

MEDIOS DE UNIÓN DE PIEZAS DE MADERA ESTRUCTURALES

GENERALIDADES

La resistencia y estabilidad de una estructura de madera depende de forma muy importante de las uniones que mantienen juntas todas las partes y todos los elementos. Al compararlas con los otros tipos de estructuras, las de madera presentan como ventaja la facilidad y variedad con que se pueden unir sus elementos, que es algo más complicada en las estructuras metálicas, siendo ambas superadas por las de hormigón, donde las uniones son más sencillas y la continuidad mayor.

La resolución de los encuentros de elementos estructurales de madera se solucionó desde tiempos pasados a través de dos sistemas:

- Mecanizando la propia madera de los nudos (por medio de ensambles, también llamadas “uniones tradicionales”).
- A través de piezas metálicas que se han venido llamando de una manera genérica y algo confusa etimológicamente, “uniones mecánicas” (*) como oposición a uniones químicas. Estas últimas denominadas “uniones encoladas” se realizan con adhesivos.

Ambos sistemas se siguen utilizando actualmente, aunque las “mecánicas” son las más habituales en algunos casos y por diversos motivos se siguen utilizando las “tradicionales”.

(*) Tanto en la normativa como en el mercado se usan indistintamente los términos uniones, conectores y fijaciones, aunque no es correcto hacerlo. Las uniones mecánicas suponen inicialmente un sobre coste que puede ser inicialmente alto, pero en el largo plazo resultan muy rentables debido a su fiabilidad, lo que repercute en el tiempo de vida estimado de la estructura.

Los objetivos generales de las uniones son:

- Hacer trabajar las piezas a esfuerzos normales evitando los esfuerzos de tracción perpendicular a la fibra.
- Ser simétricas y concéntricas para evitar la aparición de excentricidades de tensiones.
- Permitir cambios dimensionales de la madera debido a los cíclicos cambios de su contenido de humedad según varían las condiciones ambientales. Hay que tener en cuenta que los elementos metálicos también sufren pequeñas dilataciones.
- Resistir, en el caso de que se produzcan, esfuerzos alternos de tracción y compresión.
- Evitar agrupar elementos que puedan originar desgarros en los elementos manteniendo unas distancias mínimas entre ellos.
- Evitar acumulaciones de agua, tanto líquida como de condensación.
- Evitar el contacto directo con el hormigón o mampostería y si es posible con el terreno, ya que todos ellos, en mayor o menor medida, son fuentes de humedad.

TIPOS

Uniones tradicionales de madera

Las piezas se unen mediante el mecanizado de las piezas de madera (ensambles a base de rebajes, cajas, espigas, esperas, etc.), para que éstas encajen entre sí y puedan trabajar en bloque. Forma parte de la carpintería de armar que se diferencian de la carpintería fina o de taller, en que son estructurales para poder resistir los esfuerzos a que esté sometida; y están recogidas en publicaciones especializadas. Dependiendo de la forma en que se unan las piezas se suelen distinguir tres tipos:

- Empalme: cuando las piezas se encuentran de testa.
- Ensamble: cuando las piezas se unen con un cierto ángulo.
- Acoplamiento: cuando las piezas se unen por sus caras.



Foto: a) Embarbillado simple y b) Rayo de Júpiter. Cortesía del Grupo de Investigación de Construcción con Madera de la UPM.

Uniones mecánicas

Se denominan así a las realizadas con elementos metálicos, también llamados genéricamente herrajes, que son los responsables de transmitir los esfuerzos entre las distintas piezas de madera y resolver el nudo (**).

(**) El CTE en su apartado 4.6.2 Elementos mecánicos de fijación hace la siguiente diferenciación.

1.- Los elementos mecánicos de fijación contemplados en este DB para la realización de las uniones son:

- a) de tipo clavija: clavos de fuste liso o con resaltos, grapas, tirafondos (tornillos rosca madera), pernos o pasadores.
- b) conectores: de anillo, de placa o dentados.

2.- En el proyecto se especificará, para su utilización en estructuras de madera, y para cada tipo de elemento mecánico de fijación de tipo clavija:

- a) resistencia característica a tracción del acero $f_{u,k}$;
- b) información geométrica que permita la correcta ejecución de los detalles;

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE - Beneficios de construir con madera

UNIONES Y FIJACIONES EN ESTRUCTURAS DE MADERA MACIZA: GENERALIDADES

Fecha actualización: 28 de Julio de 2023

Página 2 de 6



Foto: Estribos en estructura de Madera Laminada Encolada. Cortesía Maderas Cunill S.A. Macusa; www.macusa.es

Se pueden clasificar de acuerdo a su:

a.- Forma o geometría

- Puntuales o de clavija

Clavos, grapas, tirafondos, tornillos, pernos y pasadores. El esfuerzo se transmite mediante flexión de la clavija y a través de tensiones de aplastamiento de la madera. Se utilizan tanto como conectores de pequeñas secciones de madera, como fijaciones de otros conectores.

- Lineales y de superficie

Son palastros o chapas que se colocan en una o las dos caras del nudo a afianzar, directamente (placas dentadas) o mediante fijaciones tipo clavija.

- De disco y anillo

Son piezas normalmente metálicas con forma de disco o anillo que sirven de refuerzo a conectores de tipo perno. Se colocan en la cara interior de las piezas. Con ellos el esfuerzo se transmite a través de una mayor superficie.

- Tridimensionales y especiales

Son piezas metálicas con diferentes formas abrazan una pieza de madera o se embuten en ella y la fijan a otra situada en otro plano.

En todos los casos existe una enorme variedad de tipos en función de la multitud de posibles encuentros que se producen en estructuras de madera y de las variantes dimensionales de éstas. En los catálogos de los fabricantes pueden encontrarse muchas variantes.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE - Beneficios de construir con madera

UNIONES Y FIJACIONES EN ESTRUCTURAS DE MADERA MACIZA: GENERALIDADES

Fecha actualización: 28 de Julio de 2023

Página 3 de 6

b.- Función

En este caso se utiliza la clasificación recogida en las normas europeas disponibles.

- Conectores (Norma armonizada EN 14545):
 - Placas.
 - Anillos (abiertos y cerrados).
 - Placas dentadas (a una cara y a dos caras).
 - Placas-clavo o placas para clavar.
 - Placas perforadas para atornillar o clavar.

- Elementos de fijación tipo clavija (Norma armonizada EN 14592)
 - Clavos.
 - Grapas.
 - Tirafondos.
 - Pasadores.
 - Pernos.
 - Presillas.

c.- Fabricación:

- A medida
Se diseñan y fabrican para necesidades concretas. Requieren cálculo de resistencia mecánica.

- Prefabricados
Se adquieren bajo catálogo y la estructura tiende a adaptarse a ellos. Son aptos para soluciones estandarizadas e industrializadas. El fabricante aporta sus valores mecánicos y suelen ser más baratos.

Uniones encoladas

Las piezas se mantienen unidas mediante adhesivos que, en función de sus características, son capaces de transmitir, con mayor o menor eficacia, los esfuerzos a los que están sometidas las piezas.

Cartelas

Las piezas se unen mediante la superposición en el nudo de un tablero de madera (el más frecuente es el contrachapado), que se fija a los elementos mediante fijaciones (normalmente clavos) o encolada (más excepcionalmente).

COMPATIBILIDAD ENTRE EL SISTEMA DE UNIÓN Y LA MADERA

Hinchazón y merma de la madera

Los dispositivos de unión no deben restringir el movimiento de la madera para evitar que ésta se tense y pierda las cualidades estructurales requeridas.

En las uniones tradicionales (madera - madera) tiene gran importancia cuando las secciones son grandes ya que se pueden producir desajustes en el nudo debido al aumento del contenido de humedad de la madera bien accidental o bien porque no se corresponde a su clase de uso.

Durabilidad del herraje

Ha de verificarse que la durabilidad del herraje y de la madera es la adecuada (hay ambientes agresivos para un material y no para otro). Los elementos metálicos deben tener la protección requerida por las condiciones ambientales del lugar (interior, exterior o especiales como ambientes salinos o de productos químicos), que se explica con más detalle en cada tipo de sistema de unión.

Compatibilidad electroquímica

Aunque solo se produce en casos muy particulares (algunas especies concretas de madera), ha de verificarse la compatibilidad electroquímica entre la madera y el metal. Cuando se utiliza madera tratada con productos químicos, ha de verificarse que dicho tratamiento no produzca corrosión en el herraje (ver las instrucciones de los fabricantes del producto químico).

CÁLCULO

El cálculo depende del tipo de unión, véase Código Técnico de Edificación – Documento Básico Estructuras de Madera (CTE – DB SEM). De forma especial se comentan:

Influencia del deslizamiento en el cálculo de la unión

En el cálculo de esfuerzos y deformaciones de la unión es obligado considerar la influencia de los deslizamientos de las uniones mecánicas cuando entran en carga, cuya magnitud depende de los esfuerzos que intervienen y de la rigidez propia (el deslizamiento es, por ejemplo, mayor en clavos y pernos que en pasadores).

A las uniones se les debe exigir además buena ductibilidad. Las curvas de cargas – deslizamiento de cada medio de unión son muy variables.

- Unión encolada: es la más rígida y su comportamiento es elástico – plástico.
- Uniones empernadas: comportamiento semirrígido con una pronunciada ductibilidad.
- Uniones con clavos: comportamiento frágil si la densidad del clavado es fuerte y muy dúctil si es débil.
- Uniones con conectores de anillo y con conectores dentados: presentan una cierta ductibilidad.
- Uniones de placas metálicas: comportamiento (acentuadamente) semirrígido y relativamente dúctil.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE - Beneficios de construir con madera

UNIONES Y FIJACIONES EN ESTRUCTURAS DE MADERA MACIZA: GENERALIDADES

Fecha actualización: 28 de Julio de 2023

Página 5 de 6

Resistencia al fuego

Su comprobación afecta tanto a la madera como a las uniones. La madera de escuadrías medias y grandes) tiene un buen comportamiento frente al fuego, pudiendo llegar fácilmente a los 30 y 60 minutos, entre 100 y 180 mm respectivamente, pero las uniones constituyen un punto débil.

En las uniones tradicionales sin elementos metálicos o presencia mínima y sin relevancia estructural, corresponde a la madera la resistencia al fuego, la cual en general es buena ya que su disminución se debe exclusivamente a la pérdida de sección; en las uniones de caja y espiga o similares se pueden presentar problemas en la espiga, ya que por su pequeña sección pueden consumirse más rápidamente. En estos casos se recomienda añadir una sección de madera con carácter sacrificial.

En las uniones mecánicas la situación es menos favorable, ya que el acero sin proteger tiene una elevada conductividad térmica y sus propiedades mecánicas disminuyen mucho antes con el aumento de temperatura:

- En las uniones madera – madera – madera con elementos de fijación metálicos expuestos y dimensionados para una situación normal de cálculo, se estima una resistencia al fuego de 15 a 20 minutos dependiendo del tipo de fijación. Los pasadores son los que presentan mayor resistencia ya que están más protegidos por la madera. Con el sobredimensionado de la unión (aumento de las secciones con respecto a la situación de cálculo a temperatura normal), es fácil alcanzar resistencias al fuego de 30 minutos.
- En las uniones madera – acero – madera con herrajes o chapas no expuestos, embebidos o protegidos por la propia madera se pueden alcanzar con relativa facilidad resistencias al fuego de 30 y 60 minutos.
- En las uniones de madera – acero – madera con herrajes o chapas expuestos se requiere un estudio más detallado. La norma de madera remite al cálculo siguiendo la normativa de acero en caso de incendio. En esta situación es más difícil superar resistencias de 30 minutos, salvo que se disponga una protección añadida con otros materiales o elementos.

Comportamiento al sismo

Todos los conectores metálicos, y en particular los de tipo clavija, constituyen uniones semirrígidas elastoplásticas que son muy favorables ante sollicitaciones sísmicas y dinámicas, mejoran el coeficiente de amortiguamiento y alejan la estructura del riesgo de entrar en resonancia.

MÁS INFORMACIÓN

Publicaciones de AITIM - www.aitim.es

[Diseño estructural en madera AGOTADO](#). Miguel Nevado (pedir al Autor). 1999

[Estructuras de Madera. Bases de Cálculo](#). Ramón Argüelles y F. Arriaga. 2018

[Estructuras de madera. Uniones](#). Ramón Argüelles, Francisco Arriaga, Miguel Esteban, Guillermo Íñiguez y Ramón Argüelles Jr. 2015

[Uniones Metálicas en Estructuras de madera. Manual técnico](#) T y T Aginco. 2004

Revista AITIM

[Monográfico Uniones II Revista nº 329](#). Varios. 2021

[Uniones para madera Revista nº 318](#). VVAA. 2019

Pliego condiciones – www.aitim.es

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE - Beneficios de construir con madera

UNIONES Y FIJACIONES EN ESTRUCTURAS DE MADERA MACIZA: GENERALIDADES

Fecha actualización: 28 de Julio de 2023

Página 6 de 6

AITIM – Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera

www.aitim.es - informame@aitim.es