



UNIONES EN ESTRUCTURAS DE MADERA LAMINADA

Gabriel Orradre (TyT Aginco)

En las estructuras de madera laminada, debido a las buenas propiedades del material, en muchas ocasiones se salvan luces importantes y se llevan a cabo complejos diseños, que hacen que los esfuerzos que se transmiten entre las piezas de madera sean importantes. Por ello, el correcto diseño y cálculo de las uniones entre estas piezas cobra un protagonismo especial. El presente artículo pretende dar una visión de conjunto de las diferentes formas de solucionar las uniones en las estructuras de madera laminada.

Durante el desarrollo, en oficina técnica, de un proyecto de estructura en madera laminada, la fase de cálculo de las secciones de madera, normalmente antecede al cálculo de las uniones a utilizar.

Esta secundariedad en el proceso de cálculo no debe significar que tenga una menor importancia ya que las uniones constituyen puntos de transmisión de esfuerzos que pueden llevar al colapso de la estructura en el caso de que no presenten la resistencia necesaria.

Los tipos de unión utilizados normalmente en estructuras de madera laminada, pueden resumirse en la siguiente clasificación:

1. Uniones tradicionales. Se trata de uniones madera-madera en las que mediante un trabajo de talla se consigue realizar la unión de las piezas de madera sin necesidad de que intervengan otros elementos (en algunos casos puede ser necesario incluir algún elemento metálico que impida la descolocación de las piezas unidas). Ejemplos de este tipo de uniones serían los ensambles de caja y espiga y los ensambles en cola de milano.

2. Uniones mecánicas. Reciben esta denominación aquellas uniones en las cuales intervienen herrajes metálicos para la transmisión de esfuerzos. Existen dos subtipos de uniones mecánicas:

- Unión de clavija: ejemplo de ella serían el empleo de clavos, pernos y tirafondos. La transmisión de esfuerzos se realiza por aplastamiento de la madera y flexión de la clavija.

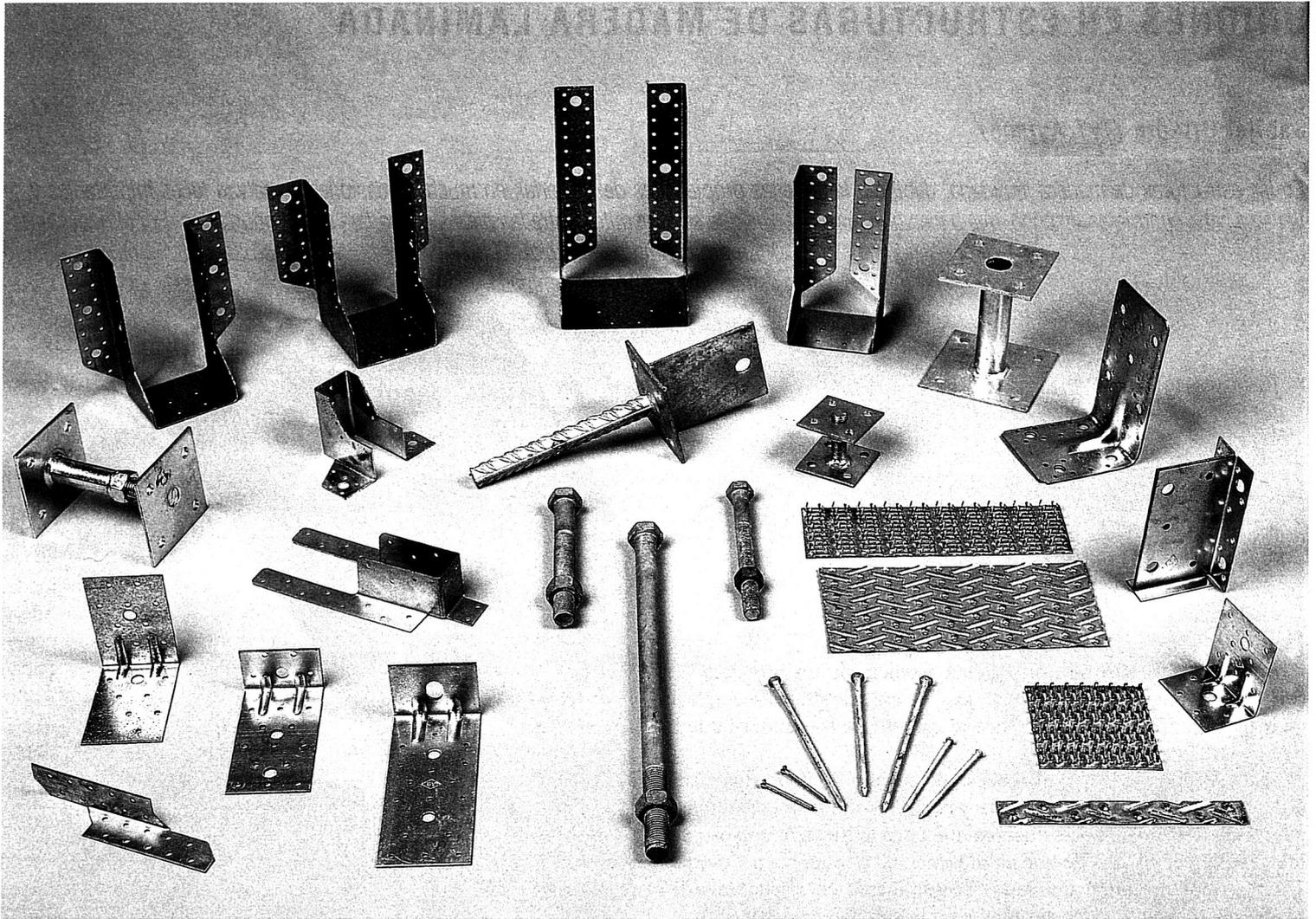
- Unión de superficie: aquella en que se utilizan conectores de anillo, de placa dentada... La superficie de contacto entre el herraje y la madera es superior, resistiendo por ello esfuerzos mayores.

3. Unión mediante herrajes. Este tipo de unión podría incluirse dentro de las uniones mecánicas ya que utiliza herrajes metálicos que son fijados a las piezas de madera, mediante clavijas metálicas, pero debido a su especificidad se considera una categoría propia. Pueden diferenciarse dos subtipos de herrajes:

- Herrajes singulares: son herrajes calculados y fabricados expresamente para solucionar una unión concreta de una estructura concreta. Normalmente se utilizan en uniones que deben soportar grandes cargas.



Unión mecánica mediante herraje



Ejemplo de la amplia variedad de herrajes singulares

- Herrajes estándar: se trata de herrajes fabricados en serie que permiten ser utilizados para solucionar múltiples uniones repetitivas que pueden darse en una estructura. Por su fabricación en serie, su precio suele abarata considerablemente. Estos herrajes estándar suelen poseer ensayos de resistencia certificados, llevados a cabo por el fabricante.

A la hora de diseñar y calcular uniones para estructuras de madera, es importante tener en cuenta una serie de condicionantes generales que afectan independientemente del tipo de unión empleado.

1. Tracción perpendicular a la fibra. Es posible que en función de la posición de la unión en una pieza de madera, se produzcan tensiones de tracción perpendicular a la fibra de madera, que pueden llevar al resquebrajamiento de la pieza. Estas tensiones, limitan por ello la capacidad resistente de la unión. Con el fin de eliminar o hacer mínima esta limitación de capacidad resistente, se recomienda que el elemento de fijación esté lo más próximo posible al borde no cargado de la pieza de madera en donde se aplica.

2. En el diseño de las uniones, siempre hay que intentar que éstas sean simétricas y concéntricas; esto evitará la excentricidad de las mismas, lo cual puede generar tensiones anómalas en los nudos de la estructura. Es preferible modificar la disposición de las

piezas de madera y de los elementos de unión a fin de evitar esa excentricidad, en los casos en que se produzca.

3. Otro aspecto que puede limitar la resistencia final de una unión es la agrupación de los elementos de unión utilizados. Es importante mantener unas distancias mínimas entre ellos, definidas para cada tipo de elemento de unión utilizado (clavos, pernos, tirafondos...) ya que si no se respetan estas distancias y se produce una agrupación de elementos en un área de la pieza de madera, es fácil que se produzca el desgarro de un trozo de la misma. La limitación de la resistencia por agrupamiento de medios de unión, se produce por el citado desgarro, antes de que se haya agotado la capacidad resistente de cada uno de los elementos de unión utilizados, por separado.

4. Deslizamiento de la unión. En el momento de poner en carga una estructura, los elementos de unión tipo clavija sufren deslizamientos debido a flexiones del metal y aplastamientos de la madera. Estos deslizamientos pueden originar deformaciones en la estructura que deben ser tenidas en consideración.

5. En los casos en que la unión está sometida a acciones que alternan esfuerzos de tracción y de compresión (inversión de esfuerzos), la unión debe poder resistir las dos situaciones siguientes:

Esf. Tracción + 0,5 Esf. Compresión

Esf. Compresión + 0,5 Esf. Tracción

UNIONES TRADICIONALES

Se trata de un tipo de unión en que una pieza de madera queda unida a otra directamente, sin mediar entre ellas otros elementos auxiliares; esto se consigue realizando trabajos de talla en las superficies de unión de las piezas de madera, de forma que mediante la inserción de una pieza en la otra por medio de cajas y espigas, ambas quedan ensambladas o empalmadas. La forma de trabajar de este tipo de uniones consiste en equilibrar los esfuerzos axiales mediante compresiones y esfuerzos tangenciales en las cajas y espigas talladas.

En las grandes estructuras de madera laminada, este tipo de uniones normalmente están restringidas a piezas de un orden constructivo secundario, como pueden ser correas y viguetas que apoyan sobre las piezas principales.

Las uniones de los elementos principales de la estructura están sometidas a grandes esfuerzos, lo cual implica que para solucionar estas uniones por métodos tradicionales sería necesario realizar tallas de gran tamaño, obligando por ello a sobredimensionar en exceso las secciones de madera.

Este sobredimensionamiento de las secciones de madera es en la mayoría de los casos antieconómico y condiciona mucho la estética de la estructura. Además, las uniones tradicionales están pensadas para transmitir esfuerzos de compresión, pero no resisten bien la inversión de esfuerzos, obligando a añadir herrajes apropiados como pernos o pletinas.

En la actualidad, con la generalización del empleo de máquinas de talla con control numérico, los trabajos de carpintería (talla) que hay que realizar a las piezas de madera se ha simplificado mucho, permitiendo competir en algunos casos a las uniones tradicionales frente a los otros tipos de uniones. Para considerar la posibilidad de utilizar este tipo de uniones, es necesario tener en cuenta si el ahorro de tiempo de montaje que se consigue puede compensar el encarecimiento del coste de la madera debido al trabajo de talla y a la necesidad de sobredimensionar las secciones en la mayoría de los casos. La peculiar estética que se logra con las uniones tradicionales (no se ve ningún herraje) puede ser un factor a considerar en determinadas situaciones.

Los tipos de uniones tradicionales son múltiples, ya que están sometidos a las costumbres y tradiciones carpinteras de las diferentes zonas geográficas. A modo de ejemplo podrían citarse:

- Ensamble de caja y espiga: se trata de un ensamble a compresión en el cual el esfuerzo se transmite a través de tensiones entre las superficies en contacto.

- Ensamble en cola de milano: es un ensamble a tracción, los esfuerzos de tracción son convertidos en esfuerzos de compresión y tangenciales.

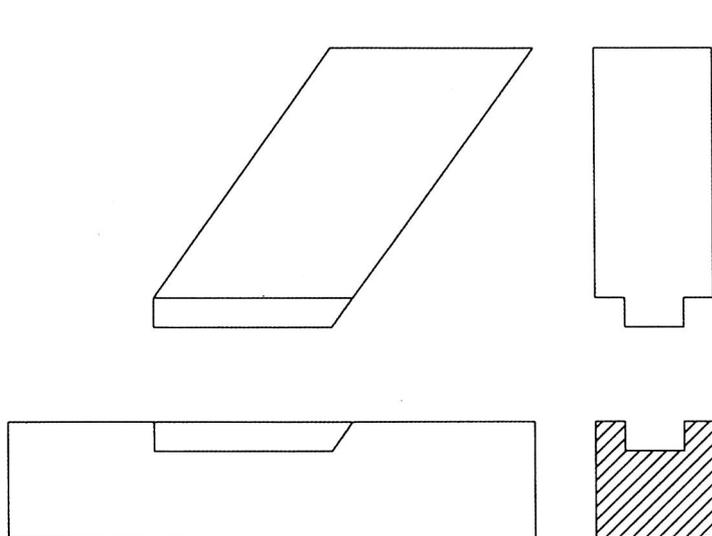
El cálculo de este tipo de uniones está basado en la comprobación de tensiones de compresión y tensiones tangenciales en los puntos de unión entre piezas (cogotes de las piezas). Debido a que las tensiones están muy localizadas es importante que la calidad de la madera sea elevada.

UNIONES MECÁNICAS

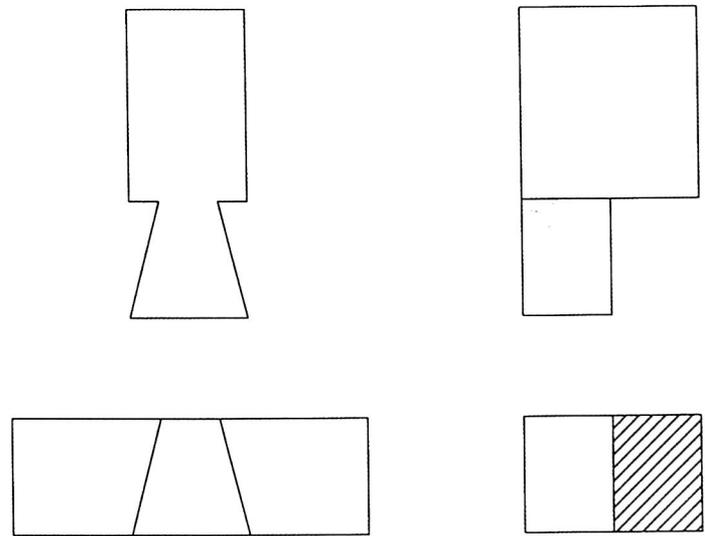
Como se definió anteriormente, se denomina uniones mecánicas a aquéllas en las que intervienen herrajes metálicos, transmitiendo los esfuerzos a través de aplastamientos de las piezas de madera, trabándolas.

Existen dos subtipos de uniones mecánicas, las denominadas clavijas, en las cuales el herraje atraviesa las piezas de madera, estando su vástago sometido a flexiones que generan tensiones de aplastamiento en las piezas de madera que traba (ejemplos de clavijas serían los clavos, pernos, pasadores, tirafondos...). El otro subtipo serían las uniones de superficie: en éstas la transmisión de esfuerzos se produce también por aplastamiento de las piezas de madera, pero en este caso debido a la gran superficie de contacto entre el herraje y las piezas de madera, las cargas que permiten transmitir son mucho más elevadas que en el caso de las clavijas. Ejemplos de estas uniones son los llamados conectores, en todas sus posibles variantes.

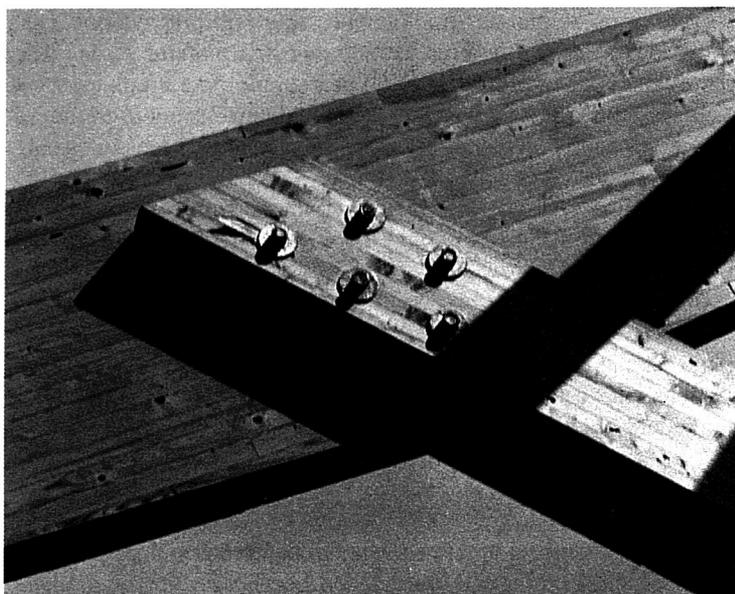
En las estructuras en madera laminada, este tipo de uniones mecánicas pueden ser utilizadas de forma independiente realizando por ellas mismas la unión (uniones madera-madera mediante pernos, clavos, conectores más pernos...) o bien actuar conjuntamente con un herraje metálico, en este caso la unión mecánica sirve



Caja y espiga oblicua



Ensamble de cola de milano a media madera



Unión realizada mediante pernos

para fijar las piezas de madera al herraje que actúa como nexo de unión (herrajes fijados mediante pernos o bien clavados).

A. Uniones tipo clavija:

A.1. Clavos: se trata de la unión por clavija más sencilla, normalmente en estructuras de madera laminada; son utilizados para fijar herrajes estándar y para la colocación de tablero de cerramiento en las cubiertas (también son utilizados para uniones de elementos de pequeña escuadría).

En función del uso al que se destinen los clavos, sus características son diferentes, los clavos destinados a la fijación de tablero y unión de pequeñas piezas de madera pueden alcanzar longitudes de hasta 300 mm con diámetros de 8 mm. Su fuste normalmente es o bien acanalado (acanaladuras longitudinales) o bien helicoidal (con mayor resistencia al arrancamiento). El tratamiento protector más adecuado para este tipo de puntas es la galvanización en caliente, ya que además de la alta protección frente a la corrosión, su acabado rugoso contribuye a dificultar su arrancamiento.

Para la fijación de herrajes estándar, se utilizan clavos con un diámetro que normalmente no excede los 4 mm (los orificios de los herrajes suelen ser de esta dimensión). El fuste de estos clavos especiales para la fijación de herrajes presenta una terminación helicoidal o anillada, ésta última presenta un mejor comportamiento al arrancamiento. Un aspecto importante en este tipo de clavos anillados, es su capacidad para permitir cierto grado de flexión. Esta ligera flexión permite que ante cargas importantes sobre el herraje, el clavo antes de ser arrancado, o partirse su cabeza, produce una ligera deformación del mismo que dificulta todavía más su arrancamiento.

A modo de orientación se puede indicar que las resistencias certificadas en sus respectivos ensayos de laboratorio para los clavos *AGINCO* ofrecen los siguientes valores: para un clavo anillado de 60 mm de longitud y 3,8 mm de diámetro:

- Resistencia a cortante (orientación paralela a la dirección de la fibra de madera) = 100 DaN (Valor admisible).
- Resistencia a cortante (orientación perpendicular a la dirección de la fibra de madera) = 110 DaN (Valor admisible).
- Resistencia al arrancamiento = 72 DaN (Valor admisible).

A.2. Pernos: en estructuras de madera laminada los pernos o bulones de acero son muy utilizados tanto para unir secciones de madera importantes directamente, como para fijar los grandes herrajes singulares sobre los que pueden apoyar los elementos estructurales. El diámetro de estos pernos oscila entre 16 y 24 mm y las longitudes son múltiples, desde los 40 mm (uniones metal-metal de herrajes) hasta los 500 mm. Estos pernos deben presentar un tratamiento de protección frente a la corrosión, el tratamiento que mejor resultado técnico y económico es el de la galvanización en caliente. Esta galvanización tiene el problema de que si no está correctamente realizada el hilo de la rosca puede no permitir el correcto giro de la tuerca sobre él. Es importante la utilización de arandelas que eviten el aplastamiento de la madera.

A.3. Pasadores: este tipo de clavija consta de una barra de acero circular con los bordes biselados, que se introduce en la madera por un taladro de diámetro ligeramente inferior al del propio pasador con el fin de que quede ajustado. La principal aplicación de los pasadores, en las estructuras de madera laminada, es la de unir piezas de madera a herrajes en alma. Estos herrajes consisten en una chapa en alma con orificios que se introduce en la madera por medio de un cajeado: posteriormente y por uno de los lados de la madera ésta se taladra, haciendo coincidir los taladros con los orificios de la chapa. Los pasadores se introducen por los taladros dejando la mitad de su longitud a cada lado de la chapa en alma. El taladro no debe ser pasante, para permitir que la propia madera actúe como tope en uno de los extremos. El agujero del otro lado, puede taparse con un tapón de madera o con masilla. El herraje, de este modo, queda totalmente oculto. Aunque el pasador no dispone de cabeza ni tuercas que impidan su movimiento lateral, el hecho de que el pasador entre con cierta presión en el taladro y la propia entrada en carga del pasador impiden ese movimiento lateral.

A.4. Tirafondos: los llamados tirafondos son uniones tipo clavija normalmente utilizados para fijar herrajes estándar (suelen traer orificios para clavos y tirafondos), piezas de madera de pequeña escuadría, etc..

La principal característica de los tirafondos es que una parte de su fuste presenta una zona roscada de gran paso que permite que el herraje se introduzca en la madera mediante su giro. Es importante realizar un pretaladro de diámetro igual al 70% del diámetro del tirafondo. Si no se realiza este pretaladro, la madera puede fenderse y, además, para diámetros grandes de tirafondo su introducción se ve muy dificultada. Este fuste roscado helicoidal permite una gran resistencia al arrancamiento.

La cabeza de los tirafondos puede ser de diferentes tipos, plana con ranurado para punta de destornillador plano o de estrella; cabeza redonda con ranurado también para destornillador y cabeza hexagonal, estos últimos suelen ser los de mayor diámetro y suelen denominarse también tornillos golosos.

A continuación, se plantea una introducción al cálculo de resistencia de las uniones de tipo clavija.

El cálculo de la resistencia de las uniones de tipo clavija está basado en las propiedades de los materiales que forman la unión: la madera y el metal de las clavijas.

Concretamente, las características que intervienen en el cálculo de resistencia son:

1. Resistencia al aplastamiento de la madera. Se define como la compresión máxima que es capaz de resistir la madera, que ejerce

un elemento lineal rígido (clavija) que la atraviesa. Las características de la madera y de la clavija que influyen en el resultado de esta resistencia son la densidad característica de la madera y el diámetro del elemento clavija.

2. Momento plástico del elemento clavija. Se trata de la tensión flectora (momento) que origina la plastificación completa del elemento clavija. La resistencia a tracción del material y su diámetro son las variables que modifican este momento plástico.

El método para calcular la capacidad de carga de las uniones tipo clavija consiste en aplicar las ecuaciones de Johansen, mediante las cuales se determinan todas las capacidades de carga de la unión, en función de todos sus posibles modos de rotura.

Finalmente, la capacidad de carga de la unión se corresponderá con la menor de las anteriormente determinadas. Las ecuaciones de Johansen consideran diferentes casos de unión:

- Uniones madera-madera, tanto para simple como para doble cortadura.

- Uniones madera-acero, en simple cortadura y en doble cortadura (tanto para pieza metálica en alma como piezas de acero laterales).

Los modos de fallo posibles varían para cada caso pero en todos ellos se considera el aplastamiento de cada una de las piezas de madera que intervienen en la unión y el agotamiento de los elementos clavija.

Para conseguir esta capacidad de carga teórica es preciso mantener unas separaciones y distancias mínimas entre los elementos clavija, con el fin de evitar desgarros de las piezas de madera, debi-

dos a tracciones perpendiculares a la fibra o a la agrupación de elementos de unión en una pequeña área de las piezas de madera. Estas separaciones y distancias mínimas están definidas para cada tipo de clavija.

B. Uniones mecánicas de superficie

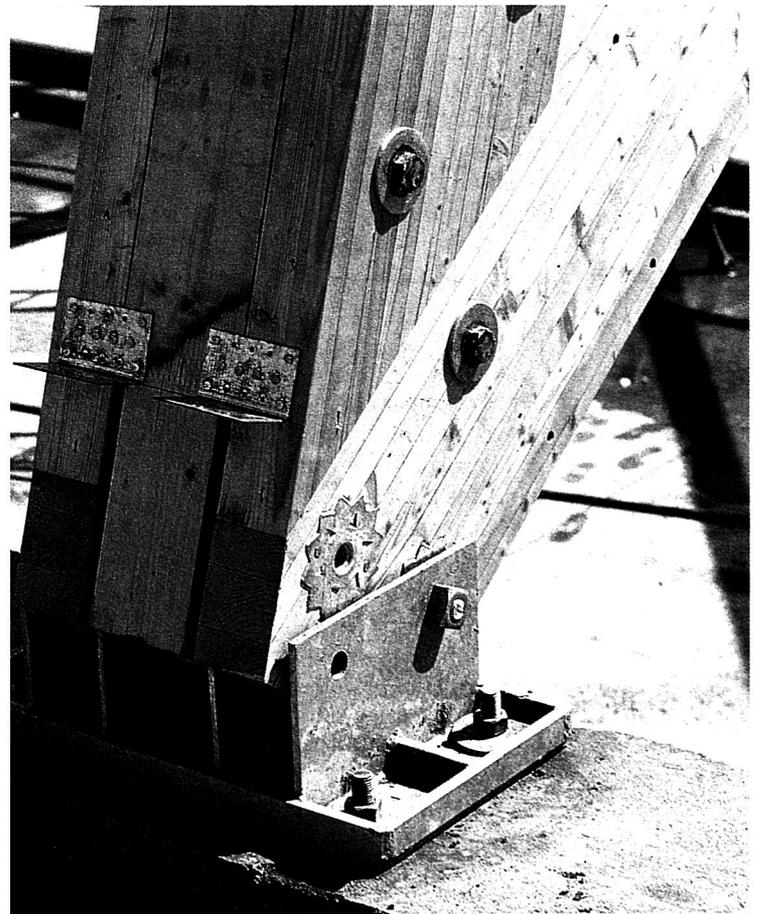
B.1. Conectores: consiste en un elemento de unión mecánica, que transmite las cargas por aplastamiento entre la madera y el conector. Este conector es una pieza metálica, normalmente de sección circular que se introduce entre las dos piezas de madera a unir de forma que queda muy ajustada y se afianza el conjunto con un perno que lo atraviesa y evita desplazamientos. Existen dos tipos principales de conectores, los conectores de anillo y los conectores dentados o bulldogs.

- Conectores de anillo. Se trata de un aro metálico del cual una mitad queda insertada en una pieza de madera y la otra mitad en la otra. Se utiliza para uniones madera-madera: se inserta por medio de un cajeadado que se talla en cada una de las piezas. El conector realiza un trabajo rasante entre las dos piezas de madera, transmite las tensiones por aplastamiento de una pieza de madera a la otra. El conjunto de las piezas de madera y conector queda sujetado por un perno que atraviesa las maderas y el anillo metálico, pero que no interviene en la resistencia de la unión, a cortante. Su misión es únicamente evitar movimientos laterales de las piezas de madera que puedan desmontar la unión.

- Conectores dentados o bulldogs. Consisten en una pieza de chapa, normalmente galvanizada, fabricada por estampación. Su



Ejemplo del montaje de pilar de pórtico mediante herraje singular



Detalle de la fase de montaje del pilar

forma habitual es circular pero también existen conectores cuadrados, poseen unos dientes triangulares a lo largo de su borde que pueden estar orientados hacia una de sus caras (uniones madera-acero) o hacia las dos (uniones madera-madera). Estas púas se introducen por presión en la pieza de madera (por medio de prensas hidráulicas en taller). Los conectores dentados están diseñados para mejorar la transmisión de esfuerzos desde un perno a la pieza de madera en que se inserta el conector. El perno atraviesa la pieza de madera y el conector por su centro. En este caso, el perno sí contribuye a la resistencia a cortante de la unión.

B.2. Placas dentadas: se trata de placas de chapa galvanizada a las cuales, por estampación, se les ha extraído una serie de dientes perpendiculares en toda su superficie. Están diseñadas para unir piezas de madera del mismo espesor en un mismo plano. Su aplicación más común es la fabricación de cerchas en carpintería industrializada. Este tipo de fabricación utiliza piezas de madera de pequeña escuadría, que son unidas en taller por medio de la inserción de una placa dentada en cada lado de la unión. Esta inserción de las placas se realiza por medio de prensas hidráulicas.

La capacidad de carga de las uniones resueltas con este tipo de herrajes, está en función de los valores de resistencia certificados por el fabricante de las placas dentadas, el cual ensaya sus herrajes en laboratorio. A la hora de dimensionar una unión con estas placas dentadas debe tenerse en cuenta que la superficie eficaz de anclaje no se corresponde con toda la superficie de la placa, ya que es necesario descontar una banda de 5 mm a lo largo del perímetro de la placa, con el fin de eliminar posibles errores de colocación y un clavado ineficaz de los bordes. Los fabricantes dan unas capacidades de carga de las placas para transmitir esfuerzos de tracción, compresión y cortante por unidad de superficie y ángulos de orientación, las cuales habrá que comparar con la carga que debe resistir la unión objeto del cálculo.

Es imperativo que en el montaje de la unión se sitúe una placa por cada cara de la unión. De igual modo deben respetarse unas longitudes mínimas de solapamiento de la placa respecto de las piezas de madera a unir (entre 1/3 y 2/3 del canto de la pieza, según se trate de una unión simple o sea una unión entre pares y tirantes).

UNIÓN MEDIANTE HERRAJES

La utilización de herrajes para la realización de uniones es una evolución de las uniones mecánicas de tipo clavija, ya que el herraje permite aumentar la capacidad de carga en comparación con el único empleo de elementos clavijas (se incrementan las superficies de apoyo de las piezas de madera, por lo que el aplastamiento de la madera es menor). Además, la fijación de los herrajes a las piezas de madera se lleva a cabo por medio de elementos de unión del tipo clavija (clavos, pernos y pasadores).

Los herrajes están fabricados en chapa metálica de diferentes groesos: desde 1 mm de algunos herrajes estándar, hasta los 10 mm de los grandes herrajes singulares.

Los herrajes pueden clasificarse en dos tipos:

A. Herrajes singulares: serían herrajes especialmente diseñados y fabricados, para solucionar una unión en una obra concreta.

B. Herrajes estándar: se trata de herrajes fabricados en serie, que son utilizados para realizar multitud de uniones repetitivas que pueden darse en una estructura de madera. La principal aplicación de estos polivalentes herrajes en las grandes estructuras de madera

laminada se corresponde con el montaje de correas y viguetas en cubiertas y forjados. Aunque con ellos puede solucionarse hasta un 90% de las uniones en estas estructuras.

A. Herrajes singulares

Este tipo de herrajes singulares poseen por su diseño una gran flexibilidad, tanto de dimensiones como formas. Existen una serie de condicionantes que deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar los herrajes:

- Las piezas de madera deben apoyar sobre la superficie del herraje, con el fin de evitar que al entrar en carga la madera quede colgada de elementos de fijación como pernos, cuya misión es la de evitar desplazamientos. Es importante que la madera no apoye sobre gruesos cordones de soldadura que la elevan sobre la superficie del herraje.

- También es importante evitar, en lo posible, que las piezas de madera trabajen con tracción perpendicular a la fibra. Para ello, en el diseño de los herrajes deberán primar disposiciones en que la madera trabaje a compresión.

- Entre el herraje y las piezas de madera es recomendable que exista una cierta holgura (unos 2 mm por cada cara) que facilite el montaje.

- El herraje debe permitir cierto giro en los apoyos de vigas. Estos giros, originados por deformaciones, pueden hacer que un herraje colocado en la parte superior de una viga origine agrietamientos por sobretensión.

- La madera, debido a cambios en su contenido de humedad, sufre cambios dimensionales, que pueden llegar a ser importantes. Este cambio dimensional es más acusado en la sección transversal, por ello el herraje no deberá estar fijado a lo largo de todo el canto de la pieza de madera.

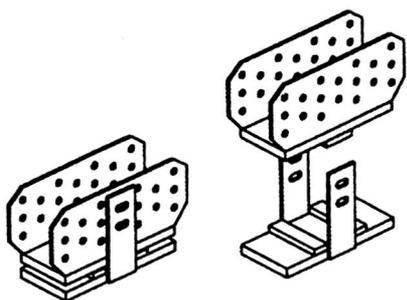
- Los herrajes, al igual que la madera, deben estar protegidos frente a los efectos derivados de la humedad. Los herrajes deben recibir tratamiento protector en función de la clase de servicio, si bien lo habitual es que todos los herrajes singulares sean galvanizados en caliente.

El procedimiento de cálculo de estos herrajes, comienza con el estudio de las cargas existentes en esa unión a solucionar.

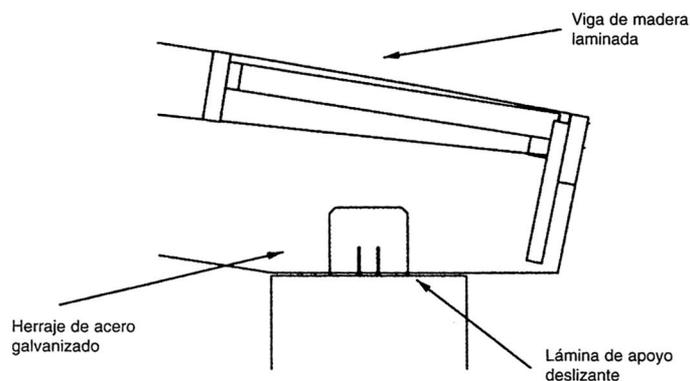
Deben tenerse en cuenta tanto los espesores de chapa como la resistencia de los cordones de soldadura aplicados. Otro aspecto importante debe ser el cumplimiento de las distancias mínimas entre los elementos clavija de fijación, tanto en relación a la madera como distancias a bordes del herraje de los taladros en él realizados.

En muchas ocasiones, debido al peculiar diseño de la estructura y a las elevadas cargas que se transmiten, se producen esfuerzos horizontales sobre elementos verticales que pueden comprometer su estabilidad. La forma de evitar estos empujes horizontales es la realización de apoyos deslizantes. Estos apoyos permiten cierto deslizamiento horizontal de los elementos estructurales.

Para permitir ese deslizamiento controlado, es necesario diseñar herrajes singulares, con taladros oblongos en los que colocar los elementos clavija de fijación (la clavija puede moverse a lo largo de la longitud del agujero oblongo). Para facilitar el deslizamiento de la pieza de madera sobre el herraje se colocan láminas de materiales elásticos como, por ejemplo, neoprenos; o bien materiales bicomponentes (una capa elástica y otra capa rígida y deslizante).



Ejemplo de herraje singular articulado



Ejemplo de apoyo deslizante

B. Herrajes estándar

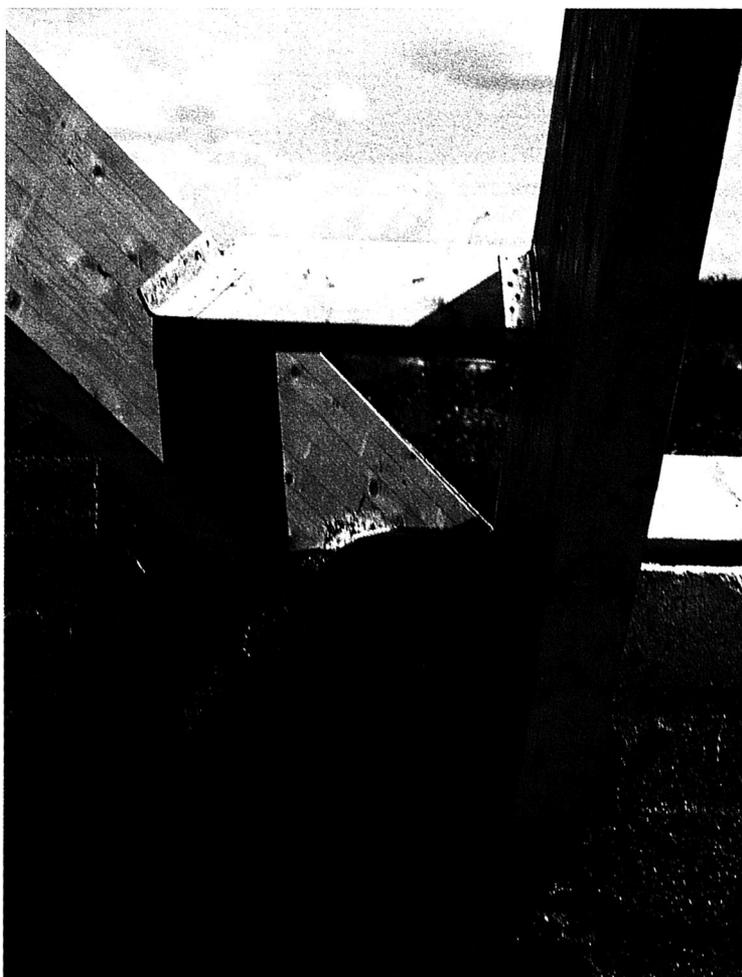
Los herrajes estándar permiten solucionar de forma económica y eficaz la mayoría de las uniones repetitivas que se producen en las estructuras de madera. El desarrollo de este tipo de herrajes es llevado a cabo por empresas especializadas, que realizan el diseño, someten a ensayos de resistencia a los herrajes y los fabrican en serie.

En la mayoría de los casos, con el diseño de estos herrajes se intenta que un mismo elemento tenga multitud de aplicaciones, lo que los hace muy polivalentes.

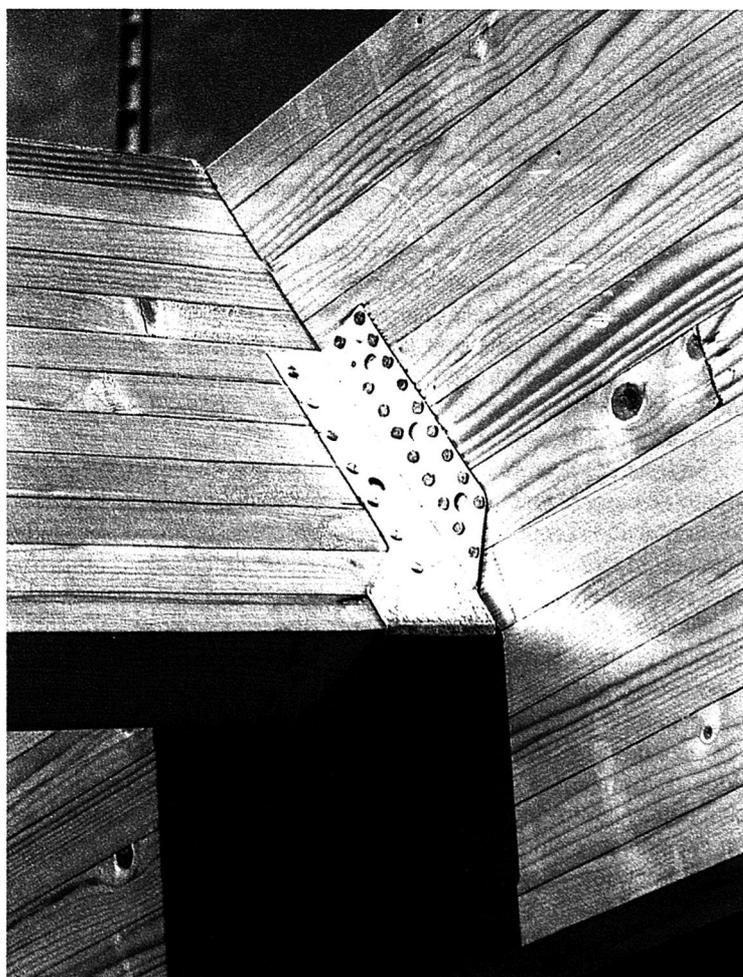
En muchas ocasiones, los herrajes estándar pueden sustituir a las uniones tradicionales. Frente a éstas, los herrajes poseen varias ventajas, entre las cuales se podría destacar:

- Menor coste de mano de obra en el montaje. El herraje se coloca rápidamente, no siendo necesario conocimientos especiales para su instalación. Por el contrario, las uniones tradicionales, obligan a realizar tallas de ajuste en obra, siendo además necesarios ciertos conocimientos de carpintería para su correcta ejecución.

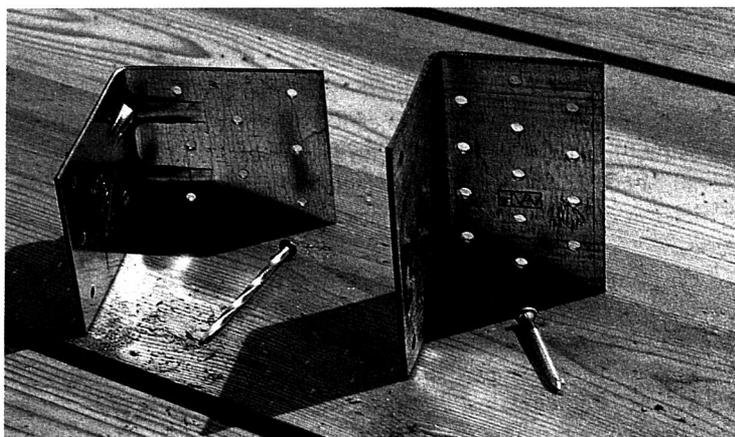
- Con los herrajes, se conoce exactamente la resistencia de la unión colocada, ya que existen ensayos de resistencia de los herrajes, no dependiendo además esta resistencia de la habilidad del operario a la hora de realizar la talla y montaje, y no estando sujetos a la heterogeneidad de la madera (posibilidad de nudos en la zona de talla de la unión, que disminuyen la resistencia).



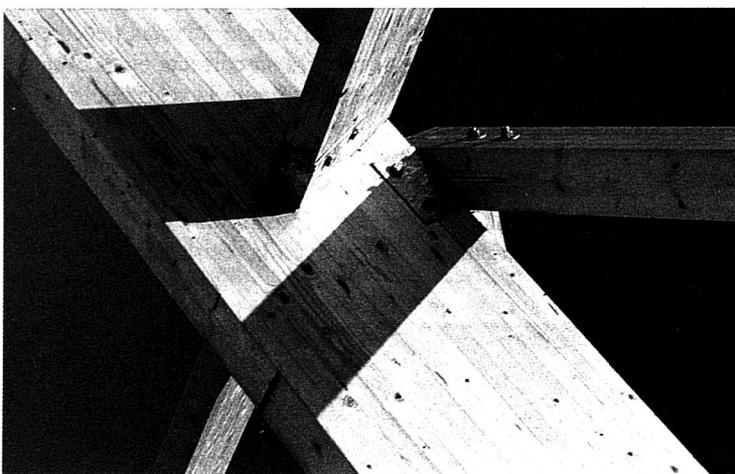
Montaje de tramo de correa mediante estribo y escuadra



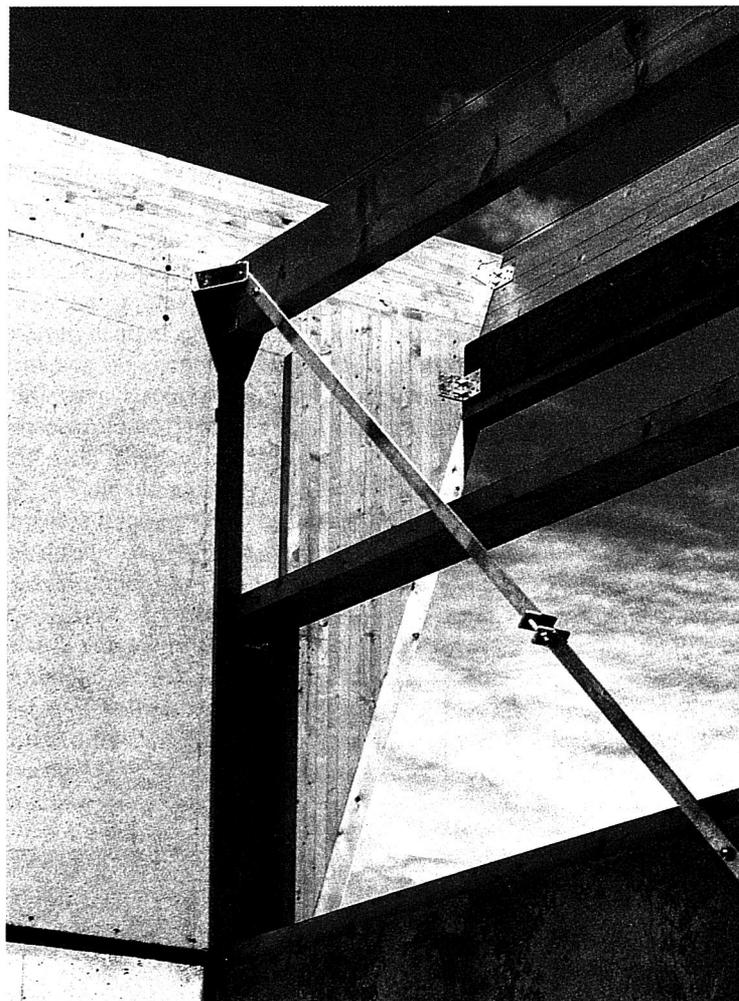
Detalle de unión mediante estribo estándar



Ejemplos de escuadras y clavos para su fijación



Detalle de herraje que combina una parte vista y otra oculta (en alma)



Detalle de arriostamiento mediante elemento metálico

Por medio de los herrajes estándar es posible solucionar la completa totalidad de las uniones repetitivas que se dan en una estructura de madera laminada. Esto es así gracias a la gran gama de herrajes existente y a su gran polivalencia.

Los herrajes estándar, podrían agruparse por familias de herrajes, en función de las aplicaciones que tienen.

A. Familia de estribos:

Se trata del herraje estándar por excelencia. Consiste en un elemento de chapa (normalmente galvanizada) que mediante el proceso de plegado, adopta una forma de “U” sobre la que descansa la pieza de madera a fijar. Este herraje dispone de dos alas con orificios para poder fijarlo a la otra pieza de madera o bien a un muro. La fijación de estos estribos puede realizarse mediante diferentes tipos de clavijas, para uniones madera-madera con puntas anilladas especiales o bien con tornillería de diámetros 10 y 12 mm. Para uniones madera-hormigón se utilizan tacos metálicos autoexpansibles.

Cuando no se desea que el estribo quede visto existe la posibilidad de utilizar los estribos en alma, los cuales disponen de una chapa que se introduce en alma en la pieza de madera por medio de un cajeadado y se sujeta ésta por medio de pasadores metálicos que quedan ocultos.

Las aplicaciones de los estribos en las estructuras de madera laminada son múltiples, pero las principales son:

- Montaje de correas en cubiertas.
- Fijación de cabios en cubiertas.

- Montaje de viguetas en forjados.
- Fijación de vigas de estructura de menor sección.
- Fijación de la parte inferior de jабalcones.

La resistencia que se consigue con estos estribos es muy elevada, cada fabricante somete a ensayo sus herrajes, en el caso de *TyT-AGINCO*, están certificadas resistencias de hasta 2.950 kg para cada estribo.

B. Familia de escuadras de estructura:

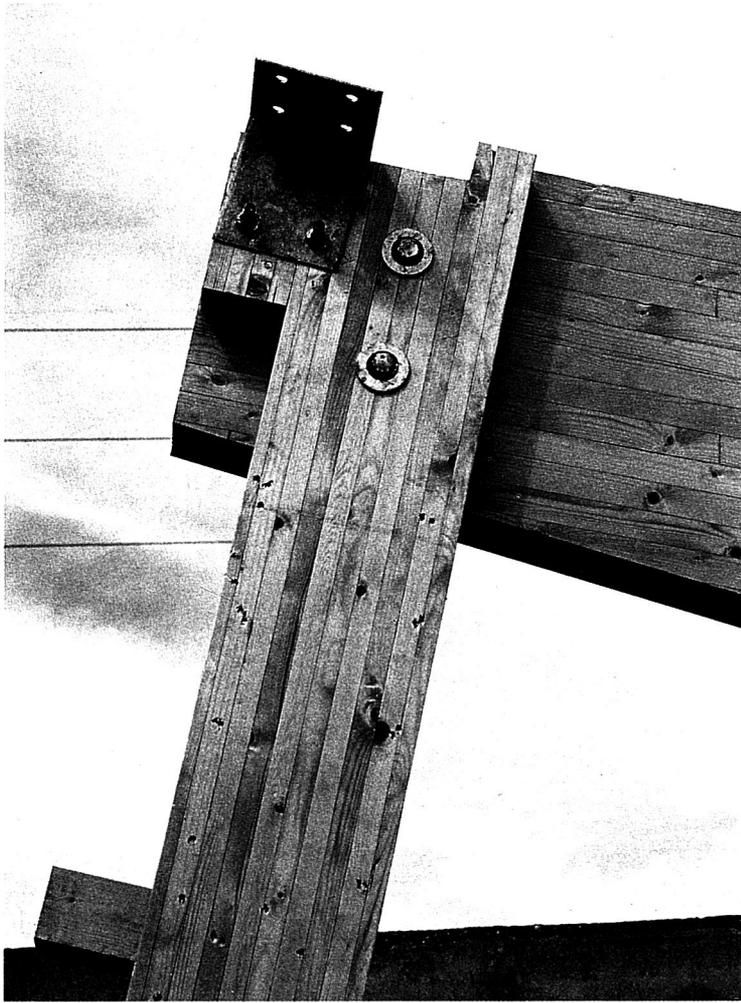
Consisten en escuadras de chapa galvanizada, que en su diseño incorporan nervaduras que confieren una elevada resistencia.

Existen multitud de modelos de escuadras, con dimensiones que cubren todas las posibilidades desde pequeñas escuadras con alas de apenas 50 mm hasta grandes escuadras de alta resistencia con alas de longitudes que superan los 200 mm y fabricadas en chapa galvanizada de 3 mm de espesor.

Los usos a los que se destinan las escuadras de estructura son múltiples y variados si bien los principales podrían ser:

- Fijación de correas que apoyan sobre vigas o cabios en cubiertas. Se colocaría una escuadra a cada lado de la correa.
- Montaje de un cabio sobre durmientes.
- Fijación de cabios contra muros de obra (colocando una escuadra a cada lado del cabio, y fijando éste por medio de un tornillo pasante).

- Múltiples refuerzos y fijación de pequeñas piezas de madera. Al igual que con los estribos, *TyT-AGINCO* también tiene ensa-



Unión de pilar con viga mediana pernos y escuadra para recepción de otro elemento en cabeza de pilar

ayos de resistencia de sus escuadras, logrando resistencias que superan los 1.300 kgs de carga.

C. Familia de placas de unión y flejes:

Cuando se necesita unir dos piezas de madera dispuestas en un mismo plano se utilizan las placas de unión perforadas. Estas placas están fabricadas en chapa nervada lo que le confiere una elevada resistencia. La forma habitual de colocar estas placas es mediante el clavado de puntas anilladas, las cuales al entrar muy ajustadas en los orificios de las placas, consiguen un trabajo óptimo a cortante.

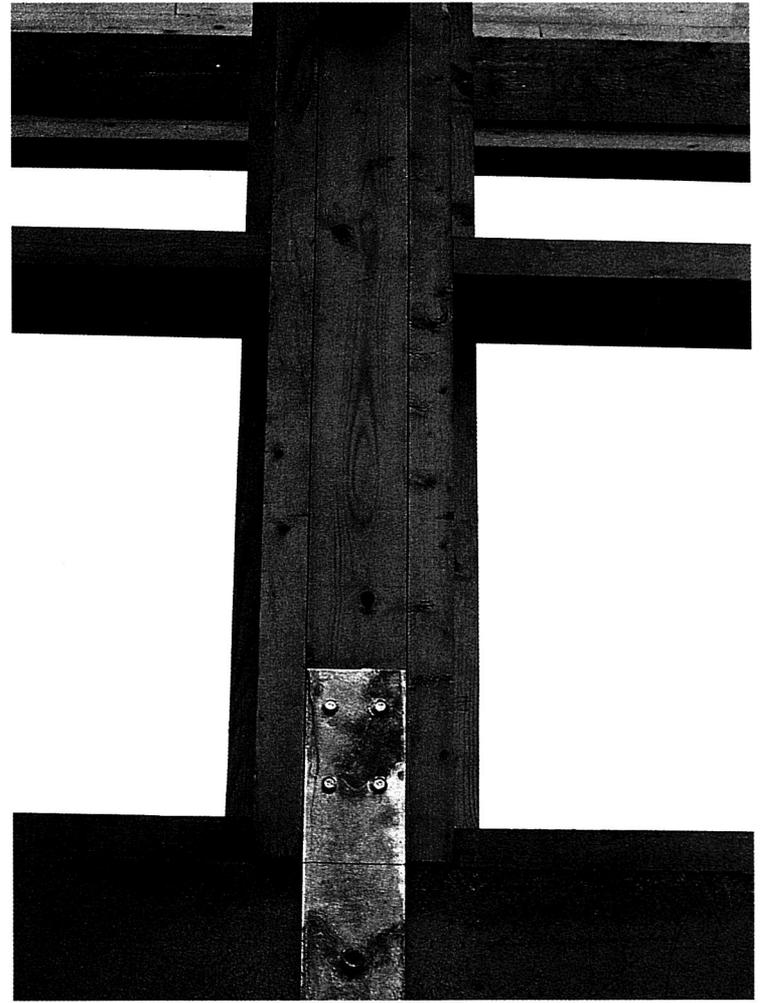
El fleje metálico es otro elemento de unión que puede tener las mismas aplicaciones que las placas nervadas y además ser usado para realizar arriostramientos y refuerzos. Normalmente se fabrica en chapa galvanizada, de diferentes espesores (1, 1,5 y 2 mm) y servido en rollos de 25 ó 50 m de largo. Este fleje se suele fijar clavándolo, aunque incorpora orificios de mayor diámetro para poder usar tirafondos o golosos.

D. Familia de pies de pilar:

Los pies de pilar son herrajes cuya principal misión es la de fijar elementos verticales (pilares) y, a la vez, aislarlos de la humedad del suelo, que podría estropear la madera.

Las formas de los pies de pilar son múltiples, si bien se pueden clasificar:

- Pies de pilar fijos: formados por una pletina superior de fijación al pilar, un espárrago que lo aísla del suelo y una pletina infe-



Unión de elemento de madera a zuncho de hormigón mediante pletina lateral

rior de fijación al suelo (bien madera u hormigón). Este tipo de pilar no permite regulación en altura.

- Pies de pilar regulables: respecto a los anteriores, tienen la particularidad de que el espárrago de separación es roscado. Esto permite que, mediante giro, la pletina superior pueda subir o bajar, logrando realizar una regulación en altura del pilar.

- Pies de pilar para cimentación: consisten en una pletina de fijación al pilar y una varilla para introducir en la cimentación. No permiten regulación y su colocación debe realizarse a la vez que la solera de hormigón, o posteriormente por medio de resinas epoxy.

La gran polivalencia de los herrajes estándar permite que con ellos sea posible solucionar todo los tipos de uniones repetitivas que se dan en una estructura de madera laminada. En muchas ocasiones la propia complejidad de la estructura de madera y determinados requerimientos de resistencia hacen necesario que el profesional (arquitecto y/o constructor) reciba un asesoramiento técnico, por parte de una empresa especializada, con el objetivo de conseguir la mejor solución tanto técnica como económica en las uniones estándar de la estructura.

BIBLIOGRAFÍA

- ARGÜELLES ÁLVAREZ, R; ARRIAGA MARTITEGUI, F; MARTÍNEZ CALLEJA, J.J; Estructuras de madera. Diseño y Cálculo. Ed. AITIM.

- Armoguide Brochure AG / 90 A l'usage des Bureaux Techniques. Edita: AGINCO S.A.R.L.