujas sirven para sujetar los tapias. En su extremo inferior se traban con la aguja, en el superior pueden ensamblarse con otra aguja o amarrarse con una cuerda que se tensa por medio de un torniquete o garrote, de manera que dos costales y dos agujas (una inferior y otra superior) forman un aro, cárcel⁴¹ o capilla⁴².

Otra opción complementaria para atirantar los costeros en las murallas, es la de atar cuerdas entre el extremo superior de aquéllos y los clavos que anclan las "medias agujas" o a otros palos que se dejan perdidos dentro de los muros⁴³.

Se han utilizado también como costales, unos palos largos que se anclan en el terreno, o en la cimentación, y sirven de sujeción para los tableros⁴⁴. Es posible que, sin usar estos troncos empotrados en el suelo como guías, aparezcan hoyos junto a las agujas de la primera tapia sobre el cimiento: de haber existido postes clavados en el terreno o en la cimentación para sujetar los tapiales no se hubieran necesitado las agujas, puesto que los tableros se podían apoyar directamente en el suelo o en la rezarpa de la cimentación; si existen agujas es porque servían para recibir los costales y éstos precisarían de una oquedad bajo la aguja para poder atravesarla y quedar así sujeto a aquélla (Ref. VII).

5) Codales

Son unas barras de madera, normalmente cilíndricas que, a modo de entibación, evitan que los tapiales se cierren, al mismo tiempo que sirven de escantillón dando el espesor de la tapia. Se van quitando a medida que se eleva la masa dentro del cajón. Una forma fácil de ir disminuyendo la sección del muro a medida que se eleva es la utilización sucesiva de codales de menor longitud⁴⁶.

Unos codales situados en la coronación del adobón pueden servir para preparar el alojamiento de la aguja que sujetará el tapial para confeccionar la tapia superior.

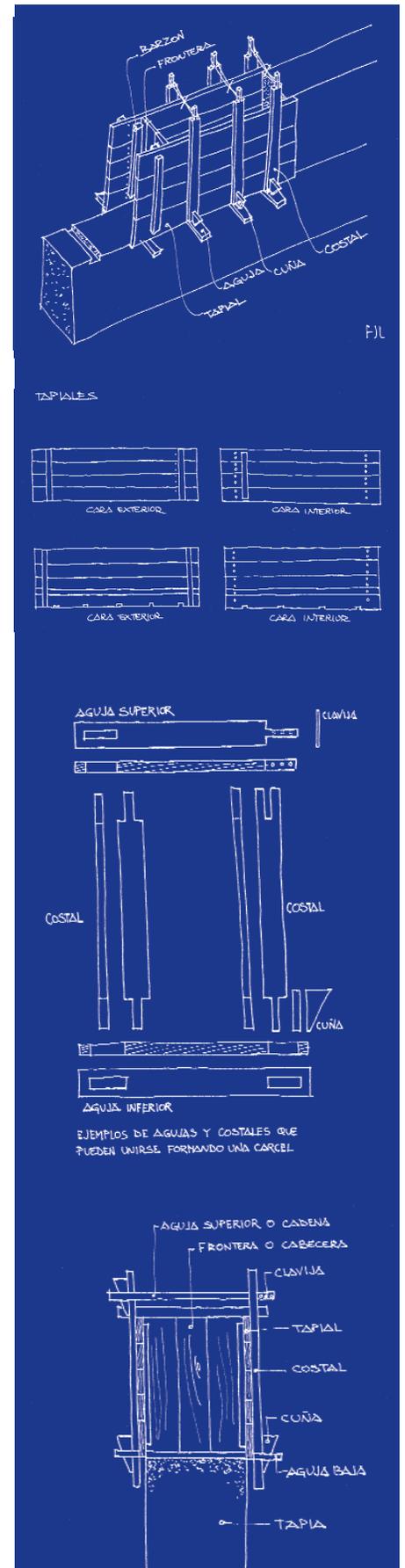
Varios codales, como hemos dicho antes, pueden servir para sujetar la frontera: el interior se quitará cuando hayamos alcanzado su altura con la masa, y el exterior permanecerá hasta finalizar el cajón (Ref. VIII).

COMPACTACIÓN: EL APISONADO

Consiste en la consolidación del material a base de golpes de pisón; aunque hoy se podrían utilizar otros medios: podríamos utilizar una compactación estática, o bien dinámica, cabiendo en ésta última la compactación por percusión o por vibrado.

El espesor de las tongadas es aquél que posibilita una homogénea compactación, suelen tener unos diez centímetros. Siendo este apretado el que confiere orden a las partículas y estabilidad a la masa.

El recurso del apisonado como medio para estabilizar y mejorar la resistencia de la fábrica tiene una primera consecuencia fundamental: El grado de humedad, debe ser el necesario para lubricar las partículas⁴⁸ y permitir eliminar el mayor número de huecos, es decir, lograr la mayor densidad posible. La cantidad de agua óptima será función de la composición granulométrica y de la energía de compactación, a mayor energía menor humedad; si la cantidad de agua es demasiada se puede dejar secar, echar adobes secos en la masa⁴⁹, o echar cal viva... El 12% de contenido de agua⁵⁰ es un valor medio que puede servir de orientación, siempre será inferior al límite plástico (en el caso de la restauración del palacio de Toral de los Guzmanes, resultó ser del 8'5% el porcentaje de agua con el que se obtenía la mayor resistencia). En la práctica de la obra, se puede comprobar la consistencia óptima cogiendo un puñado de tierra con la mano y apretándola, la masa debe quedarse con la forma que le hemos conferido y, si la soltamos desde un metro y medio aproximadamente, debe romperse en unos pocos trozos, no aplastarse ni pulverizarse. Un ensayo más riguroso es el Próctor⁵¹, el cual nos servirá para hallar la cantidad de agua necesaria para conseguir la mayor resistencia partiendo de una energía, o número de golpes, aplicado en la compactación a un terreno determinado.



Referencia IX

5.1) Juan de Villanueva: "... pisa, aprieta y maciza la tierra con un pison algo pesado, que tiene su plano inferior puntiagudo ... El pison y los pies del trabajador van macizando la tongada ..."55 .

5.2) En las prescripciones del Instituto Eduardo Torroja encontramos: "El apisonado de las tierras se efectuará por tongadas sucesivas, de 10 cm de altura máxima, mediante pisonos de madera o metálicos, de 8 a 12 kp de peso, en forma de cuña truncada, que se orienta normal al tablero"56

5.3) Gustavo Fernández Balbuena escribe a primeros de siglo: "... La tapería de calidad quiere ir muy pisada, y para esto es preciso cuidar de los tapiadores que no se emboben, que para ser buen tapiador hay que tener brazos duros y mucho empuje."57

Referencia X

6.1) Andrea Palladio (s.XVI): "La estructura de henchidura ó rehinchimiento, que también se dice á caxon, la hacian los antiguos tomando con tablas puestas verticalmente ó de canto el espacio que debia ser el grueso de la pared, y llenándolo de argamasa. De este modo la pared iba subiendo á porciones ó tapias. De esta construccion se ven paredes en Sirmion sobre el lago de Sarda."60

6.2) Una vez más podemos ilustrar estos conceptos con las palabras del Maestro Juan de Villanueva: "... en lugar de la tierra se usa una pasta hecha de mezcla de cascajo y guijo menudo, nada mayor de lo que cabe en un puño. Echando este material en los cajones, como la tierra, se apisona y se maciza muy bien, y en llegándose á secar forma de todo el cajon un todo liso y unido, que equivale á una piedra de su tamaño... En España la usaron mucho los Romanos y los Arabes..."61

Referencia XI

6.3) Fray Lorenzo de San Nicolás (s. XVII): "... procura tener la cal batida, y estando algo dura, sazonallo has como si fuera tierra para tapias, y en la haz que has de acerar arrimado al tapial, vele echando como dos ó tres dedos de grueso, y después pisar contra esto, saldrá con buena tez, es muy buena defensa para agua y vientos."63

6.4) Ordenanzas de Murcia del siglo XVI: "Que todas las calles de esta Ciudad, y sus arravales, no se puedan hazer, ni hagan paredes de tierra, ni de atochas, ni de cuarto ladrillo, si no fuere de costra por lo menos..."64

6.5) En las mismas disposiciones municipales encontramos: "Ordenamos, y mandamos: que todas las personas que quieren puedan libremente hazer, y hagan mortero de costra, y lo vender, sin por ello incurrir en pena alguna; y prohibimos el venderlo a precio que exceda de medio ducado cada caiz..."65

Referencia XII

6.6) Fray Lorenzo de San Nicolás: "Tapias Valencianas se hacen con tierra, medios ladrillos y cal, echando lechos de uno y otro, es obra fortísima."67

La compactación o el apisonado es una característica de la tapia que la diferencia de otras técnicas que también necesitan de encofrado.

El hormigón de cemento Portland convencional se encofra pero no se compacta (en general), se vibra, y endurece por fraguado, no por secado y carbonatación como ocurre en una tapia tradicional, aunque podría responder al concepto de tapia un hormigón en masa semiseco y por lo tanto apisonado por tongadas sucesivas52.

Como consecuencia resultante de la escasa humedad precisa para una buena compactación, tenemos la posibilidad de un pronto desencofrado y, por tanto, la rápida reutilización de los tapias, con lo cual se reduce el número de útiles necesarios.

El maestro albañil, tapiador o tapiero, precisa sólo un par de tapias53, otra cuestión serán las grandes obras, como las murallas, en las cuales la organización del trabajo debia ser algo mucho más complejo.

Tradicionalmente los pisonos empleados son de madera dura con mango de 1'5 metros aproximadamente. Adoptan diferentes formas pero el más normal tiene forma troncopiramidal. Existen también con la base en punta y con la base ancha, con todas sus caras laterales trapezoidales, y algunos especiales como el acabado en una fila de pequeñas concavidades en forma de arco54, etc. Su peso es inferior a doce kilos y se maneja con las manos dejándolo caer desde poca altura comenzando por los bordes del tapial.

Los tapiadores, situados dentro del cajón, suelen ser uno o dos, produciendo un golpeteo rítmico, origen de la onomatopeya comentada en el inicio del artículo, que se interrumpe para añadir el material de la siguiente tongada; cuando la tapia es de tierra, el tapiador conoce el momento en que está bien compactada por el sonido que produce el golpe del pison (Ref. IX).

TIPOS DE TAPIA**A) Tapias Simples**

Son las formadas por un solo material, independientemente de que esté constituido por un sólo elemento o por varios mezclados.

A.1) Tapia de tierra, ordinaria o común

Supone la forma más popular de la tapia. Usada tanto en viviendas urbanas58 y rurales como en cercas, en este caso pueden arrancar directamente del terreno sin zócalo de piedra, aunque esa circunstancia será su mayor punto débil.

Cuando la tierra se mezcla, en toda su masa, con cal, da lugar a una tapia de tierra estabilizada llamada tapia real.

En los tratados de arquitectura españoles, siempre se dedica un lugar específico a las tapias de tierra, puesto que se trataba de un modo tradicional de construir. Los dos términos: tapia común y tapia real son recogidos también como sendas unidades de medida por Fray Lorenzo de San Nicolás.

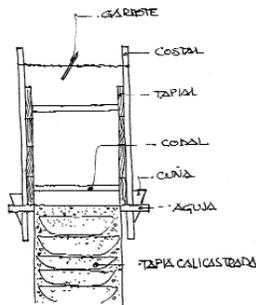
A.2) Tapia de hormigón

Tiene su antecedente en el opus caementicium romano. Existen en Roma ejemplos de tapias de argamasa desde el siglo III a.C., en las cuales se aprecian tanto las señales del encofrado como las tongadas de material. Palladio recoge en su libro I este tipo de fábrica, no apareciendo, como antes he indicado, la tapia de tierra (Ref. X).

Consiste en el empleo de un hormigón intencionadamente dosificado, las capas vertidas dentro del molde pueden ser del mismo material o ir alternándose, añadiendo o no grandes piedras (hormigón ciclópeo). La argamasa o el mortero deben tener una consistencia poco fluida, parecido al de la tierra, para permitir una buena compactación, la posible interrupción de la fábrica según un plano inclinado, así como un inmediato desencofrado. Aunque tradicionalmente se ha utilizado la cal como aglomerante, también sería posible usar otros62.



10



B) Tapias reforzadas en sus paramentos

B.1.) Tapia calicestrada, calicostrada o acerada

Se fabrican extendiendo una capa de mortero en forma de cuña contra el tapial, previamente al vertido de la tierra, la cual se apisona dentro de la caja formada por la costra, al pisar el material el mortero se extiende aún más por debajo de la tierra. La costra se puede disponer en las dos caras de la tapia o sólo en una (la exterior). El mortero o argamasa, aunque se va aplicando coincidiendo con cada tongada de tierra o cada dos, queda unido formando una capa continua por el exterior, mientras que si viéramos la tapia en sección apreciaríamos una sucesión de cuñas dispuestas verticalmente y trabadas con la tierra. La humedad del mortero ha de ser similar a la de la tierra.

En el proceso de apisonado, tanto en el caso de una tapia calicestrada como en el de hormigón, se produce el flujo de una especie de lechada hacia el exterior, lo cual produce un acabado más fino y liso. La envergadura de la costra es muy variable según los casos. Cuando se trata de un muro con fines defensivos la capa exterior, fabricada con hormigón, puede tener gran espesor. Lo normal en muros domésticos es que cuente con dos ó tres centímetros en su parte más delgada. Se consideraba, y de hecho lo era, un tipo de tapia mucho más resistente y durable que el común de tierra. La confección y venta de mortero para costra estuvo regido por ordenanzas (Ref. XI).

B.2) Tapia Valenciana⁶⁶

Consiste en la construcción de una tapia con costra que lleva incorporados ladrillos colocados de tabla. De la observación descuidada de este tipo de tapia se puede deducir erróneamente que se trata de una fábrica de ladrillo. Al apisonar la costra fluye por delante de las caras de los ladrillos, de manera que se presentan con grandes juntas y con sus caras vistas parcialmente recubiertas por el mortero (Ref. XII).

C) Tapias mixtas

Es la fábrica que, aunque incluya diferentes partes en sentido longitudinal, se levanta como una unidad dentro de los tapiales. La parte más resistente se sitúa en el extremo del tapial, se puede repetir el recurso en todas las tapias, en algunas de ellas, o en zonas especialmente conflictivas como son las esquinas o las jambas de los huecos.

C.1) Tapia entre machos o pilares

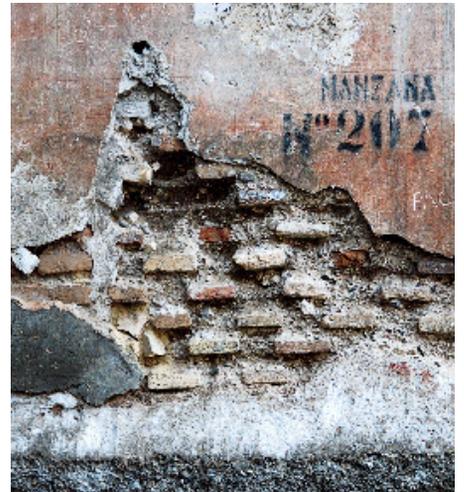
En este caso la tapia, de tierra o calicestrada, se construye entre machones (con verdugadas o no) de ladrillo, mampostería, adobe u hormigón. Estos refuerzos pueden manifestarse al exterior o bien quedar ocultos tras una costra que cubre todo el paramento;

10. Tapia calicestrada en el Castillo de los Vélez, en Mazarrón (Región de Murcia).

11. Este muro, que alguien podría confundir como de ladrillo, es una tapia valenciana en una casa, ya desaparecida, ubicada en la calle Ericas, de Murcia.

12. Lo que puede ser un antecedente islámico de la tapia valenciana, en una casa del siglo XIII, de Murcia.

11



12



Referencia XIII

6.7) P.C. Espinosa: "Lo más común es construir las tapias con rafas de cascote y yeso ó cal, que son machos interpuestos entre los cajones ó tapias que terminan por los ángulos inferiores del cajón en forma curva."⁶⁹

6.8) Los arquitectos Temes y Barrios hablan así de las brencas: "Brenca.- En el tapial, las jambas de los huecos se hacen de mampostería con mortero de yeso (brenca), y se construyen al mismo tiempo que el hilo de la tapia a que pertenecen. Las brencas protegen al tapial y sirven de apoyo a los cargaderos. También se hacen de mampostería las esquinas y encuentros de muros ..."⁷⁰

Referencia XIV

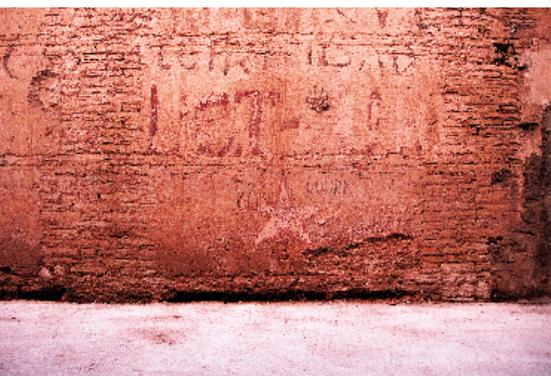
6.9) Fray Lorenzo de San Nicolás: "...Quatro formas de edificar, ó de cantería, ó mampostería con pilares de ladrillo, ó todo de ladrillo, ó de pilares de ladrillo con tapias de tierra, que en edificios angostos es buen modo de edificar."⁷¹

6.10) Juan de Villanueva: "... Los machos forman las cabeceras y ángulos, y sirven de gobierno y trabazón á la pared. Ajustanse y sujetanse los tapias fuertemente contra ellos con los garrotes que se les dan..."⁷²

Referencia XV

7.1) Basilio Pavón Maldonado recoge: "desde el punto de vista práctico de la construcción esas fajas de estuco ocultan las juntas horizontales y verticales dejadas por la horma... El falso aspecto de grandes sillares de los paramentos árabes... hizo que los viajeros musulmanes que describieron en la Edad Media las fortalezas de al-Andalus las tomaran como fábrica de piedra."⁷⁴

13. Tapia mixta: tapia calicestrada entre machones de ladrillo: los ladrillos también han sido colocados dentro del tapial, corresponde al Monasterio de Santa Clara la Real de Murcia. Nótese cómo con las sucesivas elevaciones del pavimento, la rasante se ha situado a una altura del muro que no está preparada para soportar la humedad y el agua de lluvia como si fuera un zócalo, lo cual va provocando su degradación.



pueden tener una continuidad vertical o bien quedar desplazados en cada hilada, puesto que, por una parte, constituyen el refuerzo lateral de cada módulo de tapia y, a su vez, cada tapia se desplaza con respecto a la inferior para conseguir juntas encontradas.

Muchas murallas andalusíes están fabricadas con este método: con refuerzo de hormigón de cal en el extremo de cada tapia, de manera que, al levantarse con juntas encontradas, los machones de hormigón se van alternando de hilada en hilada. Muros excavados en la Buhayra de Sevilla, muestran fábricas de este tipo con machones de ladrillo alternados, es decir, no constituyen pilares en el sentido estricto que hoy le daríamos a la palabra sino que son refuerzos de cada tapia.

C.2) Tapia con brencas⁶⁸ o rafas

Las brencas son refuerzos, generalmente confeccionados con mampostería, cascotes, cal o yeso, que poseen forma curva: anchos en su base y estrechos en la parte superior, se colocan en los extremos de la tapia, especialmente en esquinas y cuando se ha de disponer, desde su fabricación, un hueco en el muro. Unas veces se colocan en cada módulo de tapia, otras cada agrupación de dos o tres, otras sólo en las esquinas de los muros.

A veces tienen una continuidad vertical, otras van alternadas. También se pueden hacer corresponder con cada tongada, resultando una especie de costra que, en vez de cubrir el paramento y verse la sucesión de cuñas sólo en sección, ocurre lo contrario: se aprecian las cuñas en el paramento y forma un paramento continuo en el plano vertical de junta con el siguiente adobón.

Este tipo de refuerzo se puede observar ya en casas del siglo XIII, como son las de la ciudad abandonada de Siyasa, Murcia (Ref. XIII).

D) Fábricas mixtas

Suponen la combinación de dos tipos de fábrica: pilares de mampostería o ladrillo, u otros, entre los cuales se montan los tapias y se confecciona la tapia. La diferencia entre este modo de construir y el anterior estriba en que aquí se construye antes el refuerzo o estructura de primer orden, mientras que en lo que he llamado tapia mixta todo se confecciona a un tiempo dentro de los tapias, de manera que no hay dos estructuras, sino una sola con distintas capas (Ref. XIV).

ACABADO DE LAS TAPIAS

Éste es un asunto interesante y difícil desde el punto de vista de la restauración. Lo primero a tener en cuenta es la compatibilidad entre el material de revestimiento y el de la fábrica. Para que el primero no sea rechazado por el segundo ha de permitir el paso de la humedad de dentro hacia afuera y no ser demasiado rígido para poder acompañarlo en sus deformaciones.

En la mayoría de las ocasiones el mismo proceso constructivo dota de acabado a la tapia. El propio apisonamiento produce una lechada que fluye hacia el encofrado. Otras veces, en las tapias calicestradas, al mismo tiempo que se tapan los desperfectos o los huecos ocasionados por las agujas, se tiende una capa del mismo mortero por el paramento. El encalado también es un acabado popular, así como el revestimiento de barro con paja en el caso de las tapias de tierra. Cuando aparecen gruesos guarnecidos o enlucidos normalmente existe también un picoteado previo para mejorar el agarre.

Un caso particular lo proporcionan las fortalezas califales de Al-Andalus, donde al exterior se colocan unas fajas de revoco simulando las juntas de grandes sillares, con una técnica próxima al esgrafiado y que a veces puede reproducir motivos epigráficos. Tenemos ejemplos en Silves (Portugal), Puerta Elvira (Granada), El Vacar (Córdoba), Xivert (Castellón) (Ref. XV).

LA CONSTRUCCIÓN

Aunque el fundamento sea el mismo, existen lógicas diferencias entre las que podríamos llamar obra doméstica o popular y obra pública; si bien la distinción estaría, más bien, entre arquitectura de muros estrechos (hasta sesenta centímetros aproximadamente) y de muros anchos.

Construcción de muros estrechos

Es la que encontraremos en la mayor parte de viviendas y construcciones populares a lo largo de la historia.

Generalmente se parte de un zócalo o puntido, encofrado o no, realizado con el material más resistente a la humedad y a las salpicaduras.

Sobre aquél habrá que montar las agujas: de no haberse previsto los cajeados para alojarlas en la fábrica inferior, habrá, al menos, dos soluciones:

- Utilizar un tapial con rebajes donde encajar las agujas.
- Colocarlas entre una o varias hiladas de ladrillo o piedras planas.

Encima de las agujas se depositan los tapias, los cuales quedarán sujetos por los costales que se introducen en la aguja inferior, mientras que superiormente se atirantan mediante una cuerda, aguja o cadena.

Para evitar la caída hacia el interior de los tableros, se colocan los codales. El cajón se cierra por medio del cabecero o tapial extremo.

De tres a cinco personas intervienen en estos trabajos: uno o dos apisonan el material metidos dentro del cajón, el resto prepara la masa y la acarrea. En las Ordenanzas de Murcia del siglo XVI se diferenciaba entre tapiadores y pisones, aunque ninguno de ellos contaba con la potestad para dirigir la obra⁷⁵.

Conforme va subiendo la tapia se eliminan los codales. Una vez terminada se desmonta el tapial por orden inverso a como se armó, finalizando por sacar las agujas. Después se monta a continuación y se repite la operación.

Al construir el muro por piezas hay que cuidar que las juntas verticales no coincidan. Las esquinas, además de los recursos tradicionales de brencas y pilares, pueden reforzarse con maderas embutidas en la fábrica a modo de zunchos.

Construcción de muros anchos

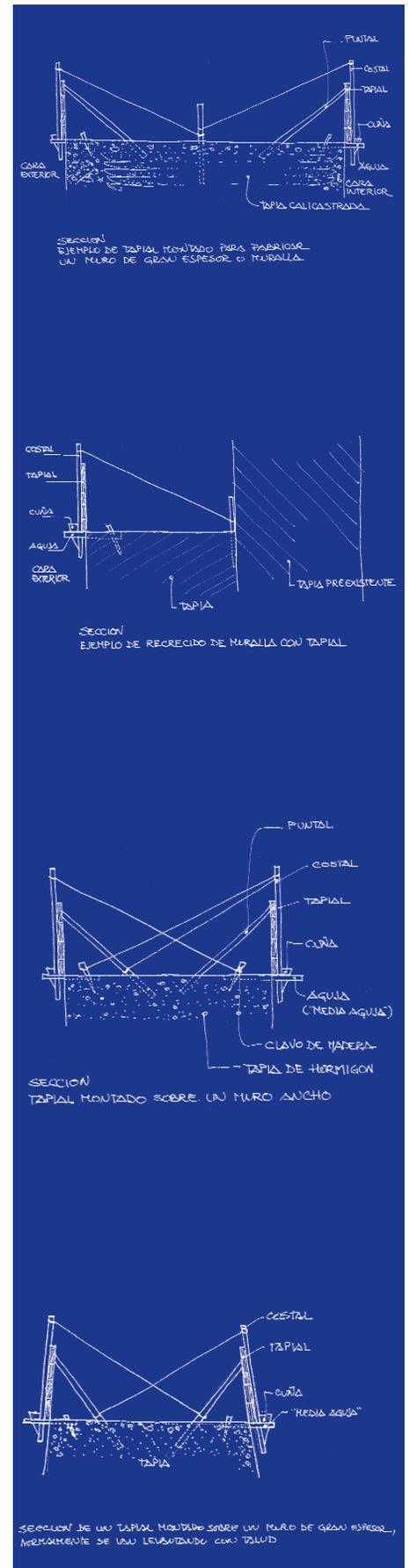
La construcción de muros de gran espesor, como es el caso de murallas y fortalezas, implica el uso de elementos y procedimientos especiales (aunque sigue valiendo todo lo expuesto anteriormente).

Aquí ya no basta con un albañil que posea un par de tapias, sino que se trata de un proceso sistematizado donde entran en juego multitud de personas, oficios y utensilios, organizados con precisión en aras de una rápida y eficaz ejecución donde, además, se aprovechan con economía los recursos que proporciona el entorno.

El encofrado corrido y el uso de accesorios del tapial no recuperables, como las "medias agujas" clavadas y perdidas en la masa, constituyen dos peculiaridades fundamentales de estas construcciones, en las que también podemos encontrar elementos empotrados para formar cadahalsos.

En muchas murallas se puede apreciar cómo las juntas verticales no son tales sino sólo la unión de unas puertas con otras, proporcionando la ocasión de medir los tableros en su total longitud. A la hora de las interrupciones del tajo también suelen aparecer, bastante espaciadas, unas juntas inclinadas que señalan como el trabajo se paró sin necesidad de compuerta extrema, la cual, de haber existido, hubiera precisado un tamaño aún mayor que los tapias debido al gran espesor de la fábrica.

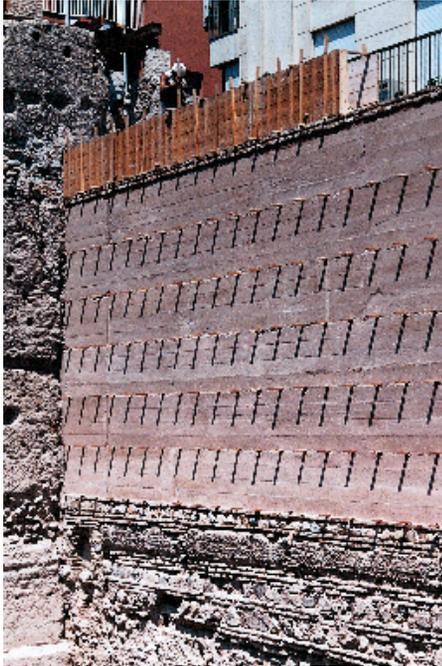
La excesiva longitud que necesitarían unas agujas pasantes y la dificultad de su extracción sin menoscabo de la fábrica, da lugar, como antes he dicho, al empleo de "medias agujas" de un solo uso que van a permanecer perdidas en el interior de la tapia. En las esquinas aparecen dos agujas dispuestas perpendicularmente una sobre otra, a veces se clavaban entre sí con clavos metálicos de





14

15



16



carpintero⁷⁶. Muchas de estas agujas cuentan con un orificio en su parte posterior donde se introducía un clavo también, generalmente, de madera; este elemento podía tener dos funciones: una, la de sujetar el travesaño a la masa, otra, la de servir para atar las cuerdas que, a modo de latiguillo, se atan a los costales par evitar el vuelco de los tapiales. Estas cuerdas, o sus huellas, perviven dentro de los muros y son visibles cuando acaece la ruina.

Debido a la considerable anchura de las tapias, no siempre resulta posible ni práctico la disposición de aquellos latiguillos diagonales (de aguja a costal): en ocasiones se pueden observar otras barras, o sus improntas, que, a modo de pequeños postes, debía quedar empotrados en la masa, en posición vertical u oblicua, sirviendo de puntos de amarre (véanse los dibujos).

El problema del vuelco del tapial hacia el exterior puede solucionarse según he descrito, pero aún queda la cuestión del vuelco hacia adentro. Esto es salvable mediante el empleo de puntales de madera, además de la posibilidad de clavar cuñas o clavos por la cara interior del tapial cuando se levanta sobre una rezarpa. Algunos accesorios enumerados son extraíbles pues, por ejemplo, el peligro de vuelco hacia adentro desaparece una vez que el relleno alcanza una altura; sin embargo hay otros, como las agujas, que una vez acabado el módulo se cortaban con azuela rellenando el mechnal, aprovechando la operación para arreglar otros desperfectos con el mismo mortero de costra, tendiéndolo en la superficie y dando lugar a un enlucido o revoco que no se diferencia del resto del material salvo por la falta de huellas de tablas.

Otra forma de afrontar la construcción de muros anchos sin que sea imprescindible la utilización de utensilios especiales; consiste en fabricar y combinar las tapias como si cada una de ellas fuera un ladrillo correspondiente a un muro de un pie, o más, de espesor. De esta manera cada módulo de tapia es más fácil de confeccionar, aunque el procedimiento sea menos rápido que con un encofrado total⁷⁷.

Construcciones accesorias

Además de su empleo como muros de carga, cerramiento o defensa, las tapias, principalmente aquellas cuyo principal ingrediente es la tierra, se han usado como cimbra o cerramiento provisional de arcos y puertas.

La capacidad de la tapia para horadarse, excavar o eliminarse sin quebranto una vez construida queda patente en numerosos casos: es normal encontrar en las murallas muchas torres que, siendo macizas en su base, fueron excavadas como cuevas para conseguir habitaciones. Un procedimiento habitual en la arquitectura popular consiste en fabricar muros ciegos para después practicarle los huecos.

Sobre el uso de la tapia como cimbra se pudo observar un ejemplo magnífico durante una excavación del Alcázar de la ciudad de Murcia, en el solar hoy ocupado por la Escuela de Arte Dramático: un arco apoyado sobre una tapia recortada servía de cimentación a unas dependencias; otro ejemplo lo tenemos en la Alquería de Fadrell (Castellón)⁷⁸; y en los arcos ciegos entre el presbiterio y la girola de la Colegiata de San Patricio de Lorca⁷⁹, donde además el muro sirvió de cerramiento provisional (hasta hoy).

RESTAURACIÓN DE OBRAS DE TAPIA⁸⁰

A continuación expongo el ejemplo de dos murallas en cuya restauración he tomado parte. Servirá para ilustrar lo dicho anteriormente:

1) La muralla islámica de Murcia en el tramo de Verónicas quedó al descubierto tras la demolición del convento del mismo nombre. En este caso la muralla, antemuralla, y la liza entre las mismas, se habían incorporado al edificio conventual y debido a la anchura de la cerca medieval ésta había sido reducida a la mitad. La fábrica original era de tapias mixtas de tierra calcastrada con una gran capa de hormigón por su lado exterior, con refuerzos de hormigón a modo de machos que se sucedían, en altura, alternados.

La muralla había sufrido reparaciones a lo largo de toda su historia, por medio de hiladas de piedra entre verdugadas de ladrillo, o sólo con ladrillo cuando las faltas de material eran más irregulares, es decir, había necesitado de reparaciones más o menos superficiales. Sin embargo ahora la actuación, promovida por el Ayuntamiento, tenía otro calibre, al faltarle una capa de más de un metro de espesor y desde la cota del suelo del monasterio hasta la coronación, pérdida que la dejaba totalmente desprotegida ante la intemperie. Con el fin de devolverle su valor, se optó por restaurar la obra de tapia con tapia, ya que la "capa" a añadir era tan potente como un verdadero muro: se realizó una tapia calicastrada (con mortero de cal grasa, natural, apagada por fusión durante años⁸¹) encofrada, en su mayor parte, a una sola cara, al mismo tiempo que devolvíamos a la muralla su presencia urbana, mostrábamos didácticamente su proceso constructivo.

Una cuestión discutible fue la decisión de dejar vistas las agujas que sostenían el tapial. El recurso de las agujas forma parte de la manera de construir como he explicado antes. Cuando se construye una muralla, de importante grosor, se usan agujas que, una vez desmontados los tapiales, se cortan a golpe de azuela (evidencia que permanece dentro de las murallas) y se recubren con mortero de costra para no dejar puntos débiles en una estructura que trata de ser inaccesible e indestructible. En nuestro caso, con un sentido didáctico y estético, optamos por no cortar las agujas que, efectivamente, se habían usado para sujetar los tapiales, aunque, a falta de mantenimiento, el tiempo y acciones incontroladas se encargarán de destruir.

La realización de la tapia se hizo disponiendo un encofrado corrido, por medio de varios tapiales, tal como debió construirse la muralla. Los tapiales tenían 2'5 m. por 0'85 cm., con muescas separadas 50 cm. entre ejes para asentarse encima de las agujas de 2x7 cm. (típicas de este tipo de construcción); las muescas permitían colocar la agujas sobre la tapia de abajo sin

hacer antes un cajeadado y sin dejar una franja inferior del muro sin encofrado.

El pretil y las reparaciones de la torre se hicieron enteramente con hormigón de cal. La cara norte de la misma muralla, donde no había existido esa extirpación de la mitad de su sección, se trató, como ya había ocurrido tras la conquista cristiana de la ciudad, con mampuestos y verdugadas de ladrillo. Este sistema, al menos en su pauta, se relacionaba con el módulo de la tapia, de forma que dos hiladas de piedra entre sendos verdugos de ladrillo coincidía con la altura de un tapial.

Durante 1996, se llevó a cabo otra intervención, promovida por la Comunidad Autónoma de Murcia, en la cara norte, que trataba de solucionar el encuentro de la muralla con la iglesia de Verónicas, edificio que, formando parte del monasterio utilizó la muralla como cerramiento o cimentación.

2) La muralla sur del Castillo de Monteagudo, junto a la ciudad de Murcia, fue objeto de dos intervenciones de emergencia por parte de esta Comunidad Autónoma:

a) En la primera de ellas, en 1995, se trató de aprovechar unos andamios que quedaron instalados años antes dentro de una actuación en colaboración con el I.N.E.M. que no llegó a finalizarse; por otra parte, se buscaban opciones al problema de la consolidación o reparación de murallas como éstas, de difícil acceso y con grandes pérdidas de masa.

Tratando de emplear una técnica coherente con la del tapial, y ante la imposibilidad de poder trabajar asentando piezas verticalmente, se optó por proyectar hormigón de cal usando las agujas del tapial y otras maderas longitudinales como armadura para sujetar y trabar el nuevo material al viejo. Al fin y al cabo se iba a recurrir a una especie de compactación, pero esta vez horizontal (cosa que también ocurre al apisonar la masa convencionalmente, debido a la coacción que ejercen los tableros). Fue una experiencia interesante: el hormigón de cal se almacenaba a setenta metros del lugar de proyección (preparado en amasadora), y allí se mezclaba con un cinco por

14. Un rayo deja al descubierto, en Siyasa, el verdadero color de una tapia, el paso del tiempo se encargará de entonar ese trozo descarnado. Obsérvese cómo los tapiales de la parte superior izquierda se han llenado parcialmente para igualar el nivel del muro con el de la torre.

15, 16. Aspectos de la restauración de la muralla de Verónicas.

17, 18 y 19. Evolución de la zona intervenida en el Castillo de Monteagudo.

17



18

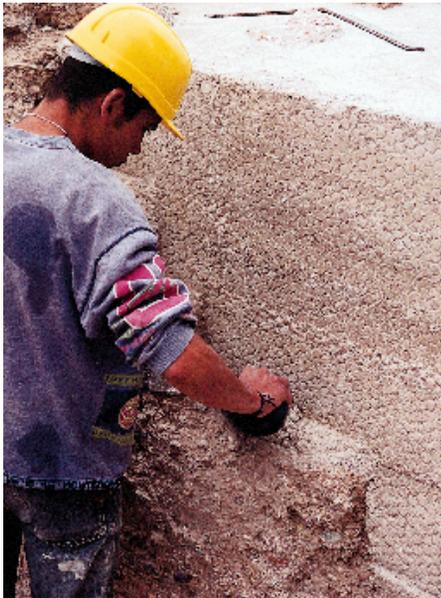


19





20



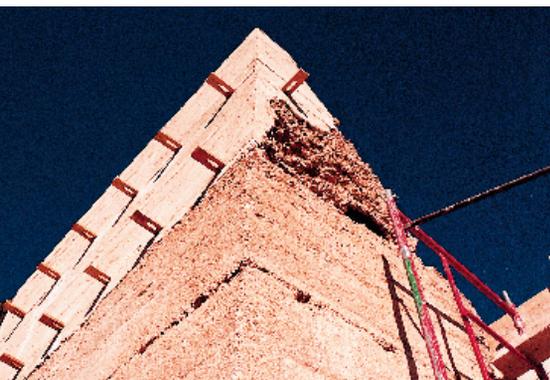
21

20. Castillo de Monteagudo: detalle del segundo tipo de actuación: se confeccionan tapias al modo tradicional.

21. Castillo de Monteagudo: cuando la nueva tapia, por alguna razón, queda rehundida con respecto al paramento original, se le da un acabado rugoso, con un recurso tan sencillo como es el empleo de una tela de gallinero pegada al tapial.

22. Castillo de Monteagudo: aspecto de las tapias durante la restauración de una torre, las agujas no son solamente un recurso estético sino también constructivo.

22



ciento de cemento blanco inmediatamente antes de su uso (para obtener una resistencia adecuada rápidamente y poder continuar con la proyección).

El material se comportó bien a pesar de múltiples dificultades, permitiendo arrojar capas de más de diez centímetros y sesenta ó setenta de envergadura total. Un gran problema del método reside en la dificultad para dominar el área de proyección, con el peligro de manchar zonas limítrofes, y otro en la cantidad de rechazo que se produce cuando no se puede dirigir el hormigón con un ángulo de incidencia adecuado.

En este caso las agujas se habían dispuesto como armadura y como referencia a la técnica, pero sólo con la longitud correspondiente a unas que, habiendo sido cortadas, hubiesen quedado al descubierto por la erosión; en este caso las cabezas de la agujas tenían un corte en uve, simbolizando el que produce el golpe de la azuela.

Aunque tenía previsto llegar a recuperar el plano correspondiente al paramento de la muralla, por razones imprevistas hubo que dar por finalizada la obra antes de llegar a ejecutar totalmente ese recubrimiento. Aún así, los recursos utilizados proporcionaban una imagen coherente: habíamos reparado las tapias quedándonos en una cara que equivaldría a una fuertemente erosionada con grandes, aunque uniformes, pérdidas de material. Resultaba, pues, coherente la aparición al descubierto de las agujas rotas.

b) La segunda ocasión se presentó un año más tarde. Esta vez se crearon grandes plataformas de trabajo y, teniendo en cuenta las potentes pérdidas de material, se rehicieron las tapias, unas veces encofrando a una cara y otras levantando la tapia entera, sin superar la altura de los restos conservados pero definiendo, al menos hasta esa cota, la geometría de las murallas.

Se realizaron con hormigón de cal con grandes piedras, cuando la tapia se confeccionaba entera se intercalaban tongadas de tierra entre las de hormigón.

En este caso, cuando se confeccionaba un

tramo con la suficiente entidad se utilizó, como en Verónicas, el recurso de las agujas vistas.

Cuando se trataba de construir o completar tapias que arrancan de un plano inclinado en sentido longitudinal, se comenzaba con mampuestos hasta alcanzar la altura donde se podía asentar un tapial entero (recurso utilizado también por los constructores de la fortaleza original).

Una cuestión importante para mí (con sentido negativo), fue la ausencia de excavación arqueológica paralela pues, si bien la actuación de más envergadura no la precisaba, por ser una intervención en su mayor parte "desde su cara exterior" y estar apoyada en las evidencias visibles; el traslado de la restauración, por necesidad, a la cara interior abrió interrogantes que se reflejaron en detalles de la terminación (si se presenta en otra ocasión la posibilidad de intervenir, se podrán rectificar o completar algunos puntos a la luz de la investigación arqueológica).

Reflexiones

Al estar escribiendo este artículo, he comenzado la restauración de otra obra de tapia: una torre del Castillo de Pliego (Murcia), aquí los muros conservados van a seguir ocupando la mayor parte de los alzados y nuestra intervención, aunque potente por necesidad, siempre será fraccionaria, por lo cual en las nuevas tapias (son necesarias, en mi opinión, para no perder el significado y la imagen de muralla andalusí) no se dejarán agujas vistas, aunque sí los mechinales de las agujas que empleemos, y no tendrán más sentido que completar la imagen de los muros que perviven.

Otra posible intervención que me ocupa es la del recalce de grandes macizos que han quedado volados (hasta límites increíbles) en el castillo de Santa Catalina o del Verdolay (Murcia): un cuerpo volado de 3x3 metros en planta, y siete tapias de altura, con una altura libre de más de 2 metros bajo el voladizo. En este caso pienso que no procede levantar tapias ni nada que se le

parezca, sino un elemento independiente con el significado de gran cuña o gran basa que va a sujetar otra obra situada encima. Cada caso es particular mas, para mí, siempre es importante destacar de una obra de tapia su sentido modular, la densidad y la tensión-compresión de sus paramentos; por eso, salvo en reparaciones muy puntuales, su restauración no me sugiere acabados tendidos o superficiales. Otro aspecto que destaca de las murallas de tapia, es su color. Normalmente presentan un característico tono ocre. Sin embargo, cuando por cualquier circunstancia se produce una nueva rotura o pérdida en el paramento (caso de un rayo caído sobre la fortaleza de Siyasa), podemos observar que su color es otro casi blanco. En ausencia de tratamientos superficiales pienso que el color se debe a la carbonatación y a la oxidación de posibles desencofrantes para impregnar los tapiales facilitando así una mejor reposición⁸²; otro caso se presenta cuando se trata de tapias de tierra en las que el color de éstas se encuentra tanto en la superficie como en el interior de los muros.

CONCLUSIÓN

Es apropiada la tapiería tanto para la construcción de obras humildes como para grandes y lujosas obras como la Alhambra. Se adapta a la escasez de medios al mismo tiempo que permite su aprovechamiento cuando son abundantes. Las tapias son durables y resistentes siempre que se respeten unas mínimas reglas y cuenten con un somero mantenimiento. Tienen gran capacidad para deformarse y adaptarse a nuevas situaciones.

La tapiería constituye una técnica presente en numerosos monumentos y construcciones populares de España, que se caracteriza, entre otras cosas, por la multitud de improntas que muestran su proceso constructivo, el cual resulta por esa razón, fácil de comprender. Creo que la técnica en sí misma supone un valor más a considerar dentro de la restauración de este tipo de edificios. 

Bibliografía

- ADAM, J.P. La construcción romana, materiales y técnicas. Editorial de los Oficios. León, 1996.
- ALGORRI, E. y VÁZQUEZ, M. "Rehabilitación del Castillo de Toral de los Guzmanes, León". Jornadas sobre restauración y conservación de monumentos. Ministerio de Cultura. Madrid, 1989.
- ALGORRI, E. "Tres soluciones en la restauración del palacio de Toral de los Guzmanes, León" en Informes de la construcción, vol.46, n° 434, 1994.
- ALMAGRO, A. y ORIHUELA, A. "La puerta Elvira en Granada y su reciente restauración", en Al-Qantara, vol.XIII, fasc. 2. Madrid, 1992.
- ALONSO PONGA, J.L. La arquitectura del barro. Junta de Castilla y León. Valladolid, 1989.
- ASENSIO ESTEBAN, J.A. "Arquitectura de tierra y madera en la protohistoria del valle medio del Ebro y su relación con la del Mediterráneo", en Caesaraugusta, n° 71. 1995.
- BAILS, B. Elementos de matemática. Tomo IX. Parte I. Que trata de la Arquitectura Civil. Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra. Madrid, 1796.
- Ed. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia, 1983.
- BARDOU, P., y ARZOUMANIAN, V. Arquitecturas de adobe. Ed. Gustavo Gili, México, 1986.
- BAULUZ DEL RIO, G., y BARCENA BARRIOS, P. Bases para el diseño y construcción con tapial. MOPT, Madrid, 1992.
- CHAZELLES, C.A. "Les constructions en terre crue d'Empúries à l'époque romaine". Cypsela, VIII. Girona, 1990.
- CÓRDOBA DE LA LLAVE, R. y MARFIL RUIZ, P. "Aportaciones al estudio de las murallas medievales de Córdoba, estructura y técnicas de construcción en el sector ronda del Marubial", en Meridies, n° 2. Córdoba, 1995.
- COROMINAS, J. y PASCUAL, J.A. Diccionario crítico etimológico Castellano e Hispano. Ed. Gredos. Madrid.
- DOAT, P., HAYS, A., HOUBEN, H., MATUK, S., VITOUX, F. (CRATerre). Construire en terre. Ed. Alternatives. Paris, 1979.
- ESPINOSA, P.C. Manual de construcciones de albañilería. Imprenta de Severiano Baz. Madrid, 1859. Ed. Real Academia Española. Madrid, 1991.
- FERNÁNDEZ BALBUENA, G. "La arquitectura humilde de un pueblo del páramo leonés". Arquitectura, año IV, n° 38, Madrid, 1922.
- FONT, F., y HIDALGO, P. El tapial, una técnica constructiva mil-lenaria. Editado por los autores, Castellón, 1991.
- FORNES Y GURREA, M. El arte de edificar. Imprenta de D. Mariano de Cabrerizo. Valencia, 1857. Ed. Poniente. Madrid, 1982.
- GARCÍA GÓMEZ, E. y LEVI-PROVENÇAL, E. Sevilla a comienzos del siglo XII: El Tratado de Ibn'Abdun. Biblioteca de temas sevillanos. Sevilla, 1981.
- GIL ALBARRACÍN, A. Arquitectura y tecnología popular en Almería. Ed. Griselda Bonet Girabet. Almería, 1992.
- GONZÁLEZ CASTAÑO, Juan. Bullas, introducción a su historia. Ed. Caja de Ahorros de Alicante y Murcia. 1984.
- GUTIÉRREZ-CORTINES CORRAL, C. Renacimiento y arquitectura religiosa en la antigua Diócesis de Cartagena. Ed. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos Murcia, 1987.
- HOUBEN, H. y GUILLAUD, H. (CRATerre). Traité de construction en terre. Ed. Parenthèses. Marseille, 1989.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, F.J. "Torre almohade. Casa del Obispo. Lorca", "Torre del Castillo de Cieza", "Yacimiento arqueológico de Medina Siyasa. Cieza", en Memorias de Patrimonio 92-93. Ed. Consejería de Cultura y Educación. Murcia, 1995.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, F.J. "Tres experiencias de intervención sobre obras de tapia, en Murcia", en Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación (III Congreso Internacional). Ed. E.M.Sebastián Pardo, I.Valverde Espinosa, U. Zezza. Granada, 1996.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, F.J. "Siyasa. Intervención en un yacimiento arqueológico", en Loggia, n° 1. Valencia, 1996.
- MIMO, R. Fortalezas de barro en el sur de Marruecos. Ed. Compañía Literaria. Madrid, 1996.
- OLCESE SEGARRA, M. Arquitecturas de tierra: tapial y adobe. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid. 1993.
- ORDENANZAS DE MURCIA. Impresas por Vicente Llofriú. Murcia, 1695. Ed. Academia Alfonso X el Sabio. Murcia, 1981.
- PALLADIO, A. Los cuatro libros de arquitectura. Imprenta Real. Madrid, 1797. Ed. Alta Fulla. Barcelona, 1987.
- PAVÓN MALDONADO, B. Ciudades y fortalezas lusomusulmanas. Ministerio de Asuntos Exteriores. Madrid, 1993.
- PLINIO. Natural History. Traducción de H. RACKHAM. Harvard University Press, 1968.
- REJÓN DE SILVA, D.A. Diccionario de las nobles artes. Imprenta de D. Antonio Espinosa. Segovia, 1788. Ed. Consejería de Cultura y Educación, ... Murcia, 1985.
- ROHMER, E. "Las construcciones en tierra: adobes y tapias, en la Comunidad de Madrid". En Navapalos 1987, III encuentro de trabajo sobre la tierra como material de construcción. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1990.
- SAN NICOLÁS, Fray Lorenzo de. Arte y uso de la arquitectura. Ed. Plácido Barco López. Madrid, 1796. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón. Zaragoza, 1989.
- TEMES, V. y BARRIOS, R. "La construcción del 'tapial' en la provincia de Albacete". Arquitectura, año XV, n° 175. Madrid, 1933.
- TORRES BALBÁS, L. Ciudades hispano musulmanas. Instituto Hispano-Arabe de Cultura. Madrid, 1985.
- VERA BOTÍ, A. "Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en la ciudad de Murcia". En Murcia Barroca. Murcia, 1990.
- VILLANUEVA, Juan de. Arte de albañilería. Impreso por D. Francisco Martínez Dávila. Madrid, 1827. Ed. Velázquez. Madrid, 1977.
- VITRUVIO, M.L. Los diez libros de arquitectura. Ed. Iberia. Barcelona, 1986. 

Notas

Advertencia: la referencia completa de los libros cuyos autores se citan, se encuentra en la bibliografía.

1. COROMINAS, PASCUAL, p. 410: "TAPIA, vieja palabra común a los tres romances hispánicos y a la lengua de Oc, y propagada desde España al árabe y el turco; supone un hispano-latino TAPIA de origen incierto, probablemente formado con TAP!, onomatopeya del apisonamiento... Ya los romanos se hicieron eco de las parietes formaceae como algo típico de Hispania, y así no es extraño que el nombre de esta invención hispana se extendiera con la cosa por tierras africanas. Ya menciona la tâbiya en el S. X el viajero oriental Abenhaulca en su descripción de España ...hemos visto que el primer musulmán que habla de la cosa la describe como típica de España, es vocablo ajeno al árabe clásico y a los escritores y diccionarios puristas, y si en romance fuese de origen arábigo difícilmente podría explicarse la -p-..."

Aunque para otros autores el origen es árabe: "*L'origine du terme est bien claire: tapial -ou tabia- est la transcription hispanique directe du mot tâbiya, attesté au Maghreb al-Aqsa et qui transparait sou la forme de toub en Ifrigiya; c'est le même mot qui, en pays occitan -tapia- désigne une même réalité, qui concerne moins le matériau lui-même que sa technique de mise en oeuvre*" : André BAZZANA "*La construction en terre dans Al-Andalus: Le tabiya*", Actas de la 7ª conferencia internacional sobre el estudio y conservación de la arquitectura de tierra, p.77, Silves, Portugal, 1993.

2. Plinio el Viejo (s. I d. C.) en su Historia Natural, libro XXXV, cita su antigüedad y fortaleza. En el s. I a. C. Vitrubio, aunque recoge las obras de tierra hechas con adobe no menciona para nada la tierra apisonada. Las referencias a Plinio son comunes en todos los tratados y textos que hablan de la tapia. Una traducción debida a GARCÍA Y BELLIDO, citado por GIL ALBARRACÍN, p. 90, reza:

"¿No hay en Africa e Hispania paredes de barro, a las que se llaman 'de molde', porque se levantan, más que construyéndolas, vaciándolas entre dos tablas, las cuales paredes duran siglos por ser inmunes a la lluvia, al viento, al fuego, siendo más fuertes que cualquier cemento? En Hispania aún están a la vista las atalayas de Hannibal y las torres de barro alzadas en lo alto de las montañas. También son de esta naturaleza los parapetos que se levantan para fortificar los campamentos y los diques que se oponen a la impetuosidad de los ríos".

3. Vid. CHAZELLES, pp. 101-108.

4. Vid. WARD-PERKINS, cap.III.

5. TORRES BALBÁS, p.557, al definir el tapial menciona los materiales con que se confecciona. En este caso, no se cita el material tierra debido, quizá,

a que se refiere a la fábrica de las murallas (aunque también pueden estar levantadas con tierra): "... se va rellenando con piedra-grava a veces con piedra de río- de mayor o menor tamaño y mortero de cal, echado por capas o tongadas bien apisonadas."

6. VILLANUEVA.

7. MIMÓ, Roger. Su referencia a Laoust, corresponde a "*L'habitation chez les transhumants du Maroc central*" Hespéris, tomo XVIII, 1934, p.113.

8. R. ACADEMIA ESPAÑOLA, Dicc. de la Lengua Española, Madrid 1992: "Tapia: Cada uno de trozos de pared que de una sola vez se hacen con tierra amasada y apisonada en una horma. 2. Esta misma tierra amasada y apisonada. 3. Pared de tapias". "Tapial: Molde de dos tableros paralelos en que se formas las tapias. 2. Trozo de pared que se hace con tierra amasada y apisonada."

MARÍA MOLINER, Dicc. de uso del Español, Gredos, Madrid 1988: "Tapia: Pieza grande de tierra amasada y seca, empleada para hacer muros. 2. Pared hecha con estas piezas." "Tapial: Tapia. 2. Molde constituido por dos tableros sujetos a una cierta distancia uno de otro mediante las agujas y los costales, que se emplea para hacer las tapias."

9. MARTÍNEZ CARRILLO, Mª de los Llanos; "Casa, Barraca y Palacio en la baja edad media murciana" Anales de Prehistoria y Arqueología 1989-90, Univ. de Murcia, p.197. Cita del Act. Cap. Concejo Murcia, 1427, fol.24 (30-8-1427).

10. VILLANUEVA, p.4.

11. REJÓN DE SILVA, Diego Antonio.

12. Aún hoy día, una buena parte de la población mundial vive en casas de tierra.

13. "La observación de un terreno cortado á plomo por una hendidura de la tierra, por un arroyo ó rio les determinaria á formar paredes de tierra ...". VILLANUEVA, p. 5.

14. Vid. nota 1. Por otra parte, expresiones como "estar más sordos que una tapia" hacen referencia al sonido del pisón sobre la tierra.

15. VILLANUEVA. cit. p. 8.

16. P.I.E.T.70, Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja, Madrid, 1971, p. 121.

17. NAVARRO, Nelson, publicación de *Habiterra: Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social*, "estabilización de suelos", 1er. curso de Diseño y construcción con tierra, Bolivia, 1995.

18. "... Se labran comunmente las cercas de tierra sola, ó de tierra mezclada con granzones picados, y muy apisonados dentro de los tapiales, cuya fábrica, quando está bien hecha y es de tierra á propósito, suele ser tan sólida como la de mampostería ...". BAILS, Benito (s.XVIII), Elementos de Matemática, Tomo IX, Parte I, Que trata de la Arquitectura Civil; edición hecha por el COATM, 1983, facsímil de 2ª edición, Madrid, 1796, p.265.

19. En la ciudad andalusí abandonada de Siyasa,

Murcia, o en el palacio de Toral de los Guzmanes, León, se rehicieron tapias con su propia tierra. Vid. ALGORRI, y VÁZQUEZ, y LÓPEZ MARTÍNEZ.

20. No es rara esta afirmación si pensamos que con esta adición la mezcla puede ganar en propiedades hidráulicas y que la venta de cenizas era algo cotidiano: Ibn'Abdûn escribe hacia finales del XI o principios del XII, menciona las cenizas junto a otros materiales: "El yeso se venderá por medidas, y lo mismo la ceniza y la cal ...". GARCÍA, p. 119.

21. FERNÁNDEZ BALBUENA, dice: "Exige la <tapería> disponer de un buen <armaje> completo, ..." (p.231), "... y para hacer el apriete del armaje útil será preciso tener <pinas> de negrilla secas y clavos como los de antes ..." (p.232).

22. Denominación propia de Andalucía oriental.

23. La palabra <cajón> se emplea tanto para designar al conjunto del encofrado como al trozo de muro fabricado dentro del mismo, (Villanueva); también se llama cajón, y puede inducir a confusión, el paño de mampostería que se fabrica en medio de pilares y verdugadas de ladrillo.

24. Así lo he podido ver en la Alhambra de Granada, Castillo de Feli, Torre de Mena en Lorca, Castillo de Pliego, en el muro de contención de un alcorque de una casa medieval islámica en Murcia, etc.

25. La evidencia del uso este tablero se advierte cuando aparece en el paramento de un muro por una parte la hendidura del barrote vertical, y en el extremo opuesto la columna de las cabezas de los clavos.

26. TORRES BALBÁS, p.560, recoge: "Las tapias de la muralla de Sevilla tienen 2'25 por 0'84. En las fortalezas hispanomusulmanas las medidas corrientes son de 82 a 85 centímetros, un codo de unos 42 centímetros. Es decir, la tapia venía a tener 835 milímetros y 9 décimas, equivalente a una vara."

PAVÓN MALDONADO, p. 92 coincide: "Todas estas tapias tienen una altitud comprendida entre 72 y 87 centímetros, dimensión propia de las tapias hispanomusulmanas, si bien en ellas a veces llega a registrarse la dimensión 0'60 metros, principalmente en las murallas granadinas e los siglos XI y XII". La medida de una vara (835'9 milímetros), está comprendida entre 70 y 90 centímetros, las he podido medir de 1'10 metros en la base de la muralla medieval de la ciudad de Murcia y de 1'17 metros en la base del castillo del Verdolay (V. tb. nota 59).

27. VILLANUEVA, p.25.

28. ESPINOSA, P.C., 1991, p.291.

29. JALDÚN, Ibn, traducción de J. Féres, Fondo de Cultura Económico, México, 1987, p.721.

30. Carta de 1347, de Ruy Chacón, Comendador de Caravaca, comprometiéndose a construir una fortaleza en Bullas. TORRES FONTES, p.166.

31. Ordenanzas de los albañiles, aprobadas por el Ayuntamiento de Murcia el veintinueve de agosto de 1592, impresas, dentro del conjunto de *Ordenanzas*

- de la ciudad, el campo y la huerta de Murcia, en 1695 por Vicente Llofriu, p. 53, edición facsímil de la Academia Alfonso X el Sabio, Murcia 1981.
32. FERNÁNDEZ BALBUENA, p. 232.
33. FLORES, Tomo III, ed. Aguilar.
34. TEMES, y BARRIOS. También los llega a nombrarlos así VILLANUEVA, p. 25.
35. Recogidos tb. por GIL ALBARRACÍN, p. 90.
36. Este nombre se usa en Castilla la vieja y se recoge por BAULUZ DEL RÍO y BARCENA BARRIOS.
37. En la ciudad andalusí de Siyasa aparecen tabiques de mampuestos realizados de esta manera. En Moratalla, Murcia, he oído a albañiles que habían levantado tabiques con la tabla del pan".
38. FLORES; TEMES, V. y BARRIOS.
39. VILLANUEVA, p. 25.
40. Es normal encontrar en tapias de murallas medievales las agujas de madera conservadas en su interior, en el caso de las murallas andalusíes que conozco estas agujas tienen una sección de 1'5 x 6'5 cms. aproximadamente y son cortadas-rotas con azuela de manera que no presentan un corte limpio sino quebrado. Aunque en un primer momento no debieron manifestarse al exterior, con el tiempo la misma madera al hincharse provocaría la rotura y desprendimiento de su revestimiento.
41. El término "cárcel" es el que más he encontrado para designar al conjunto de dos costales y dos agujas. Sirve de ejemplo la cita de VILLANUEVA, p.25: "Ármense y colócanse á los gruesos que se quiere por medio de dos cárceles, ó digamos aros ...".
42. Recogido por FERNANDEZ BALBUENA, p.232: "unas <capillas arregladas>, macho y hembra, cuatro por juego de puertas ... colocar ahora las capillas sobre el tapial ya construído ..."
43. También es normal encontrar las cuerdas o sus improntas, cruzadas en diagonal, en el interior de los anchos muros de fortalezas y cercas de ciudades.
44. El método ha continuado utilizándose hasta CRAterre. Construire en terre. Éditions Alternatives, París, p. 24.
45. VILLANUEVA, p.25.
46. Vid. OLCESE SEGARRA, pp. 140, 141.
47. VILLANUEVA, p. 27.
48. "La proporción de agua óptima, PAO, para la mezcla del hormigón de tierra, es la cantidad de agua necesaria para lubricar las partículas del suelo y permitirles desplazarse al interior de la masa": BARDOU, ARZOUMANIAN, p.12.
49. "...Era habitual en las operaciones de apisonado de las tierras, cuando ésta estaba algo húmeda y se producía un barro líquido, echar unos adobes en el centro del tapial que absorbían inmediatamente el exceso de humedad" OLCESE SEGARRA, p. 64.
50. Para éste dato y otros aspectos técnicos en general, se puede consultar HOUBEN, y GUILLAUD.
51. "L'essai Proctor est réalisé en principe sur la fraction de terre qui passe au travers du tamis 5 mm mais on peut tolérer des grains de taille allant jusqu'à 25 mm. Un échantillon de terre dont on connaît la teneur en eau (...) est placé dans un moule standard cylindrique (...). Le compactage se fait en trois couches d'épaisseur égale et de façon égale sur toute la surface des couches avec un poids normalisé tombant d'une hauteur déterminée vingt-cinq fois. Chaque opération terminée, on pèse le moule et l'échantillon et l'on porte les résultats sur un diagramme Proctor en une courbe passant par les points expérimentaux. Sur cette courbe, on peut lire la rd max et la T.E.O. -la teneur en eau optimale-". HOUBEN, y GUILLAUD, p. 68.
52. Lo que caracteriza la tapia no es el material sino su puesta en obra, constituida principalmente por el encofrado y la compactación. Un ejemplo ilustrativo es el Teatro Municipal de Balaguer obra del Estudio MIRALL, publicado por el C.O.A.C. de Barcelona, en *Soluciones Constructives*.
53. Vid. referencia 2.3
54. Este tipo de pisón, diseñado por el profesor J. Borges, de la Facultad de Arquitectura de la Univ. de los Andes, Venezuela, me lo mostró el autor dirigiendo la construcción de unas tapias experimentales en Navapalos (Soria), en el verano de 1996.
55. VILLANUEVA, p. 27.
56. INSTITUTO EDUARDO TORROJA, p. 145.
57. FERNÁNDEZ BALBUENA, p. 230.
58. Muchas debían ser las casas levantadas con esta fábrica en Murcia. Quizá por su vulnerabilidad ante las inundaciones, las Ordenanzas de la ciudad de 1592 prohibían su uso en las calles de Murcia y sus arrabales. Op. cit. p. 53. (Vid. referencia 6.4).
59. SAN NICOLÁS, cap. LXXV: "Si el concierto de todas estas, o demás medidas, fuere por tapias, es de advertir, que en esta tierra hay dos géneros de tapias, que es tapia Real y tapia común. Tapia Real es la que tiene ciento y cincuenta pies cúbicos, y así ha de tener diez pies de largo, y tres de alto, y cinco de grueso ó de alto (...) Otra es la común, que ha de tener cincuenta y cuatro pies cúbicos, o cuadrados, porque tiene seis pies, tres de grueso, y tres de alto... Fuera de estos dos géneros de tapia, hay otro que es superficial, que es el que pertenece á los jaharros y blanqueos. Esta tapia también se llama tapia Real, y tiene cincuenta pies superficiales; porque tiene diez pies de largo, y cinco de alto."
60. PALLADIO.
61. VILLANUEVA, pp.36, 37.
62. Vid. n. 50
63. SAN NICOLAS, pp. 86, 87. BAILS p. 209 recoge esta cita y otras referencias a Fray Lorenzo.
64. ORDENANZAS DE MURCIA, p.53.
65. Ibídem, p. 56.
66. Aparece esta fábrica en muchos edificios de Valencia, como son el Almudí, convento de la Trinidad, San Miguel de los Reyes, Colegio del Patriarca, etc. En Murcia también está presente en casas torre de la Albatallía y del Rincón de Seca, Convento de la Merced, Convento de la Trinidad, Convento de Agustinas. Un antecedente de este tipo de construcción puede ser la tapia de tierra con medios o fragmentos de ladrillo en sus caras, bienrestos de casas medievales de la ciudad de Murcia.
67. SAN NICOLÁS, p. 87. (Recogido también por Benito BAILS en el XVIII).
68. El término <brenca>, aunque muy usado, no se encuentra en tratados de construcción.
69. ESPINOSA, P. C., p. 293.
70. TEMES, V. y BARRIOS, R., p. 298.
71. SAN NICOLÁS, Fray Lorenzo, p. 86.
72. VILLANUEVA, p. 28.
73. "<Fleur de pisé> (couche superficielle fine résultant du refoulement des particules fines contre la banche lors du damage)" GUILLAUD, Hubert, arquitecto de CRAterre, mencionado en el artículo "Les constructions en terre crue d'Émpiries à l'époque romaine", en Cypsela, VIII, 1990, Girona, p. 107.
74. PAVÓN MALDONADO, p.16.
75. "...se ordena, y manda, que ningun tapiador ni pison pueda tapiar en manera cualquiera obra que sea, donde no huviere maestro examinado, que la tenga a cargo, y la vea, y se halle presente al tapiar, para que vaya con la perfección que conviene ..." ORDENANZAS DE MURCIA, op. cit. p.55.
76. En la torre mayor del Castillo de Pliego (Murcia) varios mechinales de esquina que habían perdido sus agujas mostraban clavos de hierro en su posición al quedar la cabeza y la punta empotradas en el muro.
77. MIMO, R., recoge la técnica: "Para levantar fortalezas de una solidez extraordinaria existe un sistema llamado sogá y tizón, que consiste en colocar los bloques de tapial entrecruzados unos con otros, formando torreones macizos y muros de dos o tres metros de grosor". También en la fortaleza de Pliego (Murcia), aparecen muros formados por dos tapias colocadas a sogá y otras intercaladas a tizón.
78. En FONT y HIDALGO, p.32. aparece una foto de este muro.
79. La existencia de dichos arcos fue objeto de conflicto en el siglo XVI, cuando se planteó la conveniencia de derribar la tapia para dejar los arcos de comunicación entre la Capilla Mayor y la Girola de la Colegiata. GUTIÉRREZ-CORTINES, p.223.
80. ALMAGRO y ORIHUELA, pp. 505-535. ELGORRI. GUARNER, pp. 57-62. LÓPEZ MARTÍNEZ, pp. 379-383.
81. La confección de este mortero o argamasa es importante que se realice con amasadora.
82. Estas ideas son suposiciones, si bien he hecho experimentos con tratamientos naturales que con el tiempo remedan el color de la tapia adyacente 