

breve

HISTORIA

de la madera en la construcción (III)

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

De la construcción oriental al siglo XIX

Antes de hacer un repaso sobre lo sucedido con la madera en los últimos siglos conviene comentar al menos brevemente su utilización en las culturas orientales.

La vivienda oriental tiene una serie de características comunes y constantes válidas en un amplio ámbito. Schoenauer (1984) establece que la vivienda, desde África al lejano Oriente, pasando por el Cercano Oriente y la India, es una clara respuesta al carácter y filosofía de su gente. Son edificios introvertidos, volcados en muchos casos a un espacio central privado y abierto (patio) en torno al cual se organiza la vida.

En el patio se pretende crear un pequeño microclima que permita soportar las habitualmente duras condiciones climáticas, al tiempo que preservar la intimidad familiar de la vida social. Se huye de la ostentación exterior y se fomenta la riqueza interior reflejada en una cuidada decoración. En Ahmadabad (India) ciudad fundada en el año 1411 a.C., hay constancia de que sus casas típicas estaban construidas mediante muros de carga de ladri-

llo y suelos y techos de madera; las columnas, soportes, barandillas, puertas y ventanas, también de madera, estaban adornadas con preciosas tallas¹.

China

Hasta que la cultura occidental influyó y modificó el diseño de las viviendas chinas en la primera mitad del Siglo XX, la tradición y la filosofía popular caracterizaron estas construcciones en las que la madera jugó un papel protagonista.

La casa típica de Pekín es un complejo amurallado formado por varios edificios que rodean uno o más patios ajardinados. El patio es el corazón, el centro vital de la vivienda -patio en chino es *t'ien ching*, que literalmente significa "regalo del cielo"- que proporciona luz, aire y agua de lluvia².

La organización del conjunto es similar a la estructura familiar china, de tipo extensiva y basada en los principios de Confucio: patriarcal y patrilocal.

Las murallas perimetrales tienen de 3 a 4 m de altura, y eran de mamposte-

ría, estucadas y cubiertas de tejas. Tradicionalmente la casa pequesa tenía una estructura de columnas y vigas de madera, con cerramiento de ladrillo.

Cada edificio se construía sobre una plataforma de tierra apisonada y ligeramente elevada del nivel del suelo; en casas adineradas la plataforma se cubría de ladrillo. Sobre la plataforma se apoyaban las columnas de madera, encajadas en bases de piedra tallada o en discos de bronce en forma de domo, para protegerlas de la humedad del suelo.

Las columnas soportaban una viga-dintel paralela a la fachada de la casa, y mediante un sistema de vigas escalonadas se conseguía la crujía deseada. Pequeños postes auxiliares soportaban un entramado de vigas transversales secundario; el número de estos postes y vigas dependía del ancho de la crujía, que también determinaba la altura y curvatura del techo.

La acción de poner el techo (cubrir aguas) era un acto celebrado con una pequeña ceremonia en honor del dios patrono de los carpinteros, de quien





ARQUITECTURA CHINA TRADICIONAL. A LA IZQUIERDA BEIJING (LA CIUDAD PROHIBIDA) Y VIVIENDA EN EL CAMPO

cuenta la leyenda que logró construir un pájaro de madera tan perfecto que se mantuvo en el aire durante seis días. Otro ejemplo significativo de la construcción tradicional china es el de sus templos. El Templo de Cielo (Pekín, China, 1420) es un edificio de estructura de madera sobre una base de piedra con decoración de mármol y cubierta de teja cerámica esmaltada. Tiene 38 m de altura y un diámetro interior de 30 m. La estructura de madera tiene tres niveles de columnas dispuestos en dos anillos concéntricos. Tanto el exterior como el interior están profusamente decorados.

La configuración del templo, su relación con los demás edificios y su posición dentro de la ciudad son todos ellos factores que se establecen en armonía con las fuerzas divinas y naturales.

Japón

Desde tiempos remotos la construcción tradicional japonesa se caracterizó por la utilización de la madera. Los ejemplos contrastables en la actualidad no son, sin embargo, de carácter residencial y, como en otras culturas, los que han sobrevivido al paso del tiempo son edificios singulares. Los santuarios sagrados de Ise Jingu (Bahía de Ise, Japón, s. II) se han conservado en perfectas condiciones hasta nuestros días por el hecho de que el recinto sagrado, vedado al público, se demuele cada veinte años alternando el lugar en que se reconstruye, y permitiendo que tres generaciones sucesivas de artesanos carpinteros lleven a cabo la reconstrucción³.

Al templo se accede a través de un pórtico cubierto o *shoden* que rodea todo el edificio. Todas las columnas

son redondas y van empotradas en el suelo con una protección metálica, similar a la que se coloca en la cabeza de las vigas para protegerlas de la humedad y que además sirve como elemento decorativo. Se utilizan siempre grandes secciones y complejas uniones carpinteras. Los muros están formados por planchas de madera acopladas horizontalmente y alojadas en rebajes de los postes verticales. La cubierta es vegetal y se caracteriza por una cumbreira compuesta de listones que se apoya en dos pilares centrales de ciprés, y por el singular cruce en tijera de los pares situados en los extremos de las naves que deriva de un método de unión empleado en la carpintería tradicional japonesa. Todo el recinto sagrado interior está protegido por cuatro vallas concéntricas también de madera.





KATSURUA (JAPÓN)

Pero las circunstancias son similares en el caso de las viviendas, y se puede afirmar que la influencia de la construcción tradicional china en la arquitectura residencial japonesa es determinante. Así lo reflejan la asimilación de la estructura de columnas y pilares con artesonado, el techo acartelado en lugar de triangulado, y la elevación del piso de madera sostenido por columnas bajas sobre cimientos de piedra. Sin embargo, mientras que la arquitectura continental buscaba más la agrupación de sus edificios y una respuesta algo más cuidada y decorada hacia la calle, la austeridad de la vivienda japonesa al exterior llega a gra-

do sumo. Al mismo tiempo, el clima más duro de las islas, con veranos calurosos y húmedos e inviernos fríos y secos provoca una menor densificación del espacio y grandes aberturas que permiten la ventilación⁴.

Uno de los ejemplos clásicos de edificios residenciales es la Villa Katsura (Kyoto, Japón, 1620-1658), de estilo *shoin*⁵, construida para descanso y retiro de una rama colateral de la familia imperial, a finales del siglo XVII. Su estructura es de madera y las habitaciones están cubiertas con esteras de paja o *tatami*. Todo el edificio está como siempre elevado con respecto al terreno y todos sus elementos de ma-

dera están cepillados o bruñidos para acentuar sus cualidades naturales, con excepción de algunas columnas exteriores sin descortezar.

Descubierta para la cultura occidental por el arquitecto alemán Bruno Taut a principios del siglo XX, y visitada por Lloyd Wright, Le Corbusier y Gropius, puede haber sido argumento desencadenante de algunos de los rasgos característicos de la arquitectura moderna, como lo son el uso de materiales naturales, la sencillez en el diseño y la distribución flexible y modulada.

Edad moderna

La colonización de América

Habíamos dejado occidente en un momento de transición entre la Edad Media y el Renacimiento, en el abandono del Gótico y la recuperación y perfeccionamiento de las artes clásicas, y bajo una circunstancia trascendente y determinante: el descubrimiento del Nuevo Mundo.

La colonización de América, en lo que a la tecnología de la construcción se refiere, provoca la exportación de los sistemas constructivos europeos al nuevo continente. En el caso de la madera, abundante y con magníficas prestaciones especialmente en América del Norte, es utilizada por los colonos que se extienden por el territorio y dejan ejemplos como los de Massachusetts (1636) o Nueva Inglaterra (edificio de la Bolsa, 1651).

El cono sur, de colonización española



JACKSON HOUSE. PORTSMOUTH (EEUU). 1664

y portuguesa, incorpora la arquitectura colonial propia de una cultura más mediterránea, y un uso menos masivo de la madera.

Por ello donde se producen realmente los avances de la técnica maderera es en el norte. Los nuevos pobladores, aprovechando la abundancia y bondad del material, incluso reproducen con madera técnicas y estilos continentales utilizados en edificios de piedra⁶.

Pero es realmente con la incorporación de la industria cuando evoluciona y progresa el sistema. Los aserraderos proporcionan planchas, tableros y tablas de diferentes escuadrías y, ya en las primeras décadas del siglo XIX, los americanos dominan la fabricación mecanizada de los clavos, hasta entonces de elaboración absolutamente artesanal (se hacían a mano, uno a uno). Así surgen las técnicas americanas de estructura en globo y estructura en plataforma. La primera consiste en postes verticales, de longitud igual a la total del edificio (en general, dos plantas), que van de la solera hasta una carrera superior o estribo en la que se apoya una cubierta compuesta por caballones. El armazón se reforzaba mediante tablas diagonales que lo rigidizaban, y finalmente se recubría por otra capa de tablas verticales u horizontales que acababan la fachada. Los pisos se apoyaban en una serie de viguetas laminadas que se unen a los postes de los tabiques verticales.

El sistema plataforma se diferencia del anterior en que la longitud de sus elementos verticales corresponde sólo a la altura de un piso, siendo el suelo - la plataforma- de cada una de las plantas la que sirve de base para la cons-

trucción del piso siguiente.

La consolidación de ambos sistemas se produce con la aparición de las primeras sustancias protectoras de la madera, que aportan a un material versátil y económico, con una tecnología muy desarrollada, la posibilidad de mantener y conservar los edificios mejor y más fácilmente.

De la Edad Media a la Revolución Industrial

Como ya se ha ido comentando, el Renacimiento y el Barroco no trajeron grandes aportaciones en el campo de la carpintería, sino que más bien se dedicaron al perfeccionamiento de las técnicas ya conocidas.

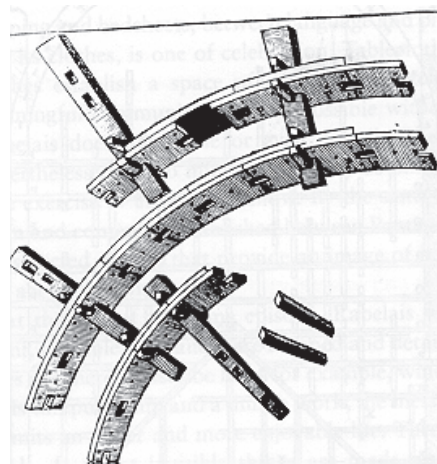
En cuanto a las cimentaciones, se generaliza un afán por economizar que conduce al empleo de emparrillados como sustitución de pilotes en terrenos de apoyo deficientes⁷. A partir del s. XVIII fue, además, recomendado por gran parte de los tratadistas, pero los resultados solo eran aceptables con edificios de pequeña entidad; algunos organismos oficiales de la Administración Francesa llegaron a recomendar a los empresarios que, en lugar de hacer cimentaciones muy profundas, colocaran plataformas de madera bajo los edificios⁸.

Se observa, además, un progresivo abandono de la utilización de sistemas de madera en cubiertas de templos y edificios nobles, posiblemente por el temor al fuego. Las exiguas referencias a las armaduras de madera en el tratado de Alberti *De re aedificatoria* (1485) se deben, desde luego, a este motivo⁹. Así, el trabajo más común de los carpinteros de los ss. XVII y XVIII fueron las bóvedas encamionadas, que consistían en un conjunto de armazones resueltos a modo de costillar, en el que se clavaba un entablado ligero o un cañizo que iba a servir de soporte a un revestimiento generalmente de yeso, acabado que permitía incorporar cualquier tipo de molduración realizada con el mismo yeso. La enorme libertad de diseño que daba a los arquitectos esta solución

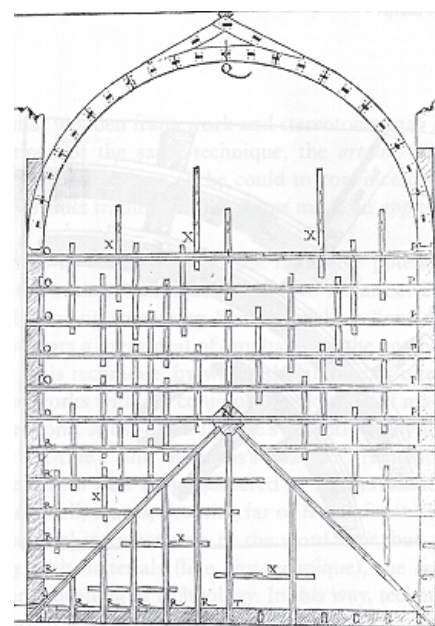
propició su enorme proliferación, pero relegó a muchos carpinteros de lo blanco a una labor sorda que fue afectando a la calidad de sus trabajos.

Pero de modo general, las armaduras vistas, las vigas y viguetas de madera y los entramados de madera y fábrica en los muros siguieron empleándose. Hasta el s. XVI, salvo conocidas excepciones, la transmisión de los conocimientos de arquitectura y construcción se producían de forma oral, dentro de cada uno de los gremios correspondientes; por la obligación de mantener en secreto los estos conocimientos, no es extraño que sean tan escasos los documentos y textos de esa época. Pero a partir de entonces, los tratadistas comenzaron a constatar una cierta pérdida de la teoría carpintera necesaria para ponerla en práctica, situación que condujo a varios de ellos a escribir tratados específicos¹⁰.

Posiblemente el primer tratado que se escribió sobre carpintería fue *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petit fraiz*, publicado en París, en 1561, por Philibert De L'Orme. Está dedicado a la construcción de tejados y bóvedas de madera siguiendo la tradición europea; sus conocimientos en estereotomía derivan de la aplicación de la perspectiva a la resolución de los problemas constructivos de las bóvedas, a partir de las técnicas medievales. Este texto fue, sin duda, el antecedente de todos los tratados de carpintería posteriores (Mathurin Jousse, Johann Wilhem). Entre los españoles,



INVENCIONES EN MADERA, DE PHILIBERT DE L'ORME (1561)



destacan unos cuantos del s. XVII (López de Arenas, fray Andrés de San Miguel, fray Lorenzo de San Nicolás y Rodrigo Álvarez), todos ellos herederos de la tradición hispanomusulmana, aunque también aportan, en mayor o menor medida, enseñanzas basadas en las técnicas clásicas para cubrir edificios.

El citado De L'Orme ideó una armadura que permitía alcanzar grandes luces con maderas de pequeña escuadría para hacer frente a la escasez y carestía de este material; el cordón inferior, que formaba un arco sobre el que se apoyaba la techumbre, estaba compuesto por pequeñas tablas colocadas de canto siguiendo la curva del intradós; para aumentar su resistencia, en realidad cada arco tenía tres capas de tablas puestas de cara unas contra otras a rompe junta; los arcos iban espaciados de 0,66 a 1 m¹¹. Este invento tiene su importancia porque puede considerarse como antecedente de las armaduras de madera laminada que aparecieron en el s. XX, pero, como señala A. Candelas¹², no deja de ser paradójico que el primer texto específico relativo a la carpintería de armar no ofrezca dato alguno sobre la ejecución de los sistemas tradicionales.

Pero aparte de este caso singular, hay que resaltar el papel que desempeñaron el resto de tratados para que no se perdiera la sabiduría carpintera en una época que apenas se preocupó de avan-

zar en esa dirección, y que incluso tendían a ocultar con yeso pintado los trabajos de madera. Los textos de Jousse o López Arenas no tratan de innovaciones, sino que se empeñan por transmitir una tradición heredada al describir, partiendo de planos y esquemas, los procesos de ejecución y tipologías de armaduras que se han estado ejecutando en Centroeuropa desde, al menos, el s. XIII.

Aunque suponga dar un salto de cuatro siglos, hay que consignar aquí otro sistema que se sitúa en clara continuidad con el de De L'Orme, que es el debido al coronel francés Emy. En él, las tablas no se colocaban de canto, sino en plano, superpuestas unas a otras y curvadas mediante pernos y estribos, formando arcos separados 3 metros entre ejes; en la actualidad se aplica este sistema a construcciones temporales (como pabellones de muestras), realizando las uniones entre láminas mediante bridas metálicas con la intención de facilitar el desmontaje.

Consecuencias de la revolución industrial

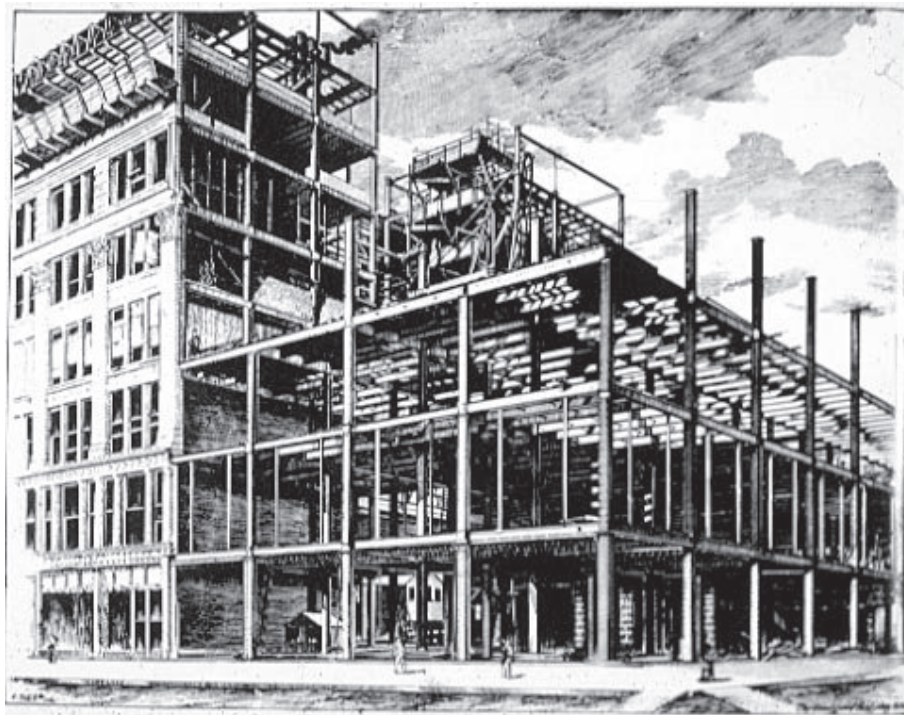
La Europa de la Revolución Industrial El gran cambio social y tecnológico de la Europa del Siglo XVIII se produce cuando la economía basada en el mercado local pasa a fundamentarse en una economía internacional de tipo industrial¹³.

La Revolución surge en 1760 en Ingla-

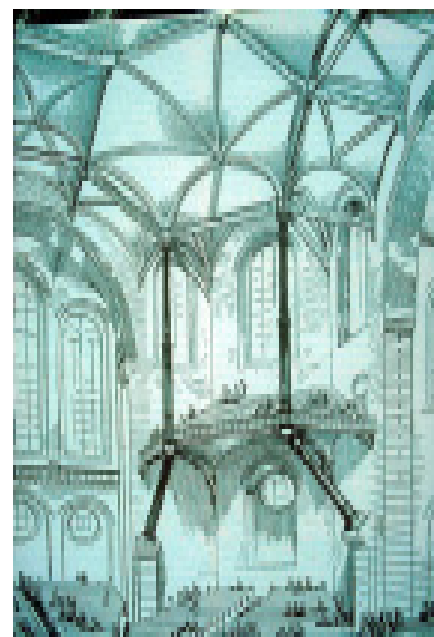
terra, y se desplaza más o menos rápidamente al resto de Europa, tardando en algunos casos casi un siglo. Apoyada en la utilización del agua como fuente básica de energía, se construyen edificios industriales, con piedra y madera, en torno a los que se localizan las viviendas, próximas al lugar de trabajo, y en el entorno agradable de los ríos. Pero la vida cambia, y con el traslado del trabajador del ámbito rural al urbano, éste pasó a depender exclusivamente de un salario, perdiendo los recursos vinculados a la tierra. Posteriormente aparece el empleo del carbón, que sustituye al agua como recurso energético, y las redes ferroviarias, que permiten el rápido desplazamiento de las materias primas, de los productos elaborados y de la mano de obra. De esta forma, la localización de las ciudades contempla ya otros factores económicos y demográficos¹⁴.

El empleo del vapor potencia la construcción con ladrillo -al principio-, hierro fundido y forjado y -posteriormente- acero. Se levantan grandes estructuras para industrias, fábricas y fundiciones, y la vida cambia de nuevo radicalmente.

Las ciudades crecen exponencialmente, sus habitantes se hacinan, se empobrecen, se envilecen, y las infraestructuras se contemplan insuficientes para atender las necesidades básicas.



FAIR STORE. CHICAGO 1890



SALA DE CONCIERTOS DISEÑADA POR VIOLLET LE DUC EN ACERO, PIEDRA Y LADRILLO



Los urbanistas intervienen con actuaciones que alternan éxitos y fracasos, algunos de los cuales se padecen todavía en nuestros días. Y la vida urbana, símbolo de riqueza y libertad en la ciudad medieval, cambia tan absolutamente que en el siglo XIX (en Europa; en España, ya a principios del siglo XX) se produce el efecto contrario de vuelta al campo. Evidentemente, es entonces la clase pudiente la que abandona la ciudad y sale de la miseria y del anonimato construyéndose casas de campo, a una distancia reducida de la ciudad, y confirmando las ideas apuntadas por Ebenezer Howard con la propuesta de Ciudad Jardín¹⁵.

La Revolución Industrial en América Además de las circunstancias apuntadas, la Revolución Industrial en Europa coincide también con la disminución de los recursos madereros, por lo que el entramado se sustituye por fábricas de ladrillo y la madera acaba reservándose para puertas, ventanas, escaleras, revestimientos y artesonados, que se beneficiaron de las nuevas técnicas.

Pero en la industria maderera en concreto, la revolución o gran auge se produce donde la materia prima es abundante, es decir en América, a principios del siglo XIX. En Chicago se empezaron a fabricar clavos en serie, y con la mecanización de los aserraderos, los armazones provisionales prescindieron del trabajo artesanal de las uniones carpinteras, sujetándose los distintos elementos mediante el clavado de los tableros horizontales sobre los montantes verticales. Esta facilidad y flexibilidad constructiva se reflejó en la gama o evolución de los estilos, contemporáneos o de época, tanto en América como en las colonizaciones de Australia y Nueva Zelanda del siglo XIX



por emigrantes europeos¹⁶. No obstante, América, reflejo matizado de lo que ocurre en Europa durante los siglos XIX y XX, también acusa la aparición del hormigón y del acero que, en lo que a edificación en altura y edificios de carácter terciario se refiere, arrebatan a la madera la supremacía en funciones estructurales y resistentes, especialmente el primero, más barato, más versátil, en principio considerado como más durable, y de carácter formáceo. El hormigón armado sumaba a todo ello unas condiciones de trabajo y resistencia extraordinarias.

La construcción en madera en Europa tras la Revolución Industrial

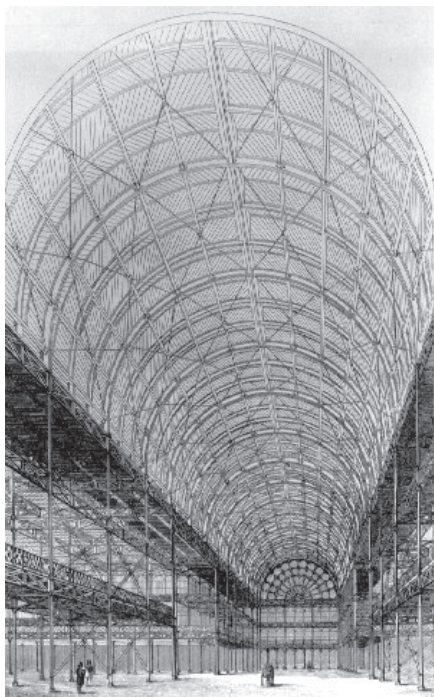
La aparición de estos nuevos materiales (hierro, acero, hormigón armado y hormigón pretensado) junto a las nuevas tecnologías y el desarrollo de la industria, marcaron el inicio de un claro declive en la utilización de la madera.

Sólo los países en los que la madera seguía siendo un recurso fácil, económico y vinculado a la tradición constructiva permanecían parcialmente ajenos a lo que ha traído consigo el progreso. Efectivamente, los países escandinavos, los países bajos, Inglaterra parcialmente, buena parte de Alemania, algunos del este de Europa y, lógicamente, Estados Unidos y Canadá, mantuvieron durante todos estos años una producción constante de viviendas y casas de madera, aunque de donde sí desapareció en un alto porcenta-

je, como ya se ha apuntado, es de los edificios públicos, edificación colectiva en altura y proyectos, en general, en los que los nuevos materiales altamente industrializados -que garantizaban resistencia, optimizan secciones y, al menos al principio, ofrecían durabilidad sin un mantenimiento excesivo- aparentemente mejoraban las prestaciones de la madera.

No obstante, la carpintería de armar no desapareció del todo, y aunque reducida a casos singulares, las nuevas tecnologías aplicadas a esta estructura obtuvieron resultados sorprendentes. Los medios industriales permitieron considerables mejoras como el serrado mecánico, el conformado y secado al vapor y el transporte a costes razonables a cualquier punto del globo.

Por otra parte, a mediados del s. XIX se dominaban ya los sistemas de descomposición de fuerzas con el que se podía dimensionar exactamente cada pieza de un encaballado¹⁷ (recuérdese que, si bien la triangulación como concepto funcionaba ya hacía tiempo, no siempre se le sacaba el máximo partido a los repartos de solicitaciones y desde luego no se conocían las magnitudes que pudieran facilitar un mínimo cálculo), con lo que el desarrollo de los entramados experimentó un nuevo impulso que se tradujo en el aumento de la luz que podían salvar. De ello da buena cuenta Federico de Arias y Scala en su tratado "*Carpintería Antigua y Moderna*", editado en Barcelona en 1888, que contiene una visión del arte de trabajar la madera



netamente científica y técnica; junto a sus estudios gráficos, el libro proporciona un conjunto de ábacos para la comprobación de las secciones de vigas y pies derechos, según la selección de dimensiones y tipos de carga aplicados; además se explican distintos problemas estructurales y se recoge un resumen de las principales obras anteriores al s. XIX, en un intento de exponer el conocimiento actual como desarrollo lógico de una tradición constructiva que se remonta hasta la antigüedad clásica¹⁸.

Todo esto permitió realizaciones audaces y en un nivel aceptable de competitividad con los nuevos materiales. Baste mencionar las cerchas que construyó el ingeniero español Betancor en 1816 para el picadero del zar en Moscú, cuya luz alcanzaba los 30 metros.

Un ejemplo interesante y característico de esta situación de progreso tecnológico es el Palacio de Exposiciones "Crystal Palace" (Londres, Inglaterra, 1850-1851), prototipo de la construcción industrial, exponente de la tecnología alcanzada y curiosa mezcla de recursos y materiales en un país como Inglaterra, de gran tradición maderera pero de vanguardia en la Revolución Industrial. El edificio surge con la fuerza y creatividad propias del estilo victoriano y ajeno al debate y confusión arquitectónicos imperantes en el resto de Europa.

Este edificio es también vanguardista



PABELLÓN DE CRISTAL. JOSEPH PAXTON 1848

en su concepción constructiva, toda vez que se proyectó para ser desconstruido, con el objeto de recuperar y reutilizar sus materiales¹⁹. Su arquitecto, Joseph Paxton, utilizó la analogía de una mesa cubierta por un mantel para explicar la estructura interior, con columnas de hierro fundido y cerchas también de hierro -la mesa-, revestida con un ligero mantel exterior de vidrio con marcos de madera, claro antecedente de los actuales muros cortina.

La bóveda del cuerpo central, de cañón, se extendía a lo largo del transepto, y a mayor altura que el resto del edificio. Su estructura consistía en unas piezas de madera serradas a máquina, formando arcos de 7,30 m de luz, con ménsulas de hierro fundido y un tirante de hierro forjado. La retícula exterior, de perfiles de hierro fundido, hierro forjado y madera, se montó con elementos prefabricados coordinados.

En otros países con menor tradición maderera como el caso de España, la utilización de este material en el sector de la construcción quedó relegada casi exclusivamente a la carpintería menor (que con los nuevos materiales también entrará en crisis, más adelante), y a revestimientos y acabados. Esta situación se mantuvo mientras que la investigación y las nuevas tecnologías no aportaron soluciones y posibilidades alternativas.

Los forjados de pisos, último bastión de la estructura de madera, también abandonaron este material desde que, en 1845, la huelga de carpinteros de París impusiera en Francia los forjados metálicos, y de ahí al resto del mundo. Ciertamente en este campo la madera maciza había dejado de ser competitiva, puesto que suponía una limitación importante en las luces:

excepto en casos muy extremos, la cruzía útil de los forjados planos no debía superar los 7 metros.

Pero es justo hacer una breve referencia al desarrollo que experimentó un singular empleo estructural de la madera, que es el de los sistemas auxiliares. Como ya se ha comentado, las cimbras de madera ya habían sido utilizadas por las culturas egipcia y mesopotámica, pero, sobre todo, por los romanos, que llegaron incluso a planificar el proceso constructivo a partir del empleo de una sola cimbra que era desplazada para construir las roscas de cada arco de la bóveda. La época de la construcción de las grandes catedrales también aportó nuevas soluciones, pero normalmente se fundamentaban en diseños sencillos. Fue durante la segunda mitad del s. XIX cuando se produjo en España un impulso a la restauración arquitectónica, que suponía la realización de complejos sistemas de cimbrado y apeo, que debían contar con un conocimiento riguroso del comportamiento de las fábricas medievales y de la transmisión de fuerzas en las armaduras de madera. Posiblemente el sistema más singular, modelo de los posteriores, fue el ideado por Juan de Madrazo entre 1869 y 1874 para restaurar la catedral de León. Para ello aplicó las doctrinas racionalistas de explicación del sistema gótico de Viollet-le-Duc, con el fin de construir un encimbrado que no era sino la adaptación de la armadura de madera a las condiciones estructurales del sistema gótico, a modo de elemento neutro aplicado a la parte activa del edificio; estaba organizado a partir de un sistema de apriete y aflojamiento lateral y dos medias cimbras que se iban juntando o separando según el eje vertical para neutralizar así los empujes laterales.

De este modo, la reconstrucción arquitectónica motivó la construcción de efímeros edificios de madera de alta complejidad en el interior de edificios pétreos en peligro²⁰.

Notas

1 SHAH, M. Y BHATT, V., *Morphology of Urban Housing: Ahmadabad Housing Case Study*, ensayo no publicado, Escuela de Arquitectura de la Universidad de McGill, 1973.

2 SCHOENAUER, N., *6.000 Años de Hábitat (De los poblados primitivos a la vivienda urbana en las culturas de oriente y occidente)*, Gustavo Gili, 1984, p. 239.

3 *Guía visual de pintura y arquitectura*, El País Aguilar, 1997, p. 27.

4 *La Madera*, Ed. Blume, 1978, p. 72.

5 Shoin significa "lugar de estudio".

6 *La Madera*, 1978, p. 68.

7 A modo de ilustración, he aquí una descripción coetánea del edificio de La Corderie de Rochefort, diseñado por Blondel a mediados del s. XVIII: "Está construido sobre un emparrillado, con tanto espacio lleno como vacío, de 10 a 12 pulgadas de grueso, colocado sobre un fondo de tierra arcillosa. Sobre este emparrillado se establecieron plataformas bien clavadas y, a continuación, una hilada de piedras de talla y de buenos sillares después, subiendo siempre el edificio con hiladas regulares y a nivel, todo por igual, de forma que no hubiera más peso de un lado que de otro, para que estén equilibradas todas las partes de la obra".

8 GARCÍA GAMALLO, «La evolución de las cimentaciones en la Historia de la Arquitectura, des-

de la Prehistoria hasta la Primera Revolución Industrial», Tesis Doctoral, ETSAM, 1997, p. 231.

9 El título y el contenido del capítulo XI del libro VII dice: "Que conviene que los techos de los templos sean en bóveda, para que no estén sujetos a incendio, (...). En los templos querría yo que por causa de la dignidad y de la perpetuidad principalmente el techo fuese de bóveda" (p. 215).

10 López Arenas escribe en el prólogo de la edición impresa en 1633: "Y aviendo assi mismo advertido en las veces q e sido Examinador y Alcalde Alarife, que en realidad de verdad, o la materia de las medidas, y reglas de carpinteria no esta tan conocida y apurada como es necesario, ..., e querido tomar el trabajo de escribir este Compendio".

11 Una temprana aplicación de este sistema fue elaborada por Lemer, arquitecto Jesuita de nacionalidad flamenca, en la bóveda de la nave central de la iglesia de la Compañía de Jesús en Córdoba, Argentina (ver CONTI, R. El Desarrollo Tecnológico de las Bóvedas de Madera en la Experiencia de Lemer, *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, 1996, pp. 147-150).

12 CANDELAS, A., La Carpintería de Armar en los Tratados Europeos de los Siglos XVI y XVII, *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, 1998, p. 79.

13 SCHOENAUER, N. 1984, p. 341.

14 *Ibid*, p. 342.

15 HOWARD, E., *Garden Cities of To-Morrow*, Faber & Faber, Londres, 1946.

16 MILLER, J., *Casas de Madera*, Blume, 1998.

17 Propiamente, la primera aplicación de la estática a la solución de los problemas de arcos es debida a Lahire (1640-1718), miembro de la Academia Francesa.

18 LEÓN VALLEJO, F.J., *Tratados Españoles del S. XIX: Carpintería Antigua y Moderna de Federico de Arias, Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, 1996, pp. 297-304.

19 El contrato de construcción original preveía el reciclado del edificio: su presupuesto era de 150.000 libras por el edificio completo, o de 80.000 si la propiedad revertía al constructor una vez desmontado. Ver *Guía visual de pintura y arquitectura*, El País Aguilar, 1997, p. 155.

20 Otros trabajos de encimbrado o apeo importantes fueron los de Demetrio de los Ríos para el ábside de la catedral de León (1879), el de Adolfo Fernández Casanova para la catedral de Sevilla (1882-1888), el de Enrique M^a Repullés y Vargas para San Vicente de Ávila (1885) o el de Vicente Lampérez y Romea para la catedral de Cuenca (1888-1889) (CALAMA, J.M. Y GRACIANI, A., *Sistemas de Encimbrado y Apeos en la Restauración Monumental Española durante el s. XIX, Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Sevilla, 2000, pp. 153-163).