

Cerchas tradicionales de madera en Galicia central: Rasgos de comportamiento 3D

Manuel J. Freire Tellado

En la actualidad, si bien existe una considerable bibliografía sobre estructuras de madera —especialmente fruto de la labor del AITIM—, ésta se centra mayoritariamente en las estructuras de nueva construcción. En lo tocante a estructuras tradicionales, han ido apareciendo de forma marginal capítulos sobre aspectos muy concretos de las estructuras anteriores, como los estudios de patología de las estructuras históricas o los métodos de unión tradicionales. En los últimos años ha aparecido el estupendo libro de Enrique Nuere, *La Carpintería de Armar Española* (Nuere 2000), constituye un estudio general imprescindible de las soluciones constructivas históricas a nivel español. Finalmente, hay que añadir la tesis doctoral de M^a Isabel Gómez Sánchez publicada bajo el título «Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura (1500–1810)», (Gómez 2006), título que explicita perfectamente su contenido.

Sin embargo, los estudios de ejemplos concretos de estructuras tradicionales están menos desarrollados, al menos en España: mientras en el mundo de las bóvedas de fábrica han proliferado estudios sobre casos particulares, no ha ocurrido lo mismo en las estructuras de madera, quizás debido también a la dinámica de reposición que éstas exigen.

Los contenidos de los distintos Congresos de Historia de la Construcción son buena prueba de ellos. La revisión de los índices pone de manifiesto que si bien se encuentran estudios sobre diversos aspectos tipológicos —principalmente teóricos—, el estudio de ejemplos concretos es más raro.

DEL ORIGEN DE LAS CERCHAS O ARMADURAS TRIANGULADAS

El origen del tipo aún no parece completamente claro, aunque desde luego aparece ligado a la madera. La bibliografía fija en Roma el origen del tipo y está constatado que la solución estaba madura en el Renacimiento: su aparición en tratados como el de Serlio y, especialmente, los proyectos de puentes de Palladio de 1592 son buena prueba de ello. Pero también existen ejemplos anteriores: Luca Giorgi (2004), en el capítulo «La carpenteria lignea trecentesca delle chiese fiorentine» recoge y analiza una serie de estupendas celosías del trecento italiano del tipo que popularmente conocemos con el nombre de cuchillo español, lo que da pábulo para pensar que era una solución conocida ya en esta época.

El origen romano de las cerchas más sencillas no parece tener discusión: existen evidencias del empleo de soluciones atirantadas que evitan la introducción de empujes sobre los muros, e incluso de que el triángulo formado por los pares y el tirante (cordones superior e inferior) se completó con un pendolón —dando lugar a lo que se conoce como cuchillo simple—. Sin embargo existen dudas de que el tipo se completase con el empleo de maderos diagonales, llámense tornapuntas o jabalcones (Pariño 1999).

En su libro, Gómez (2006) realiza una lectura de los *Diez Libros de Arquitectura* de Vitrubio en los que incluye reproducciones de sendas láminas inclui-

das en las ediciones de Barbaro y Palladio de 1567 y de José Ortiz y Sanz de 1787 —ésta con una extrañísima solución de correas romboidales—. En ambas representaciones aparecen armaduras —cerchas— a dos aguas con tirante, pendolón y maderos diagonales, pero en ambos casos se reconocen en las láminas soluciones de la época. Dado la conocida carencia de láminas del texto de Vitrubio se suscita la duda de si estas interpretaciones gráficas no serán fruto de la aplicación de los conocimientos de la época en la lectura del texto y no la traslación del sentido original de éste.

En el caso de la primera solución citada, sorprende lo agudo de los ángulos que forma el tirante con los pares y, especialmente, con los tornapuntas —unos 22° —, situación que daría lugar a que los axiles que solicitan los maderos resultan elevados para armaduras de cierta luz. El tornapuntas divide al par en dos tramos aproximadamente iguales, pares que reciben cada uno 3 correas, a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de la longitud del madero, de tal forma que una de ellas apoya sobre el nudo del tornapuntas.

Los nudos inferiores presentan soluciones sorprendentes: en el encuentro del par con el tirante se dibuja, siguiendo la nomenclatura de Cassinello (1973), un ensamble en barbilla y no el usual ensamble en espera; el encuentro entre tirante, pendolón y tornapuntas se resuelve en un único nudo —en la carpintería clásica se separan los encuentros en dos— ofreciendo además una solución dudosa, dado que el diseño que se representa —un ensamble en espera sin cogote— sólo funciona para ángulos muy agudos con luces pequeñas. En caso de ángulos mayores su correcto funcionamiento depende bien de la disposición de elementos metálicos de unión entre pendolón y los tornapuntas o bien de la colaboración del enlace entre pendolón tirante, lo cual con las dificultades de los enlaces a tracción en madera y una tecnología de anclajes metálicos poco desarrollada semeja, como mínimo, arriesgado —en este caso no resulta claro el enlace previsto entre pendolón y tirante—. Si bien en las soluciones construidas con enlace metálico se suele evitar el contacto entre tirante y pendolón, en la segunda hipotética solución el contacto es obligado debido al acodamiento de los tornapuntas contra tirante y pendolón, como ocurre en el dibujo.

De hecho sí, en un intento de aproximación histórica, se comparan con los casos recogidos por Luca Giorgi (2004) con la lámina referida, la inclinación

de los pares suele ser algo superior — 25 ó 26° — aunque tres de los casos que presenta Luca Giorgi presentan pendientes similares de entre 21 y 23° . Si se miden los ángulos de los tornapuntas con el tirante, se pueden diferenciar dos subgrupos —con pendientes entre 38° y $53,5^\circ$ y entre 23° y 26° —. De este segundo grupo, sólo en la iglesia de S. Salvatore a Settimo el tornapuntas divide el par en dos mitades aproximadamente iguales. Es ésta una cercha pequeña, de $7,90$ m de luz, que presenta la particularidad de que el par recibe una sola correa apoyada sobre el encuentro con el tornapuntas, correa que además se dibuja romboidal —sin que las fotografías permitan afirmar o negar esta representación—. Los nudos entre pares y tirante no resultan visibles, pero el enlace del pendolón con el tornapuntas está perfectamente detallado y pertenece al tipo de ensamble en espera con un pequeño cogote que fácilmente podría pasar desapercibido. El encuentro pendolón tirante se realiza con caja, sin elementos metálicos. Estas notorias coincidencias levantan sospechas sobre la interpretación realizada al texto de Vitrubio.

En el intento de concretar un poco más el grado de desarrollo que los romanos dieron a las cerchas se han tratado de buscar otras fuentes que ayuden a fijar la evolución del tipo. Una de estas fuentes es la pintura.

En un fresco de la Gruta Vaticana se recoge el interior de la basílica de S. Pedro mandada construir por el emperador Constantino en el siglo IV. En esta pintura se puede apreciar que la armadura a dos aguas de la nave principal está compuesta por pares, tirante, pendolón y falso tirante, recuerdo quizás del nudillo. El apoyo sobre el muro se realiza con la parte interior del tirante, quedando aparentemente el encuentro de éste con los pares al exterior de los muros. En las naves secundarias, de altura decreciente, se emplea una armadura a un agua formada por un madero inclinado que define el plano de cubierta acompañado de tirante y tornapuntas. En la representación no se dibujan los apoyos —la misma solución se aprecia en las representaciones gráficas de San Pablo extramuros, basílica «gemela» de ésta, tras el incendio de 1823—. Miguel Carlos Fernández Cabo analiza, en unos párrafos muy interesantes, la solución aplicada en la cubrición de S. Pedro y S. Pablo, para las que señala unas luces de 24 – $24,25$ m, así como de su posibilidad fáctica, dado las implicaciones que suponen la existencia de tirantes de más de 24 m,

confirmando este autor la viabilidad de la solución (Fernández 1996).

Pero resulta extraño que, de conocer los romanos las armaduras trianguladas con tornapuntas, no las hayan aplicado en estas importantes iglesias cuyo origen está en una decisión imperial, y obvien así la ventaja de la disposición de tornapuntas intermedios que rigidicen la armadura y limiten las flexiones a las que se ven sometidos los pares.

Otra de las fuentes a la que acudir está en aquellas construcciones romanas que han llegado «íntegramente» hasta nosotros: me estoy refiriendo a las ciudades sepultadas por el Vesubio, Pompeya y Herculano. Henri Stierlin en su libro *El Imperio Romano. Desde los Etruscos a la caída del Imperio Romano* (Stierlin 1997) incluye dos secciones —una longitudinal y otra transversal— de la Reconstrucción de la Casa del Centenario realizada por Jules-Léon Chifflot en 1902. En ellas se aprecian varias armaduras, ninguna de ellas con tornapuntas. De entre ellas sobresale una cercha a dos aguas con pares, tirante, pendolón y dos péndolas —pero sin tornapuntas—. El hecho tiende a descartar la hipótesis del empleo de tornapuntas en las cerchas romanas.

Las líneas anteriores evidentemente no cierran el tema, pero apuntan a que la incorporación de los tornapuntas a las armaduras de cubiertas se produce entre los siglos IV y XIV, desgraciadamente un marco temporal demasiado amplio. Dentro de este marco, es indudable que la solución de estructuras trianguladas deriva más naturalmente de las cubiertas con pendientes suaves del sur de Europa que de las fuertes pendientes del norte, que suelen buscar un comportamiento tipo arco.

La concreción histórica de su origen y los estudios sobre su utilización histórica tienen un interés superior al meramente teórico: bien al contrario, son imprescindibles para evitar restauraciones —sustancialmente de cubiertas— equivocadas, que falseen el valor documental del monumento. Es sabido que la legislación vigente de protección del patrimonio considera el valor del edificio no sólo como monumento artístico sino también como documento histórico. Por ello las soluciones constructivas aplicadas en la rehabilitación tienen que ser congruentes con las fechas de construcción de éste. Desgraciadamente en la década de los noventa se han producido algunas rehabilitaciones de iglesias románicas gallegas que, debido a los problemas derivados de los empujes, han susti-

tuido sus armaduras de cubierta —muchas de ellas de par y tirante— por cerchas a dos aguas con pendolón y tornapuntas. Si bien es cierto que la definición del tipo estructural anterior todavía no está clara —según se desprende de las líneas anteriores—, hasta donde alcanzan los estudios realizados sobre las soluciones de cubrición de las iglesias románicas, y con los problemas de datación que conllevan, los resultados no permiten avalar esta sustitución. Problema añadido para esta historia de las soluciones de cubrición es que la gran mayoría de los estudios históricos —y con la excepción de aquellos que se refieren a elementos de gran valor— no aportan más datos sobre las soluciones constructivas de la cubierta que la referencia a que se trata de cubiertas de madera.

El problema puede parecer baladí con tal de no sustituir las soluciones existentes. Sin embargo existen un buen número de actuaciones del XIX en el que se produjeron sustituciones de cubiertas de edificios históricos de una forma no suficientemente justificada, y ahora que estas cubiertas exigen su sustitución es un buen momento para corregir errores pasados.

LAS CERCHAS TRADICIONALES

Las soluciones tradicionales de cerchas sorprenden al técnico formado en el campo de la teoría de estructuras actual por su alejamiento de las condiciones de diseño del tipo que prescribe la teoría: se emplean formas geométricas no estrictamente triangulares y por lo tanto geoméricamente deformables, se busca que los ejes de las barras no concurren en los nudos, se echa mano a la resistencia a flexión y cortante para recibir las cargas y para realizar los apoyos... Y finalmente solución constructiva —la ejecución— de las uniones condiciona de manera muy significativa el diseño de la armadura, de forma bastante más profunda que la consabida disposición de las barras a compresión para facilitar la ejecución de los nudos: se podría decir que corrige la solución estructural.

En lo tocante al diseño la estructura, una de las características que llama enseguida la atención es la sencillez de trazado de éstas, que suelen limitarse a los esquemas más sencillos —al menos en las soluciones populares—, especialmente al llamado cuchillo español. Además, el diseño integra también los

requisitos no estructurales, desde la solución de la evacuación de las aguas a la protección del elemento, sustancialmente a su ventilación.

Los apoyos se suelen resolver con el tirante, que se prolonga más allá de la unión con los pares, para dotar de la resistencia a rasante de la unión garantizar la transmisión de cargas. De esta forma el tirante se embeute en el muro, resuelve con sencillez el apoyo a la vez que permite una sencilla colocación de la cubrición. La consecuencia es que de esta forma el tirante se vuelve mucho más de lo que su nombre recoge. Otras veces se resuelve desplazando verticalmente ambos cordones (superior e inferior) y enlazándolos sobre el apoyo con un cartabón, para lo que necesariamente se tiene que echar mano de elementos metálicos.

Se quiere empezar resaltando la separación entre ejes de las barras, desplazando algunas para no reducir la resistencia del conjunto, dado que los métodos de unión tradicionales reducen la resistencia de la zona. Esta situación obliga al empleo de escuadrías condicionadas por la unión, normalmente más gruesas de lo necesario, lo que a su vez suele originar fendas.

Los medios auxiliares de la obra estaban muy lejos de los actuales. Un problema específico de las cerchas es el mantenimiento de la estructura en su plano durante la construcción. Una solución empleada en uno de los ejemplos que siguen es la colocación de tornapuntas en el plano perpendicular a la celosía, tornapuntas que se ligan con el madero de cumbrera para garantizar la estabilidad durante el montaje. La construcción empieza con la colocación de dos cerchas contiguas unidas por la cumbrera que se solidariza mediante los tornapuntas transversales, originando un sistema de carga compartida, una estructura espacial embrionaria.

Como en el ensamble de los tornapuntas con el pendolón se emplea el ensamble en espera —lo que implica la realización de rebajes en el montante, zapas según la terminología de Nuere— y para no penalizar el montante con una reducción de área en una sección concreta, los tornapuntas transversales se disponen más altos, dotando a la estructura de una apariencia arbórea.

Dentro de las cerchas tradicionales junto a lo que podríamos llamar una construcción «profesional», que emplea escuadrías de ciertas dimensiones enlazadas con uniones tradicionales convenientemente ejecutadas convive una suerte de construcción «popular», que aparece no sólo en viviendas rurales sino

también en fincas urbanas, en la que se utilizan piezas apenas desbastadas, poco más que rollizos, enlazadas con una tecnología de uniones muy limitada.

A continuación se recogen tres ejemplos de armaduras de cubierta tradicionales de madera cuya conservación se amenazada situadas en la Galicia central.

CASO 1:

FACHADAS ESTRUCTURALES POPULARES EN CHAPA

Chapa es un pequeño núcleo rural gallego que está cambiando su carácter rural original por uno asociado a la segunda residencia. La casa tradicional, vinculada a las labores agrarias, está formada por una edificación principal destinada a vivienda, en uno de cuyos lados se coloca un patio de labor cerrado por una o varias edificaciones auxiliares. Estos edificios suelen disponer de dos pisos —bajo y alta— y tener una planta rectangular muy alargada, con el lado largo cerrando el patio y una cubierta a dos aguas de teja vana con la cumbrera paralela a los lados largos. Estructuralmente tienen una estructura muraria con forma de C que se completa con apoyos puntuales en el cuarto lado —machos o columnas—, de forma que este cuarto lado queda abierto al patio. Por motivos no aclarados —pero muy probablemente relacionados con las labores agrarias—, muchas de las construcciones auxiliares de este núcleo están resueltas con una suerte de fachada estructural popular. Desgraciadamente la transformación anteriormente indicada en unos casos y el abandono en otros están llevando a la desaparición del tipo —así algunas de las fotos que se incluyen tienen ya una década, puesto que las edificaciones que recogen han desaparecido en la actualidad—. Estas líneas tienen por tanto un cierto componente etnográfico.

Si bien aparentemente la fachada indicada parece formada por una viga en celosía simple, con cordones paralelos, montantes y diagonales de disposición alterna que se va apoyando sobre columnas de piedra, lo cierto es que la solución es mucho más elemental aunque ingeniosa: se trata de una serie de módulos formados por armaduras simples que se repiten para construir la fachada. Están basadas en una V invertida, y cuentan con diagonales, tirante y pendolón, que se disponen salvando cada uno de los vanos dejados por las columnas pétreas de planta baja. Por ello el tirante recibe el forjado de planta primera,



Figura 1
Un ejemplo de las construcciones referidas

funcionando también como viga. Como el canto de la armadura es igual a la altura de la planta, para servir de apoyo a la cubierta a dos aguas, se dispone un madero horizontal que se apoya sobre en el cogote del

pendolón y en unos pies derechos situados entre los distintos módulos. En los distintos ejemplos las armaduras mantienen bastante constante el canto —alrededor de los 3 m— si bien su luz oscila más —entre 5,00 y 7,50 m.

A partir de este planteamiento básico existen variaciones tanto en la realización de los nudos como en la disposición de otras barras auxiliares —probablemente con la misión de tupir un poco el plano de fachada y aparentemente sin misión estructural.

Los cambios que está experimentando el carácter del pueblo están afectando al tipo: abandono y ruina, sustitución total —se sustituye por una estructura de hormigón que se entiende más segura— o parcial —se sustituyen los montantes de madera por elementos de ladrillo o de hormigón—, o incluso su eliminación, dado que algunas de estas construcciones adjetivas se cierran y destinan a usos de vivienda.

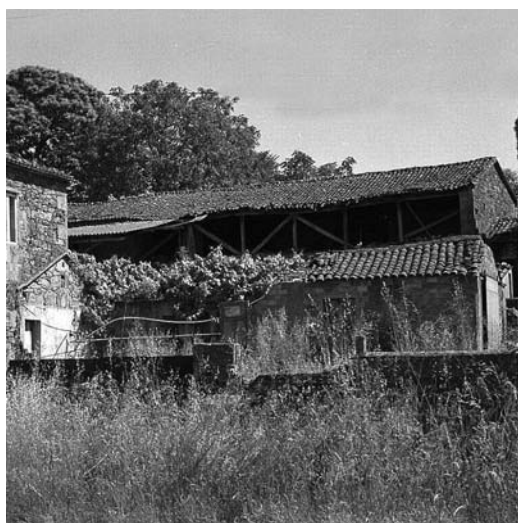


Figura 2
Otro ejemplo del tipo. Es visible el abandono

CASO 2: ASERRADERO EN TRAS CACHEIRAS

Está formado por un conjunto de tres edificaciones industriales cubiertas con cerchas de madera —todas ellas de una concepción semejante, estabilizadas me-



Figura 3
Interior del edificio principal del aserradero

diente pendolones transversales— situado en la proximidad del núcleo de Cacheiras —Santiago de Compostela, A Coruña—. En la actualidad se encuentra próximo a la ruina, peligrando su conservación para el futuro, situación que es el origen de estas líneas. El edificio fue incluido en la exposición «¿A dónde va? Arquitectura de la Madera. Aserraderos de la comarca de Compostela» realizada con motivo del Día Mundial de la Arquitectura del año 2008 por la Delegación de Santiago del COAG del 6 al 11-10-2008, para alertar de la más que probable desaparición de este patrimonio.

La estructura de la cubierta del edificio principal está constituida por un conjunto de cerchas —cuatro iguales y una apeada— dispuestas aproximadamente cada 4,00 m y apoyadas sobre pilas de ladrillo, de madera y de piedra. Un frente y un lateral de la edificación están cerrados con muros de ladrillos; el resto están abiertos. La cercha tipo es una armadura a dos aguas formada por pares, tirante, pendolón y torna-

puntas —un cuchillo español—, con la particularidad de que presentan un sistema de tornapuntas transversales. La estructura recoge una cubierta de teja vana que es soportada, a través de parecillos o cabrios, por tres correas colocadas sobre los pares con ejiones clavados —técnica que permite absorber las diferencias de dimensiones de las piezas—, de tal forma que en el caso más común una de las correas coincide aproximadamente con el nudo del tornapuntas, mientras que las otras dos originan esfuerzos de flexión en el par —en uno de los casos, el más desfavorable, ninguna de las correas coincide con nudo alguno: en una de las cerchas se modifica el ángulo de inclinación de los tornapuntas, lo que da lugar a la situación apuntada—. Las tres correas indicadas se completan con la correa de cumbre y con sendas correas soportadas por los extremos de los tirantes, que sirven de remate a los faldones.

Las armaduras cuentan con una luz libre del orden de 11,45 m —cercano al máximo que recomien-



Figura 4
Pendolón con las dos parejas de tornapuntas



Figura 5
Organización transversal de la cubierta

da el AITIM (1994) para ese tipo estructural —con un canto máximo de 3,78 m. Para esta situación la sección de pares y tirante es del orden de 15×28 cm—dimensiones que dan lugar a la aparición de numerosas fendas en estos elementos—, la del pendolón de 13×17 cm y la de los tornapuntas de 9×12 cm, si bien existen variaciones entre las distintas armaduras.

La armadura contigua al testero de ladrillo es diferente. De menor luz, es una armadura a dos aguas con pares, pendolón y tirantes, que sin embargo mantiene los tornapuntas transversales. Por uno de los lados apoya en un machón interior de ladrillo realizado ad hoc, mientras que por el otro lado se apea en una viga que se lanza desde la cercha contigua hasta el hastial. El par de esta cercha se prolonga en continuidad hasta el nivel de alero.

Para las uniones entre piezas se emplea el ensamble en espera de acuerdo con la designación que proporciona Cassinello en su clásico libro, en el que diferencia entre los ensambles en espera y en barbilla (Cassinello 1973, 101–104), tanto para el enlace entre par y tirante como entre pares y pendolón, mientras que para el enlace entre tirante y pendolón, de las tres cerchas principales no modificadas se emplean elementos metálicos en dos, manteniéndose separados los elementos enlazados. En la cercha que resta y en la apeada sólo se pudo constatar que el enlace carece de elementos metálicos y que existe contacto entre pendolón y tirante, sin poder aportar más datos. En lo tocante al encuentro de los tornapuntas con los



Figura 6
Ensamblés de la cercha nº 4

pares se ha constatado diversas uniones en caja, desde simple entalladura hasta doble cola de milano por tabla.

La necesidad de disponer el cogote para garantizar la resistencia del ensamble da lugar a que el pendolón resulte pasante con respecto a los pares, por lo que el madero de cumbrera —que se une con caja y espiga— resulta situado a mayor cota. También da lugar a que se prolongue el cogote del enlace entre pares y tirantes, lo que se aprovecha para realizar el apoyo de la estructura y colocar la correa de remate de la cubierta. Sin embargo esta decisión cambia radicalmente el comportamiento estructural del tirante, dado que a su situación de tracción característica se le añaden flexión y cortante como consecuencia de la separación entre el punto de apoyo y el encuentro con los pares.

Esta situación da lugar al desdoblamiento de los nudos, tanto el de apoyo con respecto al ensamble par-tirante, como al del encuentro pendolón-torna-

puntas y pendolón-tirante. Sin embargo, las dimensiones que se separa el ensamble de los tornapuntas del encuentro entre tirante y pendolón son muy superiores a las otras —unos 60 cm— ¿quizás por temor a las fendas que pueda producir el elemento metálico?

En un par de casos el tirante está formado por dos piezas que se empalman mediante un corte diagonal y el auxilio de un anclaje metálico (Cassinello 1973, 131).

En esta armadura se emplean una serie de tornapuntas transversales que dan a la estructura una apariencia arbórea, y que con la correa de cumbrera da lugar a un arriostramiento en K. Los encuentros de los tornapuntas transversales con el pendolón se desplazan con respecto al nudo formado por el pendón y los tornapuntas principales. De esta forma se evita que las reducciones de sección producidas por los distintos ensambles se concentren todos en la misma sección y provoquen la reducción del área neta del pendolón traccionado en la sección de encuentro, evitando así afecciones a la capacidad resistente del elemento.

Propuestas con empleo de tornapuntas transversales o de cumbrera existen en la tratadística. En el libro M^a Isabel Gómez (2006) citado anteriormente se recogen ilustraciones en las que aparecen estos elementos: se pueden encontrar en los tratados franceses del XVII —aparecen en el de Le Muet y en las láminas añadidas al tratado de La Hire, aunque en soluciones de armaduras sobreelevadas con pares interrumpidos— y quizás estén presentes en la armadura para la cubierta del Sheldonian Theatre de Wren. De todas formas, en las fuentes indicadas los tornapuntas transversales nacen por debajo o a la misma altura que los de la cercha principal, mientras que en nuestro caso lo hacen por encima de los principales.

En el caso que nos ocupa, el sistema de estabilización transversal es un sistema en K que combina dos tornapuntas transversales y una correa de cumbrera. En esta pieza de cumbrera está escrita la historia del montaje de la cubierta. El enlace entre los distintos tramos de ésta se realiza mediante cortes oblicuos —similares a los empleados en los tirantes— desplazados unos decímetros del plano de la armadura. Los cortes oblicuos permiten una cierta tolerancia en el montaje de las distintas cerchas al tiempo que los vuelos más allá del plano de la cercha son necesari-

os para permitir el enlace de la correa de cumbrera con el cogote del pendolón. Pero sólo una de los tramos de cumbrera rebasa las dos cerchas contiguas que le sirven de soporte. Los cortes oblicuos de enlace son en ésta además simétricos: se trata de la zona por la que se comienza el montaje de la estructura, las dos cerchas que se arriostran transversalmente con el sistema formado por la correa de cumbrera y los dos tornapuntas transversales que arrancan de ellas. Una vez estabilizadas éstas, se puede proceder a la colocación de las contiguas —por ambos lados— que se estabilizan de forma similar, pero en las que las correas de cumbrera apoyan en los voladizos que la primera ha dejado a ambos lados, al tiempo que deja un nuevo voladizo para el apoyos sucesivos.

Finalmente, hay que señalar que en el enlace entre las correas de cumbrera se utiliza la misma solución que para el enlace de los tirantes. Y también un enlace de caja y espiga para enlazar con el cogote del pendolón: el sistema de arriostramiento descrito es efectivo sólo si la correa es capaz de transmitir esfuerzos axiales conformando una celosía transversal. Ahora bien, el sistema así constituido resulta también eficaz para la transmisión de cargas gravitatorias, esbozando un comportamiento 3D del conjunto.

Dentro de las transformaciones exigidas por el uso, se sustituyó el tirante de madera de la cercha del testero por un tirante metálico colocado unos 50 cm más arriba. Esta decisión obligó a embridar el nuevo tirante sobre los pares, a recortar el cogote del pendolón y a perforar el tramo de éste que se mantuvo para permitir el paso del tirante metálico, así como a duplicar los apoyos —reduciendo la luz— para garantizar la estabilidad. Desgraciadamente la operación tuvo sus consecuencias, dado que se produjo el fallo del cogote por rasante, que únicamente se mantiene como consecuencia del efecto pasador que realiza el tirante.

En la estructura se aprecian también otras lesiones, como el fallo de un enlace par-tirante como consecuencia del la aparición de una fenda longitudinal en el tirante, que da lugar a una superficie de fallo no prevista al aproximarse la fenda al vértice del ensamble. También en otro de los edificios se produjo el fallo del tirante y la desaparición de un tornapuntas. La consecuencia más evidente fue el giro de la columna encargada de servirle de apoyo.

CASO 3:**CASAS EN HILERA EN EL VAL DE LEMOS**

Se trata de un grupo de viviendas sociales de los primeros 50 compuestas por planta baja y primera. Cada vivienda ocupa una dimensión en planta de $8 \times 8 \text{ m}^2$ — $7,50 \times 7,50 \text{ m}^2$ libres—, y están resueltas a base de muros de carga que se cubren con cubierta a dos aguas. La estructura de la cubierta es una suerte de estructura arbórea espacial realizada con rollizos. En este caso la amenaza de la de su desaparición proviene de las operaciones de retejado y aprovechamiento del espacio bajo cubierta.

La estructura de la cubierta está formada por dos cerchas perpendiculares que comparten el pendolón y apoyan en el centro de las caras de los muros. Ambas cerchas tienen un trazado a dos aguas con un canto máximo de 2,38 m. Están formadas por pares, tirante, tornapuntas y un pendolón compartido, lo que da lugar a una solución bidireccional. El hecho de compartir el pendolón da lugar a que los puntos de apoyo de los tornapuntas secundarios se desplazan hacia arriba unos 50 cm entre ejes, de la misma forma que en el ejemplo anterior. A su vez el enlace de los tornapuntas principales se separa 55 cm de la unión del pendolón con el tirante. Sin embargo en el encuentro con el pendolón, los pares concurren todos a la misma altura.

Para conseguir una cumbrera horizontal se emplea una viga de madera que apoya en los muros, en el cogote del pendolón y en dos pequeños pies derechos —pilarejos o manguetas según Paricio (1999)— colocados sobre el cordón superior de la cercha transversal, apo-

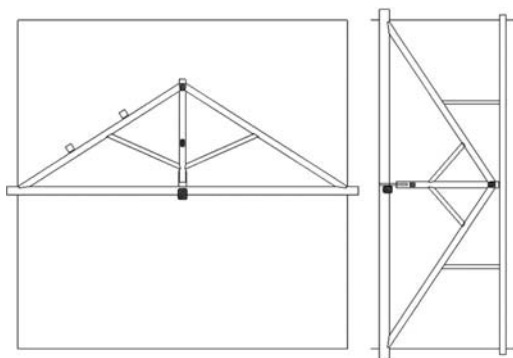


Figura 7
Esquema de la cubierta descrita



Figura 8
Detalle del pendolón de la cubierta

yando sobre el par. Se da la particularidad que el pendolón se ata al tirante de 22 cm de diámetro de la cercha transversal —no al de la principal— aunque éste se machihembra con el tirante de la principal. Como solución del enlace se emplea el ensamble en espera —de acuerdo con la designación de Cassinello que otros llaman en barbilla—, salvo en los encuentros entre tornapuntas y pares, que se clavan, y la unión pendolón-tirante, realizada con una pieza metálica metálico, evitándose el contacto entre las maderas de ambos elementos.

La cubierta se completa con sendas correas paralelas a cumbrera —una en cada faldón— que apoyan en los muros piñones y en la cercha transversal, que reciben los parecillos que soportan una cubrición de teja vana.

CONCLUSIÓN

Como síntesis se recogen una serie de características particulares de las estructuras articuladas que se han estudiado:

- Concepción basada en la intuición más que en conocimientos teóricos, lo que origina tanteos en las realizaciones
- Número de tipos reducido, pero siempre basados en disposiciones de barras trabajando a compresión
- Por necesidades de ejecución de los ensambles de unión, los ejes de las barras no son concurrentes, lo que lleva al desdoblamiento de nudos y a una desviación de la geometría del triángulo, lo que implica admitir la deformabilidad geométrica
- Frente a las connotaciones actuales del término «cercha», los esfuerzos de flexión y corte son importantes, siendo difícil catalogarlos de esfuerzos secundarios.
- Piezas de secciones considerables, por lo que suelen aparecer fendas, especialmente aquellas en las que se emplean elementos metálicos
- Atención a los requisitos de montaje: la carencia de medios auxiliares da lugar a soluciones cuyo comportamiento pasa a tener rasgos tridimensionales.

En el libro citado, Nuere (2000, 42) si bien indica la existencia de un tipo estructural diferenciado en País Vasco que también se da del otro lado de los Pirineos, no entra a tratarlo. Ejemplos de este tipo podrían ser —entre otros— la Torre Jaureguía en Navarra (Apezteguía 2005), el Palacio —si la memoria no falla— del Peredo en Santillana del Mar, reconvertido en Museo Interpretativo de Dinosaurios, y también, en lado francés, el Mercado de Sainte Sève-sur-Indre. Vallée Noire. La Châtre, entre otros.

Quizás la propiedad más destacada de este tipo sea el planteamiento bidireccional en planta, con encuentros con jabolcones en dos direcciones ortogonales, que en este caso se encuentran a la misma altura dado que mecánicamente la pieza se encuentra comprimida. En la Galicia central se conoce algún ejemplo de techumbre con planteamiento similar, si bien de mucha menor entidad. Por ello quizás se pueda especular que los rasgos tridimensionales apuntados en los ejemplos anteriores tengan algo que ver con esa corriente diferenciada que asoma en el norte de España extendiéndose hasta Francia.

LISTA DE REFERENCIAS

- Argüelles Álvarez, R.; Arriaga Martitegui, F. 1996. *Estructuras de Madera. Diseño y cálculo*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, AITIM.
- AA.VV. 1994. *Guía de la Madera*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, AITIM. Para las Cerchas de madera maciza con grandes escuadrías, se indica que el límite de utilización del cuchillo es de 7 m y de 12 m para la cercha con penolón y tornapuntas.
- Apezteguía. 2005. Torre Jaureguía en Navarra. Maite Apezteguía Elso. Tectónica 18. Rehabilitación I. Madrid, Marzo de 2005.
- Cassinello Pérez, Fernando. 1973. *Construcción. Carpintería*. Madrid: Ed. Rueda. El libro contiene una completa descripción de los ensambles entre piezas de madera. Desafortunadamente no existe un consenso unánime en la designación de los ensambles históricos. Así en libro del AITIM Estructuras de Madera. Diseño y cálculo, al ensamble que Cassinello denomina «ensamble en espera» se le designa como «ensamble en barquilla», no recogiendo el ensamble al que aquí nos referimos, quizás por limitarse a recoger ensambles de uso estructural únicamente.
- Fernández Cabo, Miguel Carlos. 1996. «De los orígenes y desarrollo de las armaduras de cubierta latinas». *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid.
- Giorgi, Luca. 2004. «La carpenteria lignea trecentesca delle chiese fiorentine». Cap. Incluido en AA.VV. *S. Maria del Fiore e le chiese fiorentine del Duecento e del Trecento nella città delle fabbriche arnofiane*, 289–304. Florencia: ALINEA.
- Gómez Sánchez, M^a Isabel. 2006. «Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura (1500–1810)». Colección Arquitectura. Madrid, 2006. Publicación de la tesis doctoral «El proyecto de armaduras de madera: 1500–1810. De los métodos empíricos al cálculo científico: su evolución a través de los textos».
- Jan Bigazi, Daniela Vivarelli. 2004. *La carpenteria lignea della chiesa di San Barnaba*.
- AA.VV. 2004. *S. Maria del Fiore e le chiese fiorentine del Duecento e del Trecento nella città delle fabbriche arnofiane*, 305–310. Florencia: ALINEA.
- Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La Carpintería de Armar Española*. Madrid: Munilla-Lería.
- Paricio, Ignacio. 1999. *Vocabulario de arquitectura y construcción*. Barcelona: Bisagra.
- Stierlin, Henri. 1997. *El Imperio Romano. Desde los Etruscos a la caída del Imperio Romano*. Arquitectura Mundial. Taschen