PÓRTICOS DE MADERA

DISEÑO DE Y SU ESTABILIDAD

Francisco Arriaga Martitegui y Miguel Esteban Herrero

En el planteamiento de una estructura de madera es imprescindible tener presente las limitaciones que presenta este material para la realización de las uniones. Normalmente, los enlaces se comportan como articulados y es difícil conseguir la transmisión de los momentos flectores como ocurriría con los enlaces rígidos. Por estas razones la madera da lugar a estructuras isostáticas o de bajo grado de hiperestaticidad, lo cual incide en el planteamiento de la estabilidad del conjunto. En este artículo se incluyen las ideas básicas que condicionan el proyecto de la estructura y que difieren respecto al modo habitual de diseño de estructuras en otros materiales como el hormigón y el acero en los que los enlaces rígidos son fáciles de conseguir.

Apoyo de pilares sobre la cimentación

En el proyecto de una estructura de una edificación formada por un pórtico la solución más eficaz desde el punto de vista de las tensiones en el material y de las deformaciones es la que dispone los pilares empotrados a la cimentación además de realizar todos los enlaces rígidos entre las barras, figura 1.a. Esto es prácticamente inevitable en el caso del hormigón armado y fácil de conseguir en la solución de acero. En el caso del hormigón los enlaces articulados sólo aparecen si la estructura es prefabricada. En el caso del acero el apoyo en la cimentación se realiza articulado, en pórticos de gran luz, para reducir las dimensiones de las zapatas al no transmitir momentos.

Sin embargo, en el caso de la madera los pilares, al igual que el enlace en la clave, serán normalmente articulados, figura 1.b. Esta solución obliga a que los nudos de esquina sean rígidos, lo que puede conseguirse con la madera laminada encolada fabricando semipórticos con esquinas curvas o por otros sistemas de triangulación que se explican más adelante.

Si se trata de pórticos formados por cerchas sobre pilares, figura 1.c, como la unión de la cabeza del pilar con la cercha es una articulación, no queda más remedio que empotrar los pilares en la cimentación para conseguir la estabilidad del conjunto. En la figura 2 se representa un tipo estructural posible en madera con los pilares empotrados en el terreno

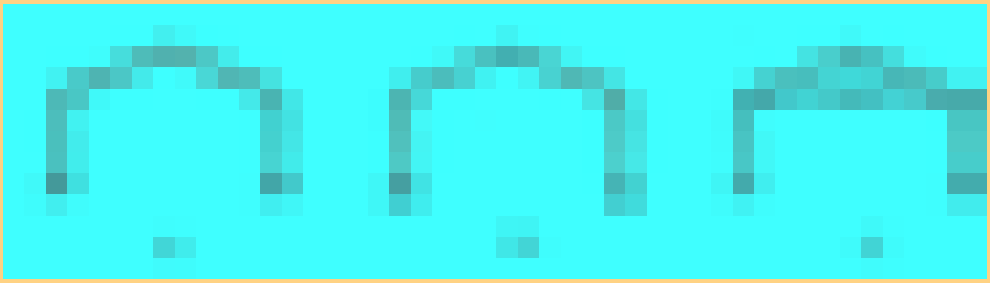


Figura 1

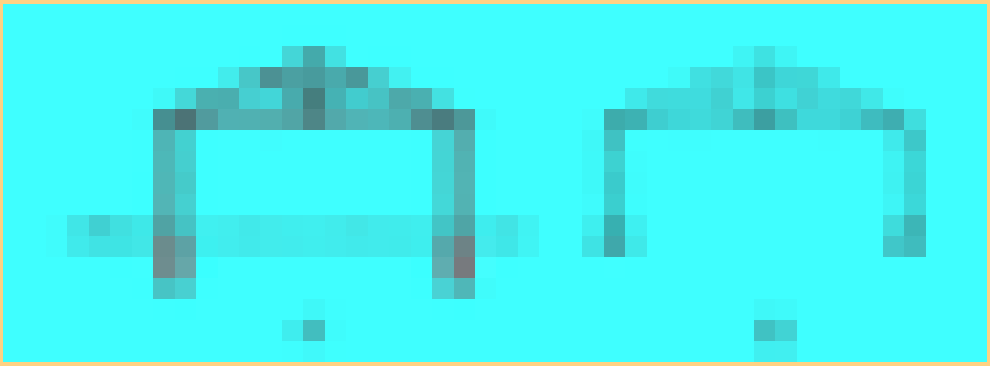


Figura 2

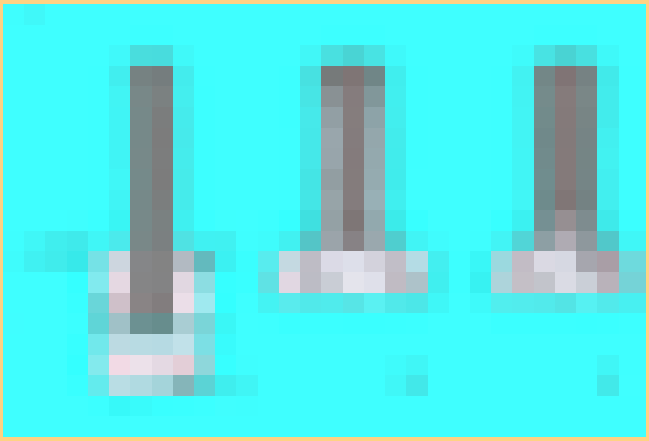


Figura 3

y con una cercha para la cubierta. Las opciones posibles para resolver este tipo estructural son varias.

La opción más sencilla es la de empotrar directamente el pilar en el terreno o rodeado de un pozo de hormigón para aumentar su sección, lo que disminuye la necesidad de profundidad, figura 3.a. Esta solución es frecuente en edificios de uso rural y obliga al tratamiento protector en profundidad de la pieza o a admitir una duración reducida (del orden de 7 a 10 años si no se trata la madera y superiores a 25 años si está tratada en profundidad). En norteamérica es habitual la fabricación de estos pilares con madera laminada clavada de manera que la sección transversal del pilar se forma con tres piezas superpuestas que se van relevando hasta alcanzar la longitud total. En estos casos el tratamiento en profundidad sólo afecta a las piezas que quedan en contacto con el terreno o el pozo de hormigón.

Otra solución, mucho menos frecuente, es la de conseguir la rigidez mediante uniones mecánicas a través de pletinas conectadas a la madera con pernos o tirafondos, figura 3.b. La importancia de los herrajes para poder transmitir la flexión obligará por lo general a sobredimensionar la pieza de madera y el coste del conjunto puede resultar superior al de otro tipo estructural que permita la articulación en la base del pilar. Como ocurre en todo intento de conseguir un enlace rígido en madera, y en mayor grado con las uniones mecánicas, el resultado es una unión semirrígida.

Finalmente, existe otra opción en la que se alcanza una rigidez muy elevada y es la solución con barras encoladas a la madera. Básicamente consiste en disponer barras de acero o de materiales compuestos que se anclan en la madera mediante una formulación epoxi que se conectan a una base metálica empotrada a la cimentación, figura 3.c. El principal inconveniente práctico que tienen estas soluciones es que precisan una cuidadosa ejecución en obra con personal especializado y no es frecuente que los fabricantes de estructuras estén habituados a utilizarlo.

Pórticos articulados en la base

Por estas razones lo común es recurrir a un tipo estructural que permita la articulación de los pilares. De este modo el tratamiento en profundidad ya no es imprescindible porque es posible separar la base del pilar del terreno con el fin de garantizar su duración. Para conseguir que la estructura sea estable con las dos articulaciones de la base de los pilares y la clave también articulada es necesario que los nudos de esquina sean rígidos. Esto se puede conseguir triangulando estas zonas mediante pilares en “V” como los indicados en las figuras 4 y 5. Igualmente pueden duplicarse los dinteles para mejorar la rigidez del conjunto como se recoge en la figura 6.

Para llegar a la construcción de estas formas lo más frecuente es emplear piezas dobles en los pilares mientras que las piezas de los dinteles son simples y tienen como anchura el hueco dejado por las piezas de los pilares. En la figura 7 se describe el despiece de una solución con los

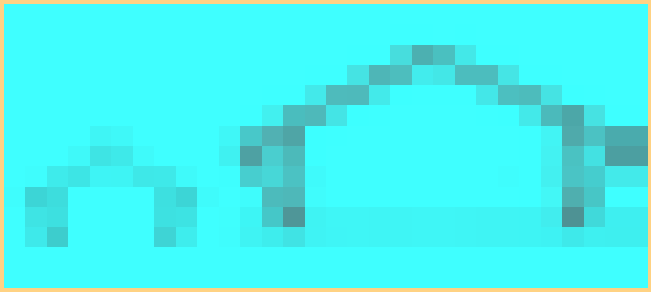


Figura 4

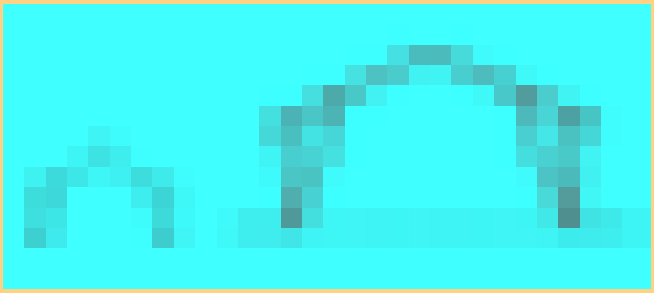


Figura 5

dinteles en “V” y los pilares dobles. En este caso el diseño se ve condicionado por el uso del edificio, para el que es necesario conservar una altura útil en todo el pórtico y no es posible la estabilización mediante piezas diagonales que lleguen a la cimentación. El axil de la barra inferior del dintel provoca una flexión importante en el pilar que en este caso se ve compensada en parte por el jabalcón del vuelo. Para el encuentro de las piezas en la clave se disponen cubrejuntas exteriores para alojar los pernos de conexión. Estas uniones se dimensionan como enlaces articulados.

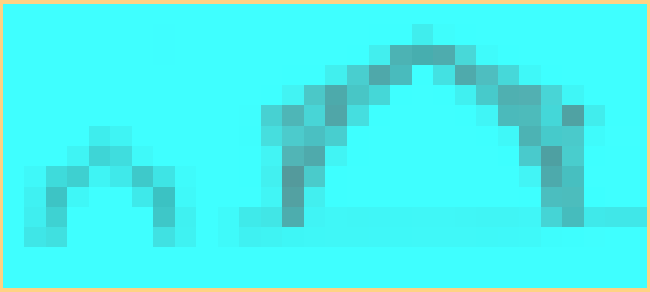


Figura 6

En la estructura representada en la figura 8 los pilares, formados por piezas dobles, son tres piezas en abanico a las que se ha añadido una barra horizontal que actúa en cierto modo como un tirante. Este despiece obliga a una base ancha para el pie de los pilares. Las luces que pueden salvarse con estos tipos estructurales en madera aserrada pueden variar desde los 7 a los 15 metros.

La estructura de la figura 9 emplea dinteles en “V” para triangular las esquinas y además incluye un tirante. El pilar está formado por dos piezas, el dintel y el tirante son simples y las tornapuntas dobles con un hueco mayor que obliga a colocar tacos para la conexión con las piezas

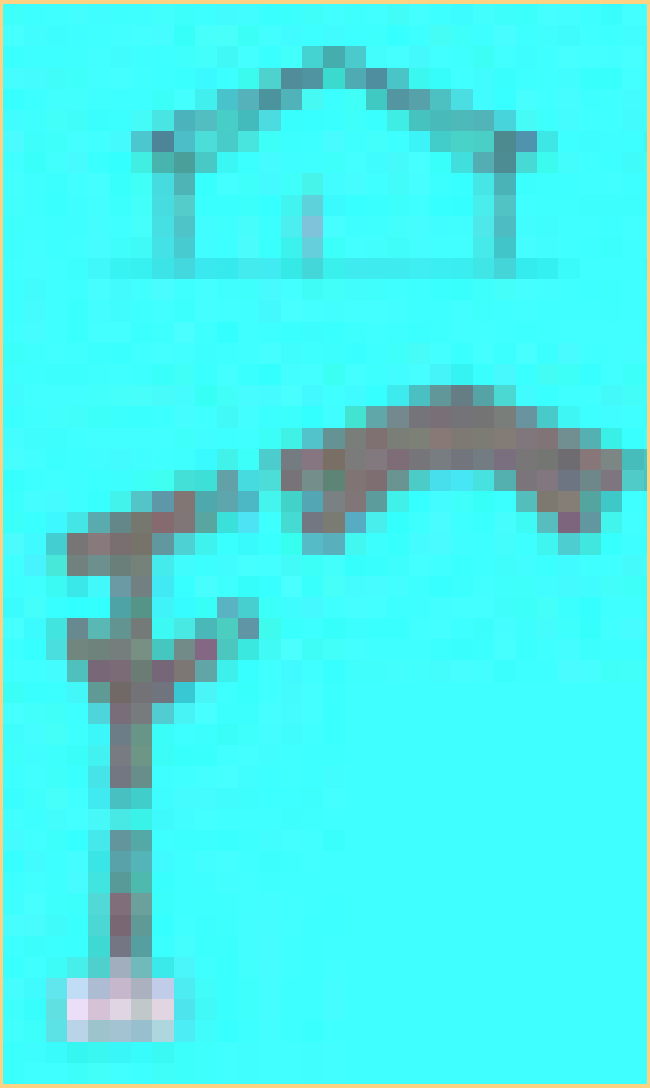


Figura 7

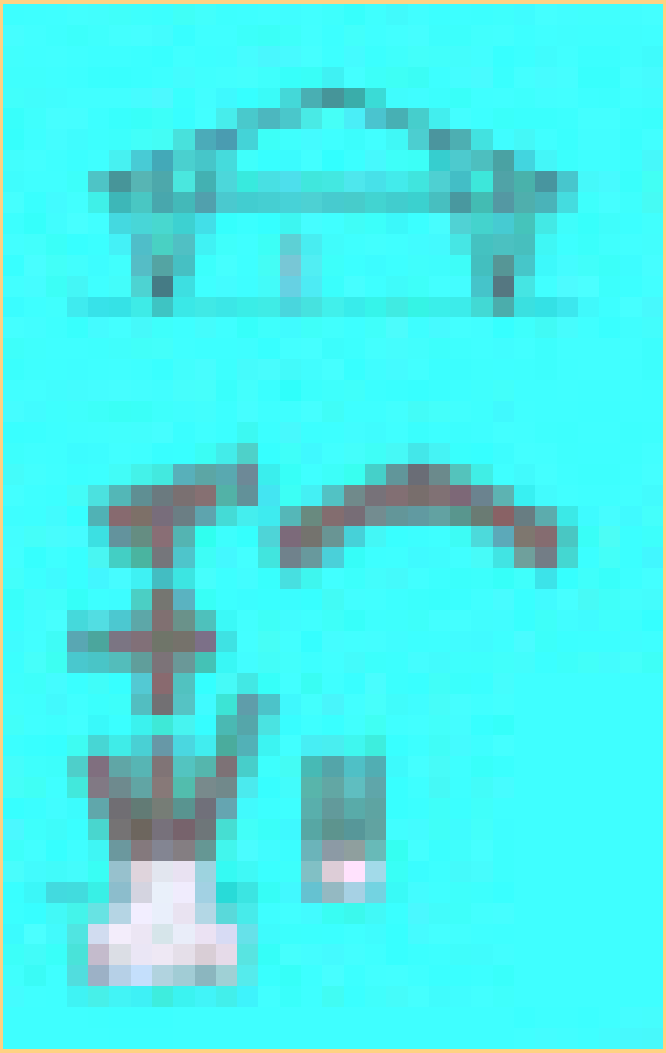


Figura 8

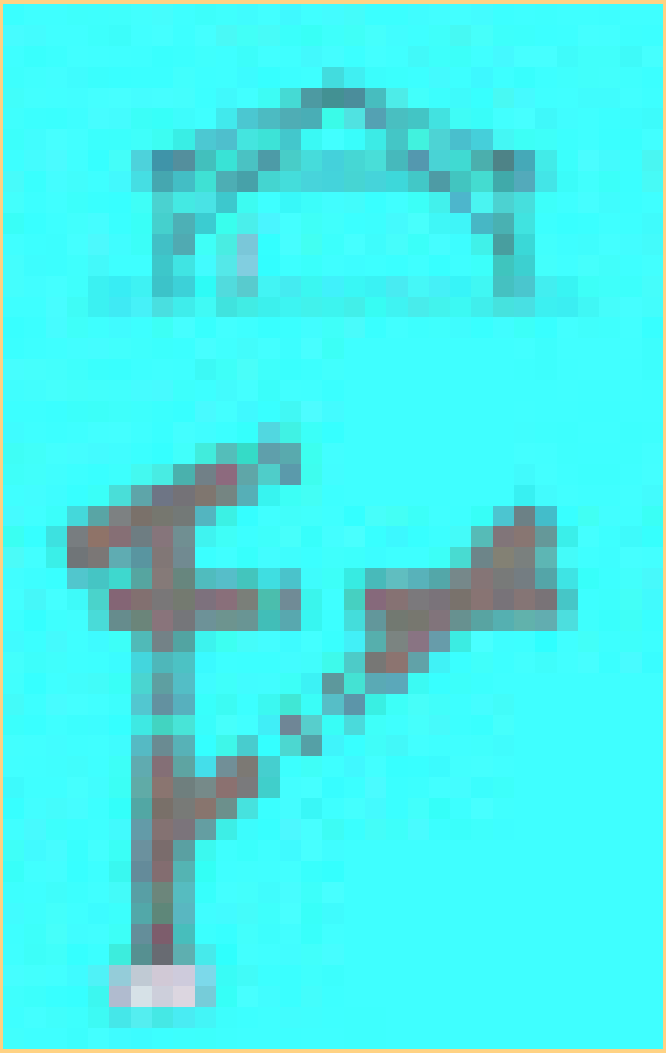


Figura 9

simples. El punto crítico de esta solución se encuentra en la flexión del pilar producida por el encuentro con la barra inclinada. La solución de la figura 10 es similar a la anterior pero la diferencia principal es que la barra horizontal queda más elevada con lo que normalmente estará trabajando a compresión. En cierta manera esta forma trabaja como un arco y otra vez el punto crítico se encuentra en la flexión del pilar.

En todos estos casos es conveniente que una vez conocidos los esfuerzos en las barras se estimen el tipo y número de elementos de fijación, ya que es frecuente que sea necesario aumentar las escuadrías para que cumplan las especificaciones de separaciones y distancias. Como orden de magnitud se precisan separaciones entre pernos de 7 veces el diámetro en la dirección de la fibra y de 3 a 4 veces en dirección transversal. La distancia a la testa es de 7 veces el diámetro y la distancia a los bordes de 4 veces.

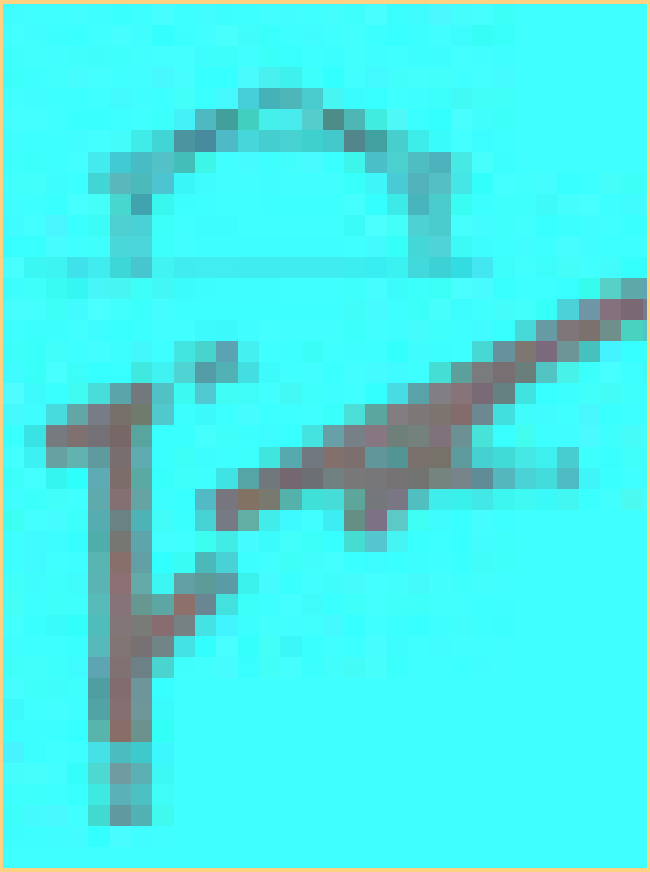


Figura 10

Finalmente, en la figura 11 se representa un tipo estructural construido en madera aserrada y empleado en naves industriales en el que los pilares pueden quedar articulados en la base gracias a que el nudo de encuentro entre los pilares y el canto de la viga de celosía es rígido. En este caso la rigidez se consigue fácilmente porque el extremo superior del pilar constituye el primer montante de la celosía, de tal forma que puede considerarse como un pórtico de nudos rígidos.

Estabilidad transversal

La estabilidad del conjunto de la edificación debe garantizarse también en la dirección transversal a los pórticos principales. Aunque este aspecto no tiene apenas influencia en el diseño del pórtico, presenta problemas similares derivados de la falta de rigidez al giro de los enlaces en madera. La estabilidad transversal suele consistir en la triangulación de alguno de los paños entre pórticos principales, tanto en las paredes como en la cubierta, figura 12. Su función es la de resistir los esfuerzos del viento, además de conseguir la estabilidad transversal.

En la construcción prefabricada ligera es frecuente que la estabili-

dad transversal se alcance mediante la disposición de diafragmas en cubierta y paredes. Un diafragma constituye una viga de gran canto aprovechando el tablero de cerramiento unido adecuadamente a la estructura principal.

Figura 12

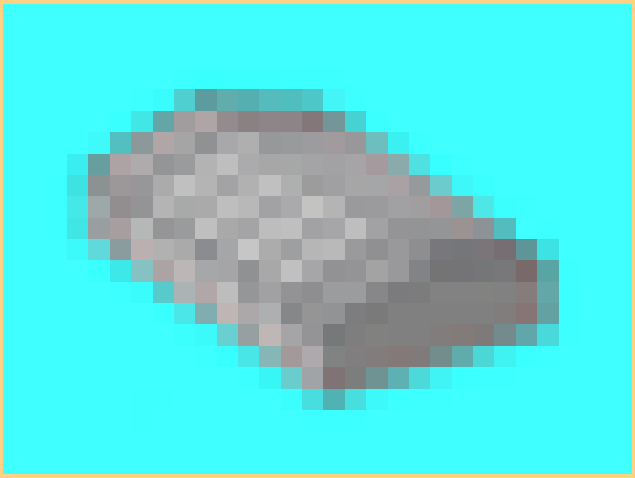
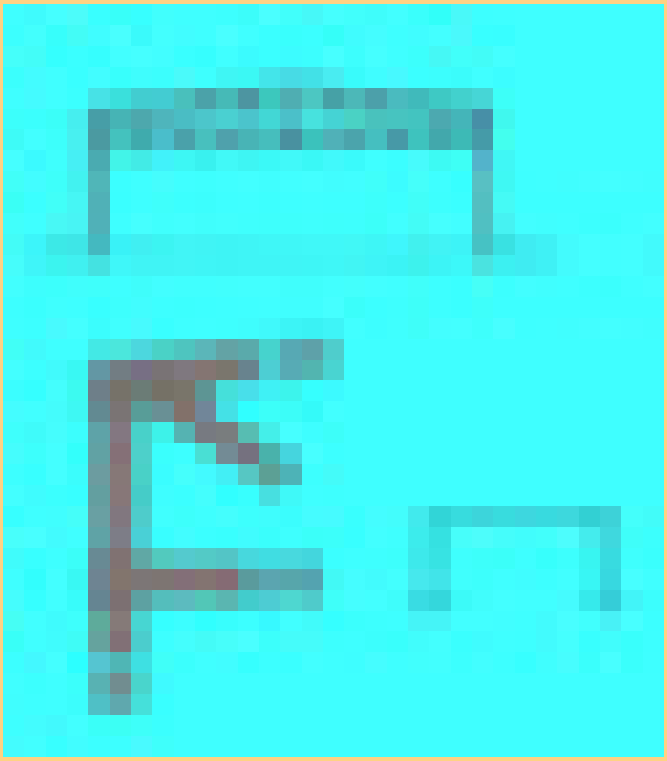


Figura 11



Libre
Publicidad

Libre publicidad