

breve

HISTORIA

de la madera en la construcción (II)

JUSTO GARCÍA NAVARRO, DR. ARQUITECTO. PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
EDUARDO DE LA PEÑA PAREJA, ARQUITECTO

De Roma a la Baja Edad Media

Etruria

A pesar de que el pueblo etrusco dominara desde muy temprano el trabajo de la madera y la construcción de los armazones de techumbre de origen fenicio, reservaron estas estructuras para los templos, mientras que sus viviendas las resolvieron siempre a un agua, incluso cuando tenían que cubrir una doble crujía con desagüe a dos vertientes, pues en esos casos elevaban el muro central para evitar la cumbre común. Pero la característica más propia de la casa etrusca fueron, sin duda, las dos vigas paralelas que soportaban la cubierta del *atrium* y permitían que, a diferencia de las viviendas griegas, las esquinas del patio pudieran resolverse sin columnas; los pares de la cubierta inclinada del *impluvium* apoyaban en los muros perimetrales y en dichas vigas. Esta estructura se conocía, en tiempos de los romanos, como *cavaedium tuscanicum*. Sobre los pares de madera se colocaba el tablazón continuo que debía recibir la teja cerámica plana con cobija.

Otra diferencia frente a la construcción griega se encuentra en las cubiertas de los templos. Mientras que los griegos apeaban los pares de la cubierta en pequeños pilares de madera que a su vez descargaban en una viga horizontal sin función de tirante, en los templos etruscos y romanos el soporte de la cubierta estaba constituido por una auténtica estructura de cuchillos planos de pares y tirantes, muy próximos unos de otros (unos 50 cm), arriostros mediante tablillas longitudinales sobre las que se colo-

caba la tablazón continua. Puede hablarse ya de tirantes pues el tipo de apoyo de las correas sobre ellos evidencia una intención de hacerlos trabajar a tracción.

Roma

Los romanos decidieron, por motivos eminentemente prácticos, seguir resolviendo la cubierta de la casa señorial o *domus* de la misma forma que la casa etrusca, es decir, elevando los muros para apoyar, a un lado y a otro, los pares de las cubiertas a una sola agua. Sin embargo, a diferencia de los etruscos, recuperaron las columnas en las esquinas del patio para apoyar las cuatro vigas perimetrales en las que descargaban los faldones de la cubierta del *compluvium*. De esta forma renunciaban al *cavaedium tuscanicum*, tras comprobar que las dos vigas que atravesaban el patio y sobre las se apoyaba la cubierta eran el elemento más caro de toda la estructura.

Las cubiertas de los templos y otros edificios de menor entidad (casas de pisos *-insulae-* y algunas basílicas al principio) se resolvían mediante las estructuras trianguladas de madera experimentadas ya por los etruscos, aunque hay que señalar la falta de restos o documentos que podrían facilitar su descripción¹. Vitrubio definió los elementos componentes de la armadura elemental para las carpinterías de gran alcance: dos *pares o alfordas*, inclinadas según las pendientes de las vertientes y unidas entre sí en la parte superior, y una *entrecinta o tirante*, que recibía el pie de los pares. El empleo generalizado de la

cercha puede considerarse, por tanto, como una auténtica aportación romana, en la que todos los elementos están sometidos a solicitaciones simples de tracción o de compresión, y los muros de apoyo solo soportan una carga vertical equivalente al peso de la cubierta, pues el tirante absorbe todas las componentes horizontales del empuje. Tampoco el evidente peligro ante la posibilidad del incendio pasó desapercibido para los romanos. Uno de los recursos que idearon consistió en sustituir la cercha de madera, cada dos o tres tramos, por un arco diafragmático de hormigón y ladrillo, destinado a funcionar como cortafuegos.

Pero el empleo de la madera por parte del imperio cedió ante las posibilidades del hormigón y las cubiertas abovedadas, que se aplicaron para cubrir todo edificio monumental; puesto que los armazones podían apoyar directamente sobre las bóvedas, su estructura mecánica fue perdiendo importancia (como ocurrió también en los templos cristianos a partir del románico) hasta perderse. En ocasiones, incluso, se resolvían sin ningún armazón superior de madera, pues se colocaba la teja directamente sobre la piedra, con las necesarias adaptaciones de pendientes. La experiencia adquirida en armazones de madera quedó relegada a los apeos y otros elementos auxiliares, especialmente las cimbras que daban forma a estas bóvedas, y que se formaban con dos arcos de círculo de madera sólidamente triangulados y unidos por un tablado semicilíndrico *-manto de la cimbra-*.

El relevo lo tomaron entonces las ba-



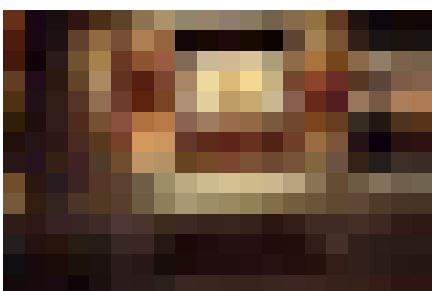
TEMPLOS ETRUSCOS



REPRESENTACIÓN DE EDIFICIOS ROMANOS EN LA COLUMNA TRAJANA



IMPLUVIUM EN HERCULANO



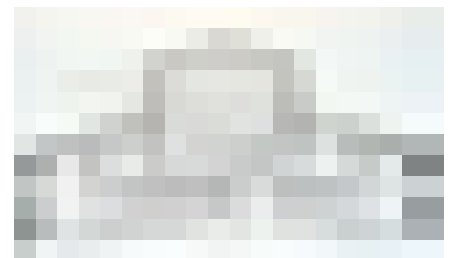
IMPLUVIUM EN POMPEYA



VIVIENDA EN POMPEYA



SANTA SABINA (ROMA (422-432)



PRIMITIVA BASÍLICA DE SAN PEDRO DEL VATICANO (AÑO 333) ABAJO Y SECCIÓN TÍPICA DE UNA BASÍLICA PELOCRISTIANA (ARRIBA)



sílicas paleocristianas construidas en territorio del imperio durante los siglos IV-VI, que llevaron a cabo el mayor desarrollo de este tipo de estructuras antes de que se perdieran en la época de las invasiones bárbaras.

Basílicas paleocristianas

La basílica paleocristiana, que había tomado su tipo de la basílica romana, conservó la estructura vista de madera como medio para cubrir sus naves, también cuando en Roma llegaron a imponerse las bóvedas de piedra. Esto permitía una serie de particularidades expresivas responsables de la creación de un nuevo tipo arquitectónico propio del cristianismo; el hecho de que estos ligeros armazones no transmitieran empujes a los muros hacía posible entender los muros como paredes mínimas llenas de ventanas y apoyadas sobre columnatas articuladas, incapaces de absorber esfuerzos distintos a los gravitatorios. Sin ser nuevo este sistema, sí hay que destacar las aportaciones determinantes de su evolución debidas a estos edificios.

Las cerchas empleadas en la nave central tenían siempre dos vertientes, y fueron fundamentalmente de dos tipos: de simple y de doble pendolón².

Las primeras contaban con un solo jabalcón -pieza inclinada- a cada lado del pendolón -pieza que unía verticalmente los tirantes con la parte superior de los pares-. Con este ingenioso sistema, el pendolón recibía una tensión vertical contraria a la gravedad, que se aprovechaba para aliviar la flexión natural del tirante. En muchos casos el tirante se constituía por dos palos que marchaban paralelos, cuya separación quedaba determinada por el grosor de los pares y del jabalcón, que quedaban por tanto aprisionados entre los dos elementos.

Las segundas tenían dos pendolones que trabajan a compresión y descargaban en el tirante dividiéndolo en tres partes iguales en su longitud; además se establecía un atirantamiento interno mediante un puente o elemento horizontal que unía los pares de la armadura justo en el punto de arranque de los pendolones, punto que solía localizarse a un tercio de la altura del armazón.

En todos los casos, la armadura entregaba la carga al muro a través de una zapata prolongada que acortaba la luz de flexión del tirante. Aunque la mayoría han sido ya ocultadas con artesonados planos³, estas estructuras se decoraban profusamente con pinturas de colores brillantes y dorados, y además servían para colgar de ellas las lámparas.

La nave central de la primera basílica de San Pedro, de 24 m de ancho, lucía armaduras de simple pendolón. Además, las naves laterales de esta misma basílica estaban formadas por medias armaduras con una pieza inclinada o *tornapunta*, con lo cual ya a finales del s. IV se tenían todos los elementos de las armaduras trianguladas, y apenas habrá perfeccionamientos posteriores⁴.

La mejor estructura de cubierta, por sus dimensiones y su organización, debió de ser la de San Pablo Extramuros, destruida por el fuego en 1823 y reconstruida con fidelidad al original en 1854. Su nave central estaba resuelta mediante armazones de doble pendolón con puente, doble atirantamiento y apoyos sobre zapatas saledizas.

Baja Edad Media

Con la caída del imperio y la ruralización de la sociedad, la transmisión de la tradición constructiva fue muy irregular, sobre todo en los comienzos de la Edad Media. A veces se observa incluso la intención de imitar formas constructivas sin comprender su funcionamiento, de manera que se producían obras menos audaces y más toscas.

Un ejemplo paradigmático lo constituye la iglesia de San Juan de Baños de Cerrato (s. VII). Como ya había quedado instaurado desde la cultura grecorromana en los templos y otros edificios monumentales, la madera quedaba reservada para la cubierta, de doble vertiente. La estructura leñosa que la soporta responde solo aparentemente a la tipología de pares y tirantes. Las cabezas superiores de los pares son recogidas por una *hilera*, también de madera, que se sitúa bajo la cumbrera de la cubierta, pero las inferiores descargan directamente en el muro, que debe hacer frente a los empujes (no muy grandes, pues la cu-

bierta es ligera) con el peso de sus sillares. Los supuestos tirantes horizontales no cierran el armazón; de hecho, se colocan solo bajo los pares alternos. Su función es más bien la de arriostrar la coronación de los muros de la nave central.

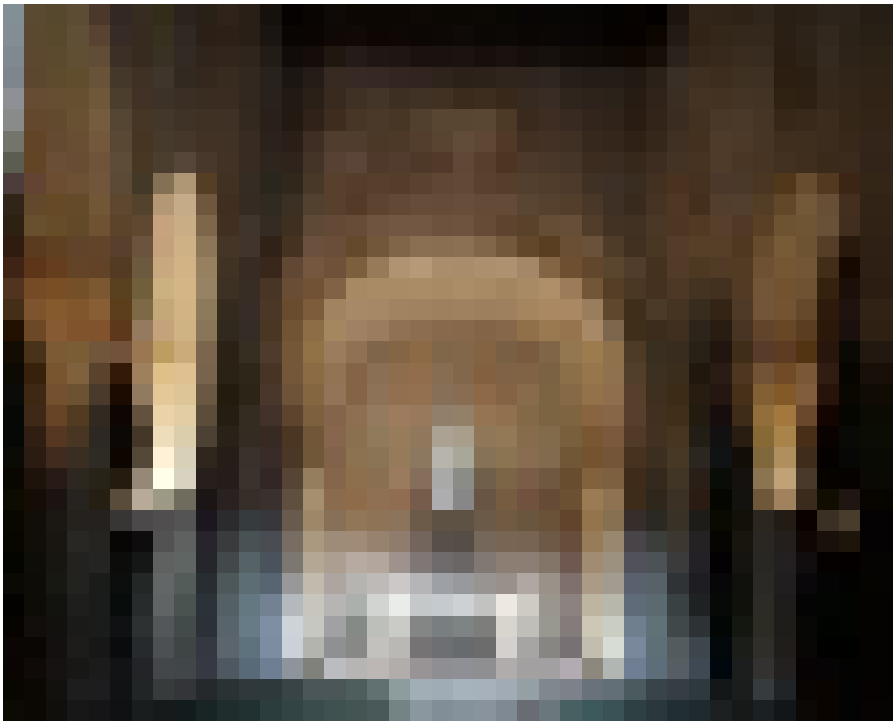
Las primeras iglesias románicas tampoco presentan grandes aportaciones. Los caballetes de cubierta son muy simples y cuando hay triangulación se debe más bien a la necesidad de acoplar las pendientes a la coronación de los muros de las naves, sin que sea posible asegurar que se debiera al conocimiento de la indeformabilidad del triángulo y sus ventajas. En algunos casos las vigas se colocan paralelas al eje de la nave, lo que requiere una mayor compartimentación transversal del espacio aunque con ello se eliminaban prácticamente los empujes laterales.

Pero llegó el momento en el que se sustituyeron, de manera generalizada en todo el área geográfica de influencia románica, las cubiertas de madera por las bóvedas de piedra, en lo que constituyó la auténtica revolución románica en el ámbito de la construcción. De esta forma, la madera desaparecía prácticamente de las cubiertas de los templos, después de un largo camino continuador del que se había iniciado ya en los templos griegos, y que tuvo su mejor momento en la época de las basílicas paleocristianas.

Cultura musulmana

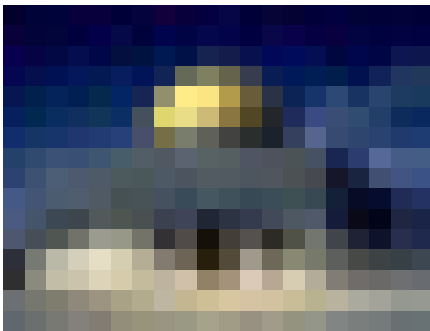
Merece la pena detenerse en algunas consideraciones acerca de las mezquitas, pues el resto de edificaciones, especialmente las residenciales, apenas aportan algo a lo ya expuesto sobre viviendas en zonas desérticas.

El problema propio planteado por la arquitectura religiosa islámica era el de cubrir una gran superficie con un techo horizontal, que debía mantener en la medida de lo posible la misma altura en todos sus puntos. Frente a la disposición jerárquica de las naves de la basílica cristiana, la mezquita debía expresar la indiferenciación de todo musulmán postrado ante Alá. Pero al mismo tiempo esa cubierta horizontal debía encontrar la forma de



SAN JUAN DE BAÑOS DE CERRATO (SIGLO VII)

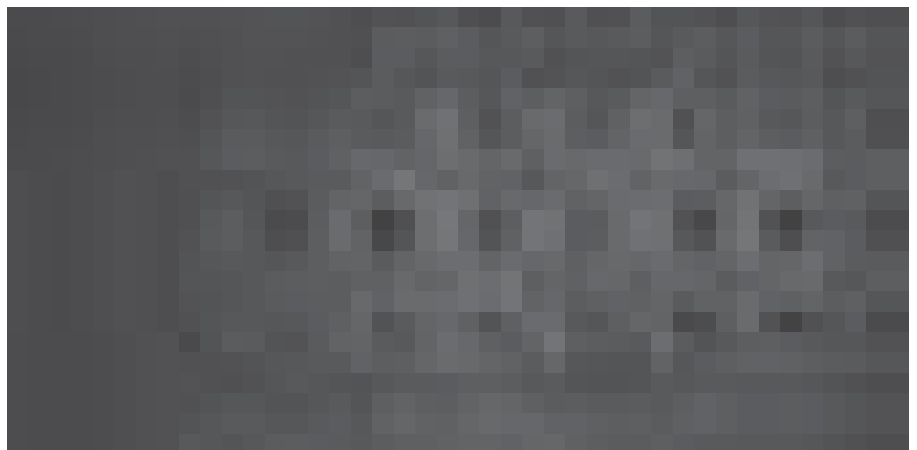
MEZQUITA IBN-AÑ-ARABI, DE DAMASCO



CÚPULA DE LA MEZQUITA DE LA ROCA EN JERUSALEM



ARTESONADOS EN LA ALHAMBRA



evacuar el agua de lluvia, de manera que optaron por colocar "acueductos romanos" paralelos a la distancia conveniente, cuyas columnas, por tanto, y a diferencia de los templos griegos, ya desde el principio fueron de piedra, en ocasiones traídas de otros edificios. Entre los acueductos montaron los caballetes de madera que ya conocían a través de las basílicas sirias de tradición constructiva romana.

Los armazones de la Gran Mezquita de Damasco, por ejemplo, separados unos de otros 1,80 metros, constan de un tirante formado por vigas pareadas de 12 metros de longitud y pares con una vertiente de 45°; el conjunto está triangulado con los montantes y jabalcones correspondientes. Cada armazón se apoya en unas zapatas conformadas por unas ménsulas de madera que vuelan un cuarto de luz de la viga, cuyo trabajo a flexión queda notablemente reducido. Las correas horizontales que descansan sobre los caballetes se encuentran muy próximas entre sí, de manera que constituyen un denso arriostramiento.

Entre los edificios civiles, la Alhambra siempre constituye una referencia cercana e imprescindible. En cuanto a las cubiertas hay poco que decir: no hay grandes luces y la madera se limita a conformar una pendientes uniformes sobre las complejas estructuras decorativas tan bien conocidas. Sí es más relevante el empleo de vigas de madera para la formación de forjados de pisos, cuyas cabezas son recogidas por vigas de cajón hechas con tableros de madera, conformando así unas vigas aligeradas que apoyan sobre elementos verticales de ladrillo unidos por los correspondientes arcos y celosías; estas vigas huecas demuestran ya la existencia de conocimientos acerca de los tipos de solicitaciones.

Por último, es de destacar la formación de cúpulas con armazones de madera. La Cúpula de la Roca consta de un doble entramado de madera rigidizado por una tablazón continua, según la técnica carpintera de los cascos de los barcos; la cubierta que la rodea se resuelve mediante caballetes colocados radialmente, a la manera de las naves laterales de las iglesias cristianas.

Edad Media

El gran avance que se produjo en la construcción medieval se debió fundamentalmente al progreso que experimentó la carpintería. Son los carpinteros los que, mediante su técnica, permitieron poco a poco la recuperación de la cercha, con la que se posibilitaba el crecimiento del edificio en las dos dimensiones de la planta. De momento se comenzó con la forma más básica, que consistía en los pares que conformaban la cubierta y una tabla que, a tracción, estabilizaba el conjunto a la altura de la base de la cubierta.

El desarrollo del oficio permitió construir obras espectaculares de hasta seis y siete plantas, o edificios en los que se trabajaba de forma magistral el voladizo como el Ayuntamiento de Esslingen (Alemania, 1430), de seis alturas.

Llegó a constituirse una disciplina general que abarcaba tres grandes grupos de artesanos: los que trabajaban la carpintería *de lo prieto*, que eran construcciones mediante piezas de gran escuadría sin refinar para obras temporales; los carpinteros *de lo blanco*, que realizaban construcciones con piezas de pequeña escuadría, bien trabajadas y decoradas, y era el grupo más especializado; y los carpinteros *de ribera*, que se dedicaban casi exclusivamente a la construcción naval, aunque parte de sus técnicas debieron pasar a los carpinteros de lo blanco. En España, las ordenanzas de los gremios de artesanos existían desde la época de Alfonso X; la primera ciudad que se decidió a recopilarlas fue Toledo en 1443, y a partir de entonces se recopilaron otras como las de Sevilla, Granada o Madrid, estas últimas a cargo de Juan de Torija en 1661⁵.

Las ciudades medievales

Lo más probable es que la mayoría de las viviendas urbanas del periodo medieval estuvieran construidas con madera, y quizá sea ésta la razón de que no hayan perdurado hasta nuestros días. También de este material debían ser los conventos y viviendas situados en el interior de los castillos.

Entre los ejemplos más significativos de viviendas tradicionales de madera con orígenes o antecedentes medievales está la casa de labranza eslovaca

(Kysuce y Orava, Eslovenia), vivienda construida con troncos de abetos de las montañas dispuestos horizontalmente, y juntas selladas con mortero, formando muros que se apoyan en cimientos hechos con piedras del mismo terreno⁶; la casa rumana, también típica de región montañosa en la que abunda la madera, se soluciona de forma similar⁷; en cambio en Hungría, donde escasea la madera, se recurría a paredes de albañilería, reservando la madera para suelos, techos y vallas⁸. En Suiza, en la casa de labranza bearnesa, igualmente resuelta en madera sobre una base de piedra, los muros soportan una gran estructura de cubierta de par y nudillo con jabalcones, con grandes aleros que protegen balcones y paredes.

Ejemplo de esta conexión con las primeras casas urbanas medievales es también la casa de labranza alsaciana, con una estructura de madera visible en la fachada y material de relleno, y con un planteamiento constructivo similar al de la Granja Berkshire (Inglaterra), aunque la primera se distinga por la cubierta a dos aguas típica de la vivienda rural.

Aunque con algunos ejemplos urbanos, las últimas referencias apuntadas son en su mayoría viviendas permanentes de carácter rural. Los habitantes que poblaban las ciudades venían del campo, traían consigo sus costumbres y, lógicamente, sus hábitos y técnicas constructivas. De esta forma, la casa rural de madera llegó a la ciudad. Sin embargo, la extrapolación de estas técnicas del campo a la ciudad provocó algunos importantes conflictos que comenzaron a marcar el declive de la utilización masiva de la madera.

En primer lugar, su utilización se condicionaba como siempre a la disponibilidad del material; el ámbito limitado de los grandes bosques, junto a la tala indiscriminada que caracteriza gran parte de su historia, provocó la escasez y sustitución de la madera como material estructural.

En segundo lugar, y factor decisivo, la acumulación y en algunos casos hacinamiento de las viviendas de madera en las ciudades no contó con el que iba a ser su gran enemigo: el fuego. Inicialmente, no era necesario que los edificios estuvieran pegados unos a otros (no existían problemas de suelo), pero con el paso del tiempo moti-



ENTRAMADO MEDIEVAL CENTROEUROPEO



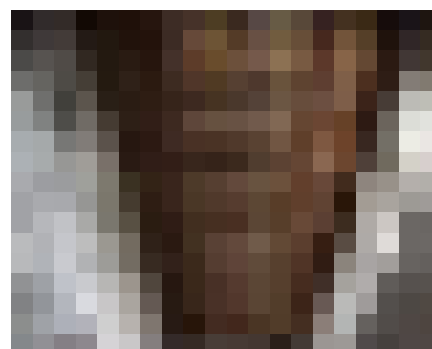
CERCHAS EN SAN MINIATO AL MONTE
(FLORENCIA, SIGLO XIII)



PARED DE TRONCOS APILADOS (DETALLE)



ARMADURA DE PARES (IGLESIA DE SAINT
GEORGE. YORKSHIRE)



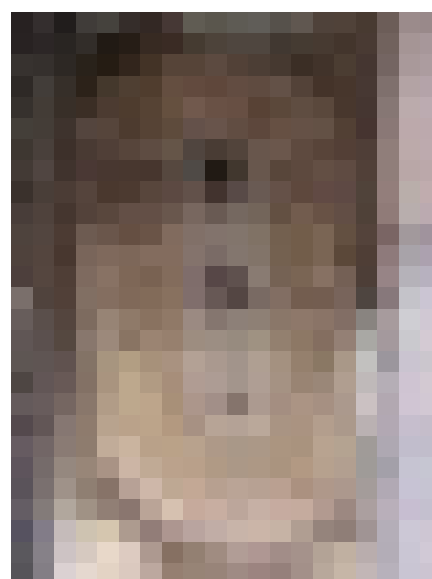
IGLESIA DE SAN NICOLÁS (LINGS HAXEY.
INGLATERRA)



IGLESIA DE SAN FRANCISCO (PALENCIA)



CÚPULA DE LA MEZQUITA DE CÓRDOBA



ARTESONADO DEL MUSEO DE ESCULTURA
DE VALLADOLID

vos defensivos y económicos condujeron a una paulatina agrupación y compactación del incipiente tejido urbano.

Los edificios que han resistido el paso del tiempo lo han hecho de forma aislada, y son casi siempre ejemplos de construcciones con materiales pétreos que datan del s. XI en adelante.

A pesar de ello, Schoenauer (1984) formula una descripción bastante aproximada de dos prototipos diferentes, ambos con importante uso de la madera.

La casa con techo a dos aguas⁹ era una vivienda muy modesta, con sótano y dos alturas y un ático resuelto con el caballete de la cubierta, que probablemente serviría de almacén. Entre los maderos que conformaban y sujetaban las paredes del edificio se introducía un relleno de argamasa, formado por arena y arcilla sobre una apretada trama de tallos entretegidados, y aplicado por las dos caras. Si los maderos estaban más espaciados, el entramado se densificaba con listones de madera.

El otro prototipo es la vivienda-torre, solución provocada para hacer frente de forma individual a las continuas agresiones que se producían. El desarrollo de la vivienda se produce en altura (4-5), y era frecuente que las primeras plantas se resolvieran con piedra y las últimas con estructura de entramado de madera, de la que se hablará más adelante con mayor detenimiento.

Pero hay más tipos, mucho más sencillos, que han perdurado hasta nuestros días, aunque siempre en medios urbanos. La casa típica del campesino de las zonas rurales del este de Europa es la *isba*, vivienda construida con gruesos troncos de madera. Formalmente ha cambiado muy poco desde la Antigüedad, constituyendo una estancia única casi sin muebles; más recientemente, algunas incorporaron un piso superior que se utiliza como dormitorio.

Forjados de pisos y estructuras horizontales

La madera ha sido material casi exclusivo para la estructura de los forjados horizontales hasta el s. XIX. Su capacidad para trabajar a flexocompresión, junto a su accesibilidad, han sido, sin duda, los factores determinantes.

Colocar maderos, más o menos juntos, sobre la coronación de dos paredes separadas, no requiere ninguna ciencia, de ahí que esta estructura se encuentre ya en las primeras viviendas de la antigüedad. Conforme la distancia entre las paredes se hacía mayor, era preciso recurrir a distintos órdenes de maderos, y así nacieron los sistemas de vigas y viguetas, con lo que resultaban soluciones más económicas. Puesto que el momento resistente de las secciones requeridas aumenta con el cuadrado de la luz salvada, crear distintos órdenes implicaba reducir el número de vigas de gran escuadría, difíciles de obtener y de manejar.

Es necesaria una mención a la solución más clásica de toda la carpintería desde la Edad Media en adelante¹⁰: el artesonado, forjado de piso compuesto por vigas de madera acodaladas a intervalos regulares, formando recuadros que solían enriquecerse con molduras. Entre todos los ejemplos posibles, puede mencionarse el techo de la catedral de Pisa o el del Salón del Trono de la Aljafería de Zaragoza (ver Boletín AITIM nº 183, de 1996); en este último caso, el pesado artesonado parece estar soportado por esbeltas columnillas al borde de un balcón perimetral.

Cubiertas. La carpintería de armar medieval

Si analizamos las soluciones utilizadas para la cobertura de los edificios durante la Edad Media, ciñéndonos a Europa y especialmente al área de influencia mediterránea, se pueden distinguir tres planteamientos desde un punto de vista estructural y constructivo¹¹:

- Sistemas planos o adintelados, mediante elementos lineales que se apoyan en los muros, y que pueden adoptar varias disposiciones:

- alfarjes, si son horizontales
- colgadizos, si son inclinados
- enmaderados, sobre arcos diafragma

- Armaduras de pares, sistema en el que las cargas de la cubierta son recogidas directamente por pares o maderos inclinados, muy próximos entre sí, y transmitidas por éstos a los apoyos.

- Armaduras de cerchas y correas, en el que las cargas son recogidas por maderos horizontales -correas- que las transmiten a cerchas relativamente

distantes entre sí. En función de la luz y de la época de la cercha y su tecnología, pueden adoptar múltiples disposiciones, desde dos pares y un tirante a sistemas o entramados perfectamente triangulados.

Los sistemas planos o adintelados son más habituales en zonas de influencia islámica o en Asia, es decir, en zonas donde la madera no era abundante y, por ello, con una mayor tradición carpintera. Cuando se utiliza la madera, esta se limita a techos (alfarjes) planos que trabajan exclusivamente a flexión¹². Sirva como ejemplo el techo que originalmente tuvo la mezquita de Córdoba, que quedó oculto y parcialmente destruido cuando se embovedó totalmente el edificio, de 1713 a 1723.

El sistema de pares consume más madera que el de cercha y correa, pero necesita escuadrías menores (más fáciles de conseguir, transportar y trabajar en obra); además, la mayoría de las uniones trabajan a compresión -en las cerchas hay barras a tracción-, que era lo más adecuado en las épocas en las que las uniones carpinteras no estaban muy desarrolladas. Este sistema puede tener antecedentes en las armaduras bizantinas¹³.

El problema de los empujes horizontales fue resuelto de muchas formas. La más elemental fue la denominada armadura de par e hilera, que enfrentaba parejas de maderos e interponía un madero horizontal o *hilera* que recogía la parte superior de todos ellos; de esta forma se proporcionaba estabilidad transversal al conjunto y se reducían ciertamente empujes. No obstante, este sistema, sobre todo si las luces eran grandes, debía ser complementario de algún otro más eficaz con las fuerzas horizontales. Uno de ellos consistía en que la parte inferior de los pares, en lugar de entregar la carga directamente al muro lo hiciera a un madero o *estribo* dispuesto horizontalmente sobre el muro y que debía trabajar a flexión; el estribo de un faldón era conectado con el del opuesto mediante los travesaños de los testeros, que eran solicitados a tracción, pero no era extraño que además fuera necesario colocar algún tirante más intermedio. Otro sistema era el de las armaduras de par y nudillo, que conseguía una unión de cumbrera mucho más rígida, y de la que se hablará más

adelante. Pero sin duda el modo más eficaz de anular los empujes sobre el muro fue el del tirante horizontal en la base de los pares, sistema complementario de todos los anteriores con el único inconveniente de que entorpecía la visión de la cubierta cuando ésta se construía y decoraba con la intención de ser vista, cuestión no despreciable por cuanto fue uno de los motivos que impulsó el desarrollo y difusión de la armadura de par y nudillo.

El sistema de cerchas, heredero de la tradición constructiva romana, se recuperó para la arquitectura civil en el Renacimiento, pues la madera había desaparecido de la religiosa ya en los principales templos románicos, salvo en las sobrecubiertas. La pendiente que definían se adaptaba a las necesidades estructurales y era, por tanto, mayor en centroeuropa e Inglaterra (en torno a 60°) que en los países mediterráneos. La mayor pendiente aumentó los problemas de estabilidad en el plano del cuchillo (exigiendo tirantes que eliminaran el empuje de los pares y la apertura de los muros) y en el perpendicular (que necesitaba arriostramientos). España

La solución de la época en España se basó fundamentalmente en la utilización repetitiva de los dos pares y un nudillo, y sendos estribos horizontales a los lados, que recibían la carga de los pares. El nudillo era una pieza horizontal que unía los pares a dos tercios de su altura, aproximadamente, de forma que reducía su flecha mientras trabajaba a compresión. Los extremos superiores de los pares se conectaban entre sí a través de la hilera que, con la ayuda de la tablazón, rigidizaban y daban estabilidad horizontal al conjunto. Además, los testeros solían cerrarse con planos inclinados; se caracterizaban sobre todo



por la duplicación de la lima o arista de intersección de los paños de la cubierta, que reciben el nombre de *líneas moamares*, y que permitieron el ensamblaje de los maderos en el suelo y la introducción en ellos del lazo, así como la ejecución de cada plano de forma independiente, constituyendo uno de los primeros ejemplos de prefabricación¹⁴. Una vez cubierta con la tablazón, la armadura de par y nudillo presentaba tres planos visibles desde el interior: los dos faldones y el plano horizontal correspondiente a los nudillos, denominado *almizate*; de ahí que a esta solución también se le llame armadura *a tres paños*.

En la España de los siglos XIII y XIV, se pueden distinguir dos técnicas en la introducción del *lazo*:

El ataujerado, más habitual en zonas de influencia musulmana, en el que la armadura y el lazo son independientes. El lazo se ejecuta sobre paneles

de madera que luego se clavan a la propia armadura, como ocurre en el Salón de Comares de la Alhambra de Granada.

El apeinado, más habitual en la zona cristiana, en el que a los elementos estructurales (pares, nudillos y peinazo -si es que existen éstos últimos-) se les hacen las entalladuras necesarias para que con la ayuda de los taujeles formen el dibujo del lazo. Este es el caso de la Catedral de Teruel (s. XIII) o del Real Monasterio de Las Huelgas (Burgos, ss. XIII y XIV).

La expulsión de los moriscos en 1609 afectó seriamente a la continuación de la tradición carpintera que anunciaba ya una lenta decadencia. Sin embargo, una feliz integración de estructura y ornamento, facilitada por el paso de las armaduras de par e hilera atirantadas a las de par y nudillo, explican no solo la pervivencia de la carpintería hispanomusulmana, sino la adopción de los nuevos conceptos

renacentistas que circulaban ya en el s. XVI, como el que dio lugar al empleo de techos con casetones o artesonados.

Muros y cerramientos: El entramado de madera

Antes del siglo XVIII los ladrillos sólo se fabricaban en cantidades relativamente pequeñas y el transporte era caro y complicado, por lo que estaban al alcance de muy pocos privilegiados. Por otro lado, la utilización de la piedra, limitada a las zonas en las que había disponibilidad, era un material que por su difícil extracción y también costoso transporte se reservaba para edificios cívicos, religiosos y grandes mansiones. Por ello, en las zonas rurales, especialmente del norte y del centro de Europa, el material disponible era la madera. Las casas se construían mediante paredes de troncos ensamblados por almohadón en las

esquinas.

En las áreas urbanas, la utilización de la madera resultaba algo más compleja dada la complicación del transporte de la materia prima, por lo que se desarrolló un sistema de entramado que reducía el uso de la madera a un almacén que consumía en torno a un 60% menos de madera que una casa de troncos.

Las paredes se formaban mediante una serie de maderas serradas verticales y horizontales, entrelazadas, reforzadas con abrazaderas diagonales o curvadas, y se combinaban con viguetas o cabios para componer el almacén primario. Los espacios no destinados a huecos se rellenaban con paneles de barba de pez y de argamasa basta, de listones y yeso, ó de ladrillo. Y los tejados se cubrían con bálago, tejas o tableros de madera.

En la mayoría de estas casas, los postes y montantes verticales, así como las peanas, los umbrales y los travesaños horizontales quedaban vistos, y las casas se llamaban de entramado medio. Posteriormente, un gran número de casas se recubrió con tableros horizontales de madera (revestimiento con tablas solapadas o puestas en tingladillo o tablas de chilla) para proteger el relleno de los cerramientos y para mejorar sus prestaciones aislantes.

El vasto relleno con el que se densificaba la trama de maderos de los muros en las viviendas urbanas pronto se vio mejorado por mamposterías o fábricas que, además de permitir la eliminación de entramados vegetales o de listones, evitaron los daños que producía la solución anterior a su desecación, con contracciones y torsiones que generaban fisuras y grietas, y mejoraron las condiciones aislantes. Las fábricas de ladrillo permitían además componer y decorar mejor las fachadas.

Por citar algún ejemplo, la vivienda de Frederik Jacobsen Brun (Oslo, Noruega, S. XVII) está formada por una estructura de entramado de madera de dos alturas rellena con paneles de ladrillo dando a la calle, y un portalón que da acceso a un patio interior en torno al que se desarrolla la vivienda y una serie de construcciones agrícolas (talleres, establo, granero y henil) también de madera.

1 El último edificio de la antigüedad que conservó su armadura intacta desde su fundación fue la basílica de San Pablo Extramuros, construida entre el 384 y el 403, pero esta carpintería fue destruida por un incendio en 1823.

2 ORTEGA ANDRADE, 1993, II, pp. 198 y ss.

3 Algunas conservan sus armazones vistos: las basílicas de Santa Sabina, Santa Inés, San Apolinar in Classe, San Juan Evangelista o San Lorenzo de Roma son algunos ejemplos.

4 Cfr. ADAM, J.-P., *La Construcción Romana, Materiales y Técnicas*, Editorial de los Oficios, 1996, pp. 132-134, 222-230.

5 DUCLOS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo Blanco en la Arquitectura Religiosa de Sevilla*, Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla, 1992, p. 48.

6 FOLTYN, L. *Volksbaukunst in der Slowakei*, Artia, Praga, 1960 (Citado por Schoenauer, 1984).

7 IONESCU, G. *Architecture populara Romineasca*, Editura Technica, Bucarest, 1957 (Citado por Schoenauer, 1984).

8 SCHOENAUER, N. 1984, p. 101.

9 *Ibid.*, p. 268.

10 Incluso desde los romanos: Serlio ya habla de esta solución en su libro de arquitectura.

es CANDELAS GUTIÉRREZ, A.L., "La Carpintería de armar medieval" (en *La Técnica de la Arquitectura Medieval*). Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2000.

12 MITCHELL, G. (Dir.), *La arquitectura del mundo islámico*. Alianza, Madrid, 1985.

13 Armaduras de pares, o de pares, nudillo y tirante, como se puede comprobar en el monasterio de Lavra y el pórtico de Simopetra, en Atos (Turquía). Ver CHOISY, A. *L'art de bâtir chez les Byzantins*. Reimpresión de la edición de París de 1883, Librairie de la Société Anonyme de Publications Périodiques. Arnaldo Forni, Bolonia, 1986 (p. 152).

14 CANDELAS GUTIÉRREZ, A.L., 2000 (p. 293).