

Módulo prefabricado de madera para cubiertas ligeras, en celosía estérea.

Por Carlos Asensio Galván.
Estudio de Arquitectura L.A.

Su campo de aplicación, aunque nace de las construcciones provisionales: refugios, casetas de obras, edificios transportables, etc, no tiene por qué reducirse a estas tipologías que únicamente limitan su adaptación a las construcciones de tipo permanente.

Este número vamos a dedicarlo a un aspecto muy específico de la construcción ligera, como son los módulos prefabricados de cubierta.

Hemos venido manteniendo y seguiremos haciéndolo desde estos artículos, que la construcción del futuro será en gran medida una construcción seca, en la que los edificios concebidos como montajes se fabricarán en diferentes talleres, bien como industrialización o como prefabricación. Esto no implica necesariamente la desaparición de materiales húmedos, hormigones, morteros, yesos, etc, sino su reconversión o la prefabricación para dar mejor respuesta a la necesidad de calidad exigida por arquitectos y usuarios.

Esta línea seca y de montaje no obstante tropieza con demasiados obstáculos. Es necesario que las industrias asuman en sus productos una flexibilidad tal que hay innumerables posibilidades de combinación de los elementos.

Necesariamente no podrán ser unidades constructivas demasiado complejas pues la complejidad limita el número de aplicaciones y en el otro extremo el elemento unitario, indivisible, permite muchas más aplicaciones, pero encarece la puesta en obra y se controla peor la calidad. Entre ambos está el grado idóneo de complejidad de la unidad que será diferente según el caso.

Aplicando esto a nuestro ejemplo nos encontramos con el problema de cubrir un espacio diáfano de forma barata y rápida con la menor cantidad de operaciones en obra y número de operarios, usando como material principal la madera.

Supongamos las siguientes hipótesis:

- Unidad a cubrir de $A \times B \text{ m}^2$ que corresponden a un elemento regu-

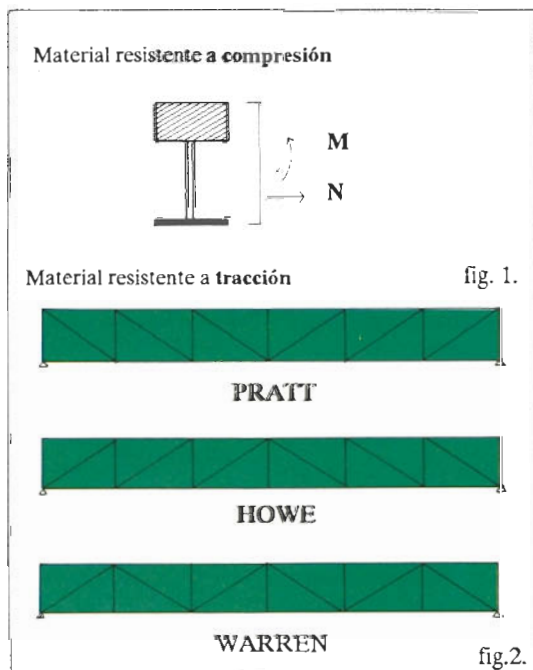
lar o no con soportes a una distancia a y b respectivamente.

- Los pies derechos deben estar arriostrados de forma que se impide su movimiento en cabeza y base, formando pórticos intralacionales.

- Todas estas hipótesis son equivalentes a 4 muros de carga, sobre los que apoya o articula la estructura de cubierta.

Desde el punto de vista estático, como es sabido, el funcionamiento básico de las estructuras planas es el de respuesta a las solicitaciones de flexión, descomponiéndolas en tracciones y compresiones.

El conocimiento de las características de los materiales lleva a una especialización de su aplicación buscando un menor coste de la estructura al aprovechar al máximo las resistencias mecánicas de cada uno de ellos. (fig.2)



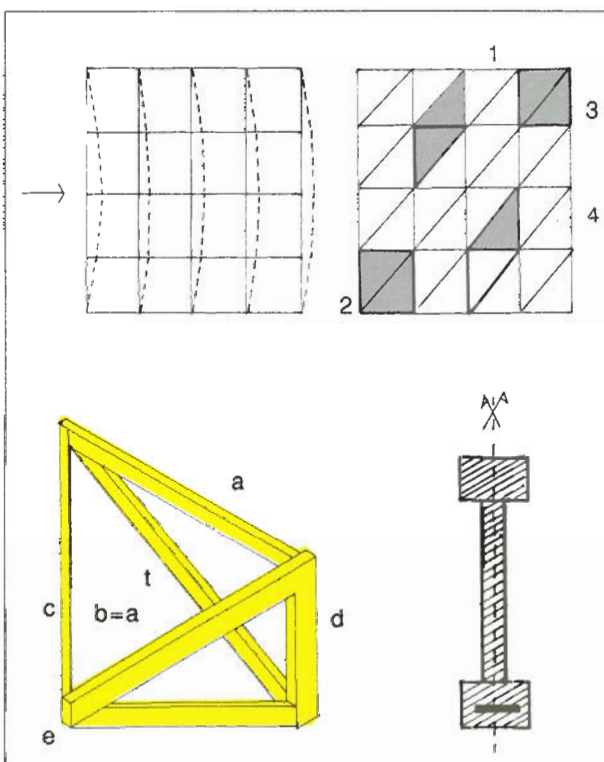
La respuesta a la solicitación de tracción se hace con la acción conjunta de un esfuerzo resistente y su distancia en la línea neutra, modificando ambas variables podemos conseguir grandes momentos resistentes, colocando poca masa a gran distancia, (ejemplo, cerchas de naves industriales) o mucha masa a poca distancia, (vigas planas).

De esta manera podríamos plantear un sistema prefabricado que pudiera dar respuesta a ambas posibilidades mediante unas vigas en celosía de canto variable con un cordón inferior de elevado límite de tracción o viceversa, caso de ser flectores negativos; sin embargo en este caso no planteamos momentos negativos al ser estructuras de cubierta para apoyos perimetrales. Desde el punto de vista tipológico podemos clasificar básicamente las vigas planas en celosía en: PRATT, HOWE Y WARREN. (fig.2)

Haciendo un trasposición al espacio de todas ellas que corresponde mejor a la construcción prefabricada en módulos en la viga Pratt, porque la diagonal de longitud $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, siendo a y b los catetos del triángulo, no trabaja a compresión evitando el pandeo, trabajando exclusivamente a tracción, siendo la parte importante la unión madera-madera. Además la disposición de compresiones en las barras provoca secciones mayores que rigidizan el módulo para el transporte, frente al débil cordón de la viga Howe.

En lo referente al tamaño de las piezas de unión conviene recordar que cuanto más pequeñas son las piezas resistentes mayores esfuerzos cortantes resisten proporcionalmente, ley de los cuadrados y los cubos. Esto lleva a uniones múltiples de entalladuras, espigas, etc, de pequeño tamaño que multipliquen linealmente a la disminución de tamaño, la resistencia a la cizalladura en una relación: resistencia $A^2/volumen A^2$.

Siguiendo en esta línea se podría plantear una solución con elemento bidireccional que llenando la totalidad del espacio formara una estructura estérea haciendo trabajar las juntas en compresión y confiando la tracción a una celosía de apoyo formada por tirantes de acero de alta resistencia. (fig. 3)



Pero al plantear una solución en retícula ortogonal tendremos muy poca rigidez frente a esfuerzos laterales producidos por empujes de viento o por desestabilización de muros lo que puede suponer un problema en cubiertas sobre apoyos puntuales no arriostrados, sin rigidez en cabeza. Para evitarlo incorporamos una coacción más en forma de barra que limite este movimiento de la estructura.(fig.3)

En la selección del tamaño de la unidad prefabricada tenemos las siguientes posibilidades: (Fig. 4).

Las posibilidades 1, 2 y 3 suponen una duplicidad de material en las direcciones principales al no ser económico calcular conjuntamente la resistencia de la unión de las barras con adhesivos, por su alto coste operativo. Esto lleva a hacerlas trabajar por separado siendo más complejo el ensamble de piezas y su cálculo.

Conviene recordar además, lo ya comentado sobre el espíritu de la construcción prefabricada.

Reducir costes de tiempo y mano de obra y aumentar la calidad al fabricar en taller elementos que podrían hacerse en obra. En nuestro caso habría que añadir: evitando la utilización de medios auxiliares, grúas, sopandas, etc y mano de obra especializada.

Todo ello nos conduce a un tamaño pequeño del elemento en el que la viabilidad constructiva sea coherente con la economía de material y la extrapolación a un modelo matemático de cálculo por ordenador.

La única que cumple todos los requisitos es la figura 4, un tetraedro irregular formado por 3 triángulos y un triángulo isósceles, que llena el espacio por iteración con un mínimo gasto de material, siendo un elemento indeformable y fácil de transportar, manejar y ensamblar.

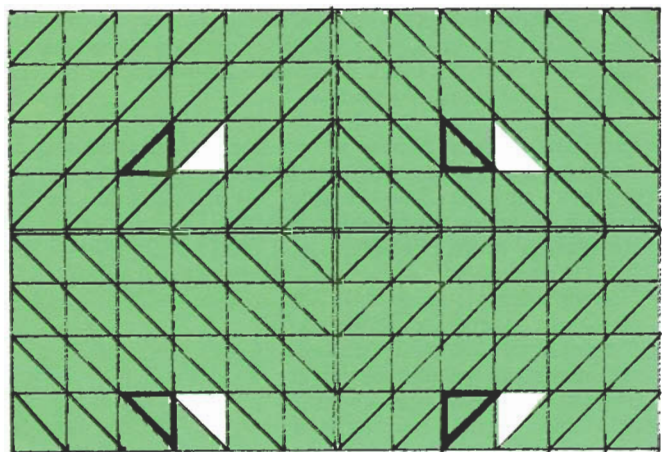


fig.4.

posición de los módulos en cubierta.

Solución tipo de cubierta con módulos de catetos iguales que permite la formación de vigas PRATT invirtiendo el módulo, y situando el cordón de mayor masa en la dirección principal correspondiente.

De sus dos direcciones principales una tiene mayor masa en el bloque de compresión, adecuándose a cualquier dirección del plano cambiando el tamaño de las barras y facilitando la colocación de un panel sandwich de cubierta.

El mayor inconveniente que plantean estas soluciones es la correcta ejecución del montaje, siendo más adecuadas las uniones madera-madera con placas o elementos que hagan trabajar uniformemente a toda la superficie, y los ensambles en barra del tirante para grandes longitudes que se pueden calcular para tornillos de alta resistencia o soldadura. De esta manera el sistema de montaje sería el siguiente:

VARIANTE 1

1º Construcción de la celosía de apoyo para tracciones. Su colocación será exacta, midiendo los ejes y dejando previstos los herrajes de unión a la cercha.

2º Se van colocando los módulos y adaptándose a la celosía hasta completar la estructura, pudiendo reducir las tensiones iniciales con el uso de sopandas a intervalos regulares.

3º Se colocan los paneles de cubierta y se quitan las sopandas.

VARIANTE 2

1º Se monta idénticamente a la solución 1, pero en el suelo.

2º Se levanta de puntos ya calculados y se posa sobre las cubiertas. (Sólo en cubiertas de pequeño tamaño).

VARIANTE 3

1º Se tensan los cables de tracción sin anclarse al muro.

2º Se colocan las piezas de la cercha y se anclan a los muros. (aparece una flecha).

3º Se destensan los cables apareciendo una contraflecha en la cubierta, que igualaría a la flecha debida al peso propio de la estructura, haciéndolo trabajar al cordón superior en compresión y al inferior a la diferencia entre la fuerza de tensado y la tensión de tracción.

Esta variante tiene escaso interés en el planteamiento de una estructura prefabricada, pero en cambio puede ser muy interesante para fabricación en taller, pero es imprescindible unir perfectamente el acero de tracción al bloque inferior de compresión tracción.(fig.3)

Pero realmente el estudio de la variante del pretensado tradicionalmente aplicado al hormigón, en madera debería ser motivo de un artículo propio, pues supone una sugerente aplicación de la industrialización a la cubrición de grandes luces.

