

# Medios de unión

6

## Medios de fijación mecánicos

Clavos  
Tipos  
Partes

Tirafondos  
Grapas

Especificaciones de fijación  
Tablas de predimensionado

## Uniones tradicionales

Generalidades  
Tipologías  
Ensamblés  
Acoplamientos

A

## Medios de fijación mecánicos

Son medios de fijación utilizados en uniones madera-madera.

Se caracterizan por su sencillez de colocación, rapidez y limpieza, y por que no alteran intrínsecamente las cualidades de los componentes que unen (a diferencia de la adhesión). Han sido diseñados para simplificar y racionalizar la puesta en obra.

Se introducen dentro del soporte desplazando el material base. Los principales son el clavado/grapado y el atornillado. El primero resiste tracciones por rozamiento y el segundo introduce una lámina en espiral que transforma la tracción en compresión sobre la base. Las conexiones mecánicas absorben además las tolerancias, errores y deformaciones diferenciales de las piezas que unen.

### **Comportamiento estructural**

Estas piezas mecánicas asumen las tracciones de la unión estando sometidas a presiones concentradas. Cuanto menores sean y más separadas, responderán mejor a las exigencias mecánicas puesto que la adherencia está en función de la superficie de contacto.

### **Métodos de colocación**

Los clavos, grapas y tornillos se instalan

por medio de pistola por disparo o a presión neumática con cargadores en peine o en bobin que facilitan la entrada en la herramienta y su manejo. Son especialmente útiles en aplicaciones muy repetitivas tales como cerramientos y revestimientos donde la separación de clavado es relativamente corta.

Debido a la importancia que tiene su número en la construcción de entramados de madera debe optimizarse la relación longitud-calibre con la pistola, para asegurar la adecuación de la operación y prevenir la fatiga del operario.

### **Clavos**

Es la técnica más antigua de fijación -se conoce su empleo desde hace 3000 años - y la más adecuada para las juntas con madera porque permite la entrada por desplazamiento de las fibras la cual ejerce después de una firme presión sobre él merced a su elasticidad. También los clavos constituyen el sistema más básico y común de los elementos de entramado de madera.

Generalmente se utiliza como conexión estructural sin considerar su factor de apariencia salvo los casos de revestimiento y acabado.

Debido a que los clavos se sujetan sólo por fricción frente al arranque deben utilizarse sólo cuando trabajen con cargas de extracción por lo que es preferible que se fijen oblicuamente y que los esfuerzos de arranque se reduzcan al mínimo. Los clavos están especialmente indicados para trabajar con esfuerzos

6

A

Medios de unión

laterales.

### Tipos de clavos

Se utilizan todo tipo de clavos que toman diversos nombres según su forma (ver Figura 1) y se designan por su diámetro en décimas de mm y su longitud en mm.

Los clavos se fabrican con diferentes longitudes (desde 13 hasta 150 mm) y formas (Figura 2) según sus usos.

### Partes del clavo

Los clavos distinguen tres partes: cabeza, caña y punta.

*Caña*

La caña puede ser lisa o estriada (normalmente en espiral o rosca, anillada, arponada, etc.)

Los clavos con caña en espiral proporcionan una gran resistencia al arranque y son particularmente efectivos en resistir esfuerzos de choque. Algunas aplicaciones típicas son: cerramiento de viguetas (entrevigado), panelizados, carreras de refuerzo, sofitos, revestimientos y cerramiento de cubiertas.

Los clavos anillados también tienen una alta resistencia al arranque que proporcionan las fibras de madera desplazadas frente a los anillos. Algunas aplicaciones típicas son: tableros de yeso y cerramiento de entramados de forjados y muros de tablero contrachapado.

Tabla 1. Materiales y acabados de los distintos tipos de clavos y aplicaciones

Material	Abreviatura	Aplicación
Aluminio	AL	Para mejorar la apariencia y resistencia. Gran resistencia a la corrosión
Acero con contenido medio de carbono	AMC	Para construcción general
Acero con contenido alto de carbono	AAC	Para construcciones especiales. Resistencia mejorada al impacto
Acero inoxidable, cobre y bronce	C	Para superior resistencia a la corrosión Más cara que el galvanizado en caliente
<b>Acabados y recubrimientos</b>		
Pulido	PU	Para construcción general, acabado normal No recomendable para exposición al agua
Pavonado	PA	Para sujeción mejorada en frondosas Capa fina de óxido producido por tratamiento al calor
Tratamiento de calor	TC	Para rigidez mejorada y poder de sujeción Acabado al óxido negro
Recubierto de fósforo	F	Para sujeción mejorada No resistente a la corrosión
Electrogalvanizado	EG	Para limitada resistencia a la corrosión Revestimiento de zinc; superficie lisa; para uso interior
Galvanizado en caliente	BG	Para resistencia a la corrosión mejorada Revestimiento de zinc; superficie rugosa; para uso exterior

Clavos

Figura 1. Tipos de clavos (Fuente: Wood Reference Handbook, C.W.C.)

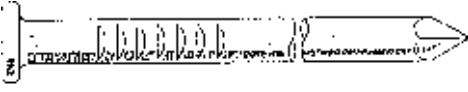
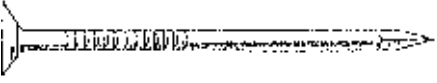
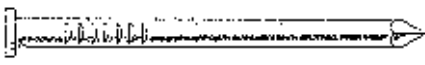
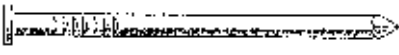
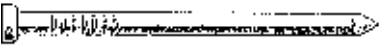
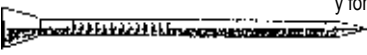
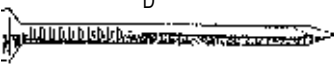
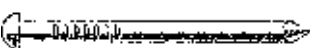
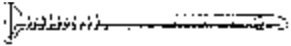
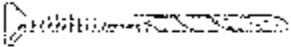
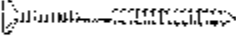
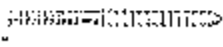
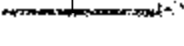
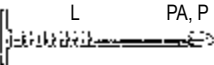
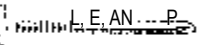
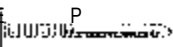
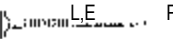
Longitudes habituales	Acabados	Material	Punta	Caña	Cabeza	Tipo de clavo
100-350 mm	PU	AMC, C	D	L, E	AV	Común
						
125-250 mm	PU, BG	AMC	D, DL	L, E	AV, P	Cabeza plana y avellanada
						
25-150 mm	PU, EG	AL, AMC, C	D	L, AN, L	P	Estándar
						
19-125 mm	PU, F, BG	AMC	D	L, S, AN	P, PA	De Caja
						
25-100 mm	PU, PA	AMC	D	L, E	AC	De remates.
						
28-80 mm	PU, PA, TC	AMC	DR, D	L, E	AV	De solados y forros
						
13-75 mm	TC	AAC	CON, DR, D	E	AV	De hormigón
						
50-63 mm		PU, BG	AL, AMC	D	L, E	Decking
						

Figura 1. Tipos de clavos (continuación)

Longitudes habituales	Acabados	Material	Punta	Caña	Cabeza	Tipo de clavo
19-63 mm	PA	AMC	PP	L, E	P, PA	Remache
						
14-63 MM (frondosas)	PU, TC	AMC	DR	E	AV	De suelos
						
28-50 mm yeso	OU, PA, EG AMC	D, DL	L, E, AN	TY, P	De	tableros de
						
19-50 mm suelos	OU, TC	AMC	D	L, AN	P, Ab	De soporte
						
19-50 mm	PU	AMC	D			De hilo
						
19-50 mm	PU, BG	AL, AMC	D	L	PA, P	Cerramiento de cubiertas
						
31-44 mm	PU, BG	AL, AMC	D	L, E, AN	P	Tejuela de madera
						
31 mm	PU, PA, EG AMC	D, DL	L, E	P		Listones de yeso (*)
						
25-28 mm	PA	AMC	D	L, E	P	Listones de madera
						

(\*) Este clavo también existe con cabeza cóncava

Figura 2. Tipos de cabeza, caña y punta de los clavos (Fuente: Wood Reference Handbook. C.W.C.)

Parte	Tipo	Abreviatura	Observaciones	
Cabezas	Plana avellanada	AV	Para clavado oculto; construcción ligera, suelos y acabado interior	
	Tablero de yeso	TY	Para tableros de yeso	
	Acabados	AC	Oculto para carpintería interior y muebles	
	Plano	P	Para construcción general	
	Plano ancho	PA	Para resistencia al desgarro para papel impermeabilizante	
	Oval	O	Para efectos especiales. Revestimientos y decking	
Caña	Lisa	L	Para sujeción normal; fijación temporal	
	Espiral o helicoidal	E	Para sujeción normal; fijación permanente	
	Anillada	AN	Para sujeción especial; fijación permanente	
Puntas(*)	Diamante	D	Para uso general. Angulo 35° Longitud 1,5 x diámetro	
	Diamante romo	DR	Para especies duras y reducir desgarro. Angulo 45°	
	Diamante largo	DL	Clavado rápido. Angulo 25° Tiende al desgarro especies duras	
	Pico de pato	PP	Para remaches sencillos	
	Cónico	CON	Uso en mampostería Penetra mejor que el diamante	

(\*) Algunos fabricantes ofrecen también las puntas divergentes para autoremachado

### *Punta*

La forma de la punta afecta a la tendencia de la madera a desgarrarse, sobre todo cuando el clavo se coloca cerca del borde, porque su forma provoca que el clavo funcione como un punzón o como una cuña. Cuanto más aguda sea la punta más alto será el poder de despegar las fibras y de penetrar, pero a la vez, mayor es la tendencia a desgarrar la madera.

Los clavos de punta afilada tienen mayor poder de retención porque no destrozan las fibras de la madera, pero si ésta tiende a rajarse, un clavo de punta afilada acentuaría esta tendencia, al separar las fibras.

El clavo romo reduce esta tendencia porque provoca el aplastamiento de la sección de madera en la sección a ocupar, pero destruye las fibras inmediatas. Como resumen se recomiendan puntas romas en maderas frágiles y puntas afiladas en maderas blandas y homogéneas.

La punta más corrientemente utilizada es la de forma de diamante, que combina la facilidad de dirigirlo minimizando el desgarro, con el poder de sujeción.

### **Materiales**

Los materiales más utilizados son: aluminio, acero tratado al calor, pobre y con alto contenido en carbono, acero inoxidable, cobre y bronce (Tabla 1).

Por sus acabados pueden ser: pulidos, pavonados, tratados al calor, galvanizados al calor, mecánicamente, elec-

trogalvanizados, recubiertos de zinc y bicromatizados (Tabla 1).

Los más clásicos son los de acero de medio contenido en carbono y los de aluminio. Los primeros se endurecen a veces mediante tratamiento al calor.

El resto de los materiales se utilizan más esporádicamente y para fines especiales.

La superficie de los clavos de acero sin recubrimiento se corroen y se oxidan por la acción de la humedad. Además los productos de impregnación naturales de la madera (por ejemplo los que existen en el cedro) reaccionarán con estos clavos no protegidos y con los pavonados.

En tales casos se deben emplear clavos de cobre o de acero inoxidable, galvanizados en caliente.

### **Puesta en obra**

El tipo, número y separación de los clavos son los parámetros que definen la fijación.

El tipo se escoge en función del espesor de la pieza más delgada y la clase de madera empleada. La longitud depende del espesor menor y del tipo de unión.

En algunos tipos de unión será preciso un replanteo previo de la posición; para ello puede ser útil confeccionar patrones de tablero contrachapado delgado.

Los clavos deben contrapearse, porque si se colocan varios seguidos sobre una misma fibra o veta la madera puede abrirse.

Se clavarán hasta dejar la cabeza a ras de la madera, pero de tal forma que, pasando el dedo por encima de sus ellas, no se noten las estrías.

No es recomendable hacerlos atravesar la pieza y remachar su punta, porque se estropea la fibra. Cuando se haga, la parte que sobresale debe ser, al menos, tres veces el diámetro.

Cuando lleva un tapajuntas, y es posible, se colocarán y clavarán en ambas caras opuestas.

Para evitar que la junta pierda presión debe eludirse la colocación perpendicular, siendo preferible la inclinada

### **Resistencia de las uniones clavadas**

La resistencia de una unión clavada se basa en el trabajo a esfuerzo cortante de los clavos y debe despreciarse el efecto de rozamiento por compresión entre las piezas unidas. A efectos de repartir las tensiones en las superficies, es preferible un mayor número de clavos de diámetro menor.

La resistencia final dependerá del diámetro del clavo y de la densidad de la madera.

La penetración mínima del clavo ha de ser 2/3 del espesor o 3 veces el espesor de la pieza más pequeña.

Las separaciones mínimas de los clavos se escogen evitando el rajado de la madera, con las siguientes condiciones:

- 10 d en la dirección de la fuerza
- 5d transversalmente a la fuerza
- 12 d al borde cargado
- 5d al borde no cargado

siendo d el diámetro del clavo.

A medida que decrece el ángulo entre clavo y fibras, decrece el poder de retención. La dirección de las fibras no tiene influencia en la fuerza que puede soportar un clavo.

Los clavos habrán de poseer unas condiciones fisicomecánicas que garanticen la resistencia de las uniones. Existen una serie de tablas en función del tipo de clavos.

#### *Levantamiento del clavo*

Puede producirse el levantamiento del clavo, por diversas razones si se colocan materiales con diferente contenido de humedad. Cuando la madera merma el agujero en el que se aloja el clavo se reduce y la cabeza del clavo es empujada hacia arriba sobre la superficie. Esta tendencia puede reducirse por los siguientes métodos:

- Utilizando la madera lo más seca posible. Si se usa madera insuficientemente seca debe dejarse un tiempo "in situ" para que se acondicione y volver a fijar los clavos.
- Utilizar clavos anillados y dirigirlos con un pequeño ángulo, o utilizar tirafondos.
- Utilizar una longitud de fijación suficiente que consiga una adecuada profundidad de penetración en el elemento estructural.
- Cuando un clavo ha saltado, en vez de reclavar es mejor insertar otros nuevos.



## Tirafondos

Los tirafondos, también llamados tornillos de madera o rosca de madera, son piezas metálicas con cabeza y punta alargada, compuestas de una parte cilíndrica y otra cónica en la que existe un resalte helicoidal que entra y juega en la madera. Aunque el principio del tornillo es conocido desde hace siglos no se perfeccionó su producción en masa hasta el siglo XVIII.

Se pueden embutir bien por destornillador, bien por llave según la cabeza tenga ranura o sea cuadrada. Los tirafondos transforman las tracciones en compresiones por geometría y tienen capacidad para trabajar con esfuerzos laterales y de arranque.

Para su introducción necesitan un pretaladrado que oscila entre el 70 y el 90% de su diámetro. En la tabla 2 se recogen los diámetros de pretaladrado para cada parte del tirafondo.

En todo tirafondo se definen tres partes: cabeza, caña y cuerda. La caña es la parte lisa y la cuerda es la parte con resalte helicoidal.

Los tirafondos se suelen utilizar más en carpintería interior que en entramados, empleándose sólo cuando se exige una resistencia al arranque alta o cuando se necesitan desmontar las piezas.

Los tirafondos encuentran alguna aplicación en entramados como en suelos que se encolan y atornillan al mismo tiempo a las viguetas y en tableros de yeso para formar tabiques.

Los tirafondos se diseñan para ser mucho más resistentes al arranque que los clavos. Sin embargo cuando se emplean con propósitos estructurales es mejor no se carguen en su sentido perpendicular empleándose más bien para asegurar un contacto más íntimo entre superficies paralelas.

Los tipos de tirafondos empleados en madera se muestran en la figura 3.

Tabla 2. Pretaladrado de tirafondos

Taladro	Diámetro del tornillo	Profundidad
Cabeza abocardada	Igual diámetro que la cabeza	Misma profundidad que la cabeza
Caña	Ligeramente más estrecho que el diámetro; 7/8 del diámetro cuando exista carga de arranque	Para coníferas: 1/2 de la longitud del tornillo y perforación de la cuerda combinadas (puede ser el mismo diámetro); Para frondosas o tornillos cortos el taladro casi igual al tornillo
Cuerda	Alrededor del 70% sin existe carga de arranque y del 90% del diámetro para frondosas	

Fuente: Wood Reference Handbook. Canadian Wood Council. 1991

### **Colocación en obra**

Se utilizan máquinas atornilladoras a presión que se desembragan automáticamente.

### **Grapas**

Son piezas metálicas de alambre que sirven para sujetar o unir dos materiales. Tienen los extremos doblados en forma de U y sus patas suelen estar afiladas en la punta. La sección del perfil puede ser rectangular, cuadrada y ovalada.

La grapa se puede considerar formada por un cuerpo central horizontal, denominado corona ( o cabeza), y por dos verticales, denominados patas.

Una grapa se designa por sus dimensiones, entre las que se distinguen:

- Diámetro de la grapa: la menor dimensión en la sección ovalada y rectangular, y el diámetro de la circular.
- Longitud de la grapa: es la longitud de las patas, incluyendo la punta.
- Ancho de la grapa: es la distancia entre los bordes exteriores de la corona.
- Galga es una magnitud que pone en relación el diámetro del alambre con el peso de éste. Existen dos tipos de galgas, la americana y la de París.

### **Tipos de grapas**

Según los anchos y los diámetros se distinguen tres tipos:

- a) Corona ancha: con diámetro fino y grueso
- b) Corona intermedia: con diámetro fino

y grueso

- c) Corona estrecha: con diámetro fino y grueso

### **Dimensiones**

Las grapas se comercializan en diversas dimensiones normalizadas:

Longitudes: desde 4,0 hasta 50 mm  
 Coronas: desde 6,0 hasta 26 mm  
 Sección menor: desde 0,5 hasta 1,6 mm  
 Sección mayor: desde 1,27 hasta 2,26 mm

Los incrementos de longitudes son de 0,7 mm en grapas cortas y de 3 mm en grapas largas.

### **Tipos de puntas**

- En cincel: es la de la grapa estándar, y es apropiada para materiales densos.
- En patas cruzadas y punta biselada: con alto poder de sujección y apto para materiales de densidad media/alta.
- En patas rectas y puntas divergentes: útiles para maderas blandas.
- En patas rectas y punta plana: Útiles para materiales muy densos en los que el desfibrado es un problema.









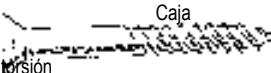
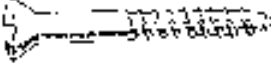
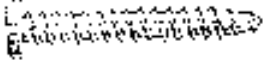


### **Materiales y acabados**

Las grapas pueden fabricarse con alambre de los siguientes materiales:

- acero con bajo, medio y alto contenido en carbono
- aluminio
- bronce
- aleación de níquel y cobre
- acero inoxidable

Los acabados pueden ser con baño de

Figura 3. Tipos y usos de los tirafondos

Parte	Tipo	Uso	
Forma de cabeza	Plana avellanada	Para un abocardado nivelado con o bajo la superficie	
	Gota de cebo	Para abocardado parcial	
	Cazoleta	Recomendado para poder reemplazarse; se usa con arándela	
Guía de la cabeza	Ranura simple	Uso común	
	Ranura en cruz	Minimiza la salida del destornillador	
			Philips 
Pozidriv			
	Ranura cuadrada	Minimiza la salida del destornillador	
Caña	Doble guía	Para atornillado rápido Requiere un alto momento de torsión	
	Guía simple	Para tornillos cortos (menos de 25 mm)	
	Cuerda total	Para mejorar la penetración Alta resistencia. Destinado para metal pero empleable en madera	
Punta(*)	Barrena	Para madera y con taladro	
	Roma	Con taladro	

zinc y galvanizados. Algunos fabricantes consiguen también los acabados de adhesivos termoplásticos que incrementan notablemente el poder de sujeción.

## Especificaciones de fijación entre elementos constructivos

La práctica constructiva ha desarrollado una serie de recomendaciones para la fijación de los entramados, cerramientos y revestimientos que reproducimos en las tablas 3 a 16. Han sido extraídas de códigos y de catálogos de fabricantes norteamericanos.

- Tablas 5 y 6: fijaciones entre elementos del entramado
- Tablas 6 a 15: fijaciones del cerramiento
- Tablas 14 a 16: fijaciones del revestimiento

Algunas son ligeramente divergentes pero sirven para orientar y predimensionar.

**6****A**

Medios de unión

Tabla 3. Resumen general de tipo de fijaciones en todos los elementos constructivos

Tipo de elemento	Tipo de fijación	
Entramados	Clavos	grueso: 2,8-4,1 mm largo: 50-95 mm
Entarimado autorresistente (decking)	"	"
Revestimiento de muros	"	grueso: 2,5-2,76 mm largo: 44-69 mm
Cerramiento de forjados	Grapas Clavos	galga: 15, 16 y 18 grueso: 2,8-4,1 mm largo: 50-95 mm
Cerramiento de cubiertas	Grapas Clavos	galga: 15, 16 y 18 grueso: 2,0 a 4,1 mm largo: 25 a 95 mm
Cerramiento de muros	Grapas Clavos	galga: 15, 16 y 18 grueso: 2,0 a 4,1 mm largo: 25 a 95 mm
Panelizado	Grapas Clavos	galga: 18, 20, 22 y 23 De acabado
Tejuelas	Grapas	galga 16
Papel respirante y manta aislante	Grapas	grapas: 19, 20, 21 y 23
Cerchas	Grapas Clavos	galga: 16 grueso: 2,8-4,1 mm largo: 50-95 mm
Tableros de cartón-yeso	Clavos	grueso: 2,0-2,76 mm largo: 25-69 mm
Rejillas	Tornillos	

Fuente: DUO-FAST. Construction Fastener Handbook

Tabla 4. Clavado de entramados ligeros. Longitud máxima y mínima en forjados, muros y cubiertas de espaciamiento

Detalle constructivo espaciamiento	Longitud mínima de los clavos mm	Nº mínimo o máximo
Vigueta de forjado al durmiente	82	2
Zoquete de madera o tirante metálico en cara inferior de vigueta	57	2
Cruceta (cruz de San Andrés) entre viguetas	57	2 en cada cabeza
Doble vigueta o vigueta de cabeza	76	300 mm
Vigueta de forjado a montante (Balloon frame)	76	2
Rastrel a viga de madera (apoyo de viguetas)	82	2 por vigueta
Empalme de vigueta a vigueta	76	2 en cada testa
Cabeza de vigueta a vigueta de cabeza (brochal) en huecos	82	5
	101	3
Cada vigueta de cabeza (brochal) a la vigueta adyacente en huecos	82	5
	101	3
Montante a testeros (superior e inferior)	63	4
	82	2
Doble montante en huecos. Partición de montantes o intersección de muros y esquinas	76	750 mm a ejes
Doble testero (carrera sobre testeros de entramados)	76	600 mm a ejes
Durmiente o testero inferior a viguetas (muros exteriores)	82	400 mm a ejes
Particiones interiores a entramado o cerramiento	82	600 mm a ejes
Miembros horizontales sobre huecos y particiones (clavados en cabeza)	82	2
Dinteles a montantes	82	2 en cada testa
Vigueta de forjado a testero superior o inferior (cada testa en oblicuo)	82	2
Par, cercha o vigueta de forjado a testero o carrera (clavado en oblicuo)	82	3
Par a cada vigueta de forjado	101	2
Par a vigueta (con cumbrera soportada)	76	3
Par a vigueta (con cumbrera no soportada)	76	Ver cálculo
Cartela en cada par en cumbrera	57	4
Par a cumbrera (clavado oblicuo)	57	4
Par a cumbrera (clavado en las testas)	82	3
Contraviento sobre los pares (en cada cabeza)	76	3
Contraviento sobre los tirantes	57	2
Barra perpendicular a limahoya	82	2
Barra perpendicular de la cercha a muro de carga (clavado oblicuo)	82	2
Tarima autorresistente (Decking) a los apoyos	82	3
	82	2
	76	1
	76	450 mm a ejes

Fuente C.M.H.C-S.C.C.H.L. 1989

6

A

Medios de unión

Tabla 5. Clavado de entramados ligeros

**Muros**

Detalle constructivo	Nº de clavos	Tipo de clavado	Medidas clavo mm	Tipo de clavo (caña)
Montante a testero inferior	2	3 Perpendic.	Inclinada 3,3 x 76	2,8 x 60 lisa
Puntal a testero inferior y peana de ventana	3	Inclinada	2,8 x 60	"
Dintel a montante y puntal a ejes	2	Perpendic.	3,3 x 76	"
Testero superior a montante y puntal	400 mm	Perpendic.	3,3 x 76	"
Carrera a testero a ejes	2	"	3,3 x 76	"
Esquinero de carrera a testero	400	"	3,3 x 76	"
Diagonal	"	"	"	"
	2	"	2,8 x 60	"

**Entramado de forjado sobre muro de cimentación con cámara de aire**

Vigueta de cabeza a durmiente a ejes	300 mm	Inclinados	2,8 x 60	"
Vigueta de cabeza a vigueta normal	3	Perpendic.	2,8 x 82,5	"
Testero inferior a vigueta de cabeza	400 mm	"	"	"
Solape de viguetas de forjado	3	"	2,8 x 76,2	"
Crucetas	2	Inclinadas	2,8 x 60	"

**Entramado de cubiertas**

Par a testero superior o carrera	3	Inclinadas	2,8 x 60	"
Para a hilera	3	"	"	"
Par a nudillo	3	Perpendic.	"	"
Puntales de muro piñón a pares	3	Inclinados	"	"

**Entramados de techos**

Vigueta de techo a testero superior en partición	3	"	"	"
Vigueta a vigueta en solape	3	Perpendic.	2,8 x 60	"
Vigueta a pieza de solape en cada vigueta	4	"	"	"
Vigueta a testero superior en muro exterior	4	Perpendic.	3,3 x 76	"

Fuente: DUO-FAST. Construction Fastener Handbook

Tabla 6. Fijación de cerramientos en entrevigados y cerramientos de muros exteriores

Elemento	Longitud mínima de la fijación para cerramientos en mm				
	Clavos comunes	Clavos anillados	Clavos de cubierta	Grapas	Nºmínimo o espaciamiento
T. Contrach. o de viruta Grueso < 10 mm	51	45	N/A	38	150 mm en bordes 300 mm en interior
T. Contrach. o de viruta 10 mm > grueso < 20 mm	51	45	N/A	51	"
T. Contrach. o de viruta Grueso > 20 mm	N/A	N/A	44	N/A	"
T. de yeso < 13 mm	N/A	N/A	44	38	"
T. de yeso > 13 mm	N/A	N/A	44	N/A	"
Tabla de madera Ancho < ó = 184 mm	51	N/A	N/A	51	2 por soporte
Tabla de madera Ancho > ó = 184 mm	51	N/A	N/A	51	3 por soporte

N/A: No aplicable

Fuente C.M.H.C-S.C.C.H.L. 1989

6

A

Medios de unión



6

A

Medios de unión

Tabla 7. Fijación de cerramiento de forjados con tableros contrachapados (y de viruta orientada) de muros

Grueso mm	Fijaciones recomendadas	Espaciamiento	
		Borde mm	Interior mm
6	Clavos de 2,5 x 50,0 de caña lisa	150	300
7,9	" " anillada	"	"
9,5	Grapas de 34,9 mm de largo y galga de 16	"	"
12,7	Clavos de 2,5 x 50,0 de caña lisa Grapas de 38,1 mm de largo y galga de 16	"	"
15,8	Clavos de 2,8 x 50 de caña lisa Grapas de 41,2 cm de largo y galga de 16	"	"
<b>Tablero de fibras</b>			
12,7	Grapas de 38,1 mm de largo y galga de 16	100	250
20	Grapas de 44,4 cm de largo y galga de 16	"	"

Fuente: DUO-FAST. Construction Fastener Handbook

Nota: Las galgas se refieren a la galga americana. Estas están relacionadas con el diámetro del alambre empleado en la ejecución del clavo o grapa.

Tabla 8. Cerramientos de forjados con tablero contrachapado

Grueso del tablero mm	Separación máxima de viqueta	Longitud, grueso y tipo de clavo mm	Separación de clavos	
			En el borde	En el interior
12/12.5/16	400 mm (16")	65 x 3.35 común	150 (6")	300 (12")
15/16/19/22	480 mm (19.2")	"	"	"
18/19/22	600 mm (24")	"	"	"

Fuente: Madera contrachapada de EE.UU. para pisos, muros y techos. APA, 1987

Tabla 9. Fijación de cerramiento de forjados con tableros contrachapados (y de viruta orientada)

Grueso mm	Fijaciones recomendadas	Espaciamento	
		Borde mm	Interior mm
6	Clavos de 2,8 x 50,0 de caña lisa	150	250
7,9	" " anillada	"	"
9,5	Grapas de 41,2 mm de largo y galga de 16	"	"
12,7	Clavos de 2,8 x 50,0 de caña lisa " " anillada	" "	" "
15,8	Clavos de 3,3 x 76 de caña lisa Grapas de 50,0 cm de largo y galga de 15	" "	" "
19	Clavos de 3,3 x 76 de caña lisa Grapas de 54,0 cm de largo y galga de 15	" "	" 200

Fuente: DUO-FAST. Construction Fastener Handbook

6

A

Medios de unión

Tabla 10. Cerramientos de forjados con cantos encolados

Grueso del tablero mm	Separación máxima de vigueta mm	Clavos encolados Tamaño y tipo de clavo mm	Separación de clavos mm		Clavos simples Tamaño y tipo de clavo mm	Separación de clavos mm	
			En el borde	En el interior		En el borde	En el interior
5/16	400 (16")	50 x 3,0	300 (12") Dentado anular	300 (12")	50 x 3,0	150 (6")	300 (12")
15/16/18/19	480 (19.2")	"	"	"	"	"	"
18/19	600 (24")	"	"	"	"	"	"
22	"	65 x 3,5	"	"	65 x 35	"	"
22	1200 (48")	"	"	a	"	"	a

(a) Clavos cada 150 mm para separaciones de 1200 mm y cada 300 mm para 800 mm  
El tablero se encola en los cantos machihembrados y a la cara superior de las viguetas  
Fuente: Madera contrachapada de EE.UU. para pisos, muros y techos. APA, 1987

6

A

Medios de unión

Tabla 11. Fijación de base de suelos con tableros contrachapados y tableros de partículas

Grueso mm	Fijaciones recomendadas	Espaciamiento	
		Borde mm	Interior mm
6 y 7,9	Clavos de 2,0 x 31,7 de caña lisa	150	200
	" " anillada	"	"
	Grapas de 22,2 mm de largo y galga de 18	100	150
9,5	Clavos de 2,0 x 31,7 de caña lisa	150	200
	" " "	"	"
	Grapas de 31,7 cm de largo y galga de 16	100	150
12,7 y 15,8	Clavos de 2,5 x 50 de caña lisa	150	200
	" " "	"	"
	Grapas de 31,7 cm de largo y galga de 16	100	150

Fuente: DUO-FAST. Construction Fastener Handbook

Tabla 12. Cerramiento de cubiertas con tablero contrachapado

Grueso del tablero mm de cantos	Separación máxima		Tamaño de clavo Tipo común mm	Separación de clavos	
	Con soporte de cantos	Sin soporte mm mm		En el borde	En el interior
8	300 mm (12")	300 mm (12")	50 x 3.0	150 (6")	300 (12")
8/9	400 mm (16")	400 mm (16")	"	"	"
8/9	480 mm (19.2")	480 mm (19.2")	"	"	"
9/12.5	600 mm (24")	480 mm (19.2")	"	"	"
12/12.5	800 mm (32")	700 mm (28")	"	"	"
16	800 mm (32")	700 mm (28")	65 x 3.35	"	"
15/16/19/22	1000 mm (40")	800 mm (32")	"	"	"
18/19/22	1200 mm (48")	900 mm (36")	"	150 mm	150 mm

Fuente: Madera contrachapada de EE.UU. para pisos, muros y techos. APA, 1987

Tabla 13. Fijación de cerramiento de cubiertas con tablero contrachapado (y de viruta orientada)

Grueso mm	Fijaciones recomendadas	Espaciamiento	
		Borde mm	Interior mm
6,3	Clavos de 2,8 x 50 de caña lisa	150	300
7,9	Grapas de 41 mm de largo		
9,5	y calibre 16	"	"
12,7	Clavos de 2,8 x 50 de caña lisa	"	"
	Grapas de 44,4 cm de largo		
	y calibre 16	"	"
15,8	Clavos de 2,8 x 76 de caña lisa	"	"
	Grapas de 50 mm de largo		
	y calibre 16	"	"

Fuente: DUO.FAST. Construction Fastener handbook

6

A

Medios de unión

Tabla 14. Fijaciones con grapas para cerramientos y revestimientos

Tipo de tablero y uso	Espesor mm	Grapa grueso mm	pata mm	corona mm
<b>CERRAMIENTOS</b>				
T. Cartón-yeso	9.5	1.6	25.4	19
	12.7	1.6	28.6	19
T. Contrachapado cerramiento de muros	7.5 a 9.5	1.6	38.1	9.5
T. Contrachapado cerramiento de cubiertas	9.5	1.6	38.1	9.5
T. Fibras de D. M. cerramiento de muros 11.1	12.7	1.6	38.1	9.5
T. Contrachapado base de suelos	6.4	1.2	28.6	9.5
T. Fibras duro base de suelos	7.9 a 9.5	1.2	28.6	7.9
<b>REVESTIMIENTOS</b>				
Tejuela asfáltica		1.6	22.2	11.1
		1.6	19	25.4
Tejuela de madera		1.6	28.6	9.5
Chapa metálica		2	38.1	19

Fuente C.M.C.H.- S.C.H.L. 1989

Tabla 15. Fijaciones con grapas de cerramientos y revestimientos

Tipo de tablero y uso	Espesor mm	Grapa galga	largo de pata mm	corona mm	Espaciamiento grapa Bordes mm Interior mm	
<b>CERRAMIENTOS</b>						
T. Contrachapado	7.9	16	31.7	9.5	100	200
Cerramiento de muros	9.5	"	34.9	"	"	"
	12.7	"	38.1	"	"	"
T. Contrachapado falso techo	7.9	16	31.7	9.5	100	200
	9.5	"	34.9	"	"	"
	12.7	"	38.1	"	"	"
T. Contrachapado entrevigado	12.7	16	41.2	9.5	100	177
	15.8	"	41.2	"	63.5	100
T. Contrachapado Subcapa suelo	6.3	16	22.2	9.5	76.2	6 en cada
	9.5	"	28.5	"	"	"
	12.7	"	41.2	"	"	"
	15.8	"	41.2	"	"	"
<b>REVESTIMIENTOS</b>						
Tejuela asfáltica	7.9	16		19,1	19,5	Especificaciones del fabricante

Fuente: A.P.A. Manual de paneles. 1983

Subcapa suelo= cerramiento del forjado que sirve de soporte al solado

Tabla 16. Fijación de cerramientos de tableros de cartón-yeso a montante y vigueta

- 1) Clavado de cara al montante (cada 200 mm) y a la vigueta (cada 175 mm) con clavos de 2,5 x 41,2 de cabeza muy aplastada y caña anillada.
- 2) Tornillos al montante (cada 400 mm) y a la vigueta (cada 300 mm) de calibre 3,1 y cabeza con ranura en cruz.

Tabla 17. fijación de revestimientos de cubiertas

Tejuelas asfálticas o de fibra de vidrio	
Grosor del cerramiento mm	Longitud de la grapa en la primera capa mm
9,5	25,4
12,7	31,7
15,8	31,7

**Tejuelas de madera**

Deben penetrar al menos 12,5 mm en el cerramiento o atravesarlo 3,1 mm cuando el grosor del cerramiento es menor de 12,5. La longitud mínima de la grapa será de 25 mm y sólo se utilizarán de aluminio.

Fuente: DUO-FAST. Construction Fastener Handbook.

# Uniones tradicionales

## Generalidades

Como se ha comentado anteriormente en este tipo de unión los esfuerzos se transmiten de una pieza a otra a través de cajas o rebajes y espigas o llaves, transmitiendo generalmente los esfuerzos axiales a través de compresiones y esfuerzos tangenciales. Los elementos metálicos que suelen acompañarlos solo tienen, en general, la misión de asegurar o afianzar las piezas impidiendo su descolocación.

## Tipologías

En este apartado se describen los tipos de uniones tradicionales más frecuentes, clasificados en función de la forma de encuentro y la sollicitación que transmiten. Esta descripción no pretende ser exhaustiva, sino recoger los casos más característicos con el fin de que sus principios de diseño puedan aplicarse a otros casos más complejos.

## Ensamblajes

### Ensamblajes a compresión

Son aquellos diseñados para transmitir esfuerzos de compresión, en los que en caso de inversión de esfuerzos el nudo puede desorganizarse. La transmisión del esfuerzo se realiza a través de tensiones entre las superficies en contacto, evitando el deslizamiento de una pieza sobre la otra mediante cajas y espigas o rebajes y en algunos casos herrajes metálicos.

### Ensamble de caja y espiga

Una de las piezas tiene en su extremo una parte adelgazada llamada espiga, en forma de paralelepípedo, que se inserta en una entalladura de la otra pieza denominada caja o mortaja.

Para evitar que la espiga pueda llegar a soportar ella sola todo el esfuerzo de compresión, suele hacerse ligeramente más corta que la profundidad de la caja, con el fin de evitar su apoyo.

En la figura 4 se recogen dos ejemplos de unión por caja y espiga en ángulo recto y oblicuo.

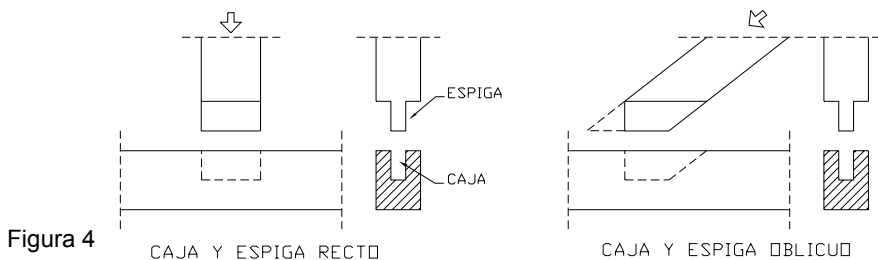


Figura 4

CAJA Y ESPIGA RECTO

CAJA Y ESPIGA OBLICUO

6

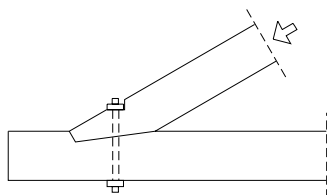
A

Medios de unión

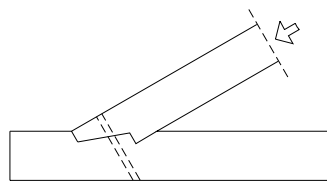
6

A

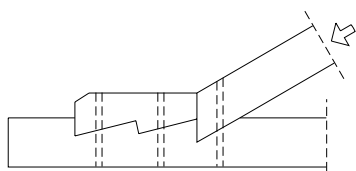
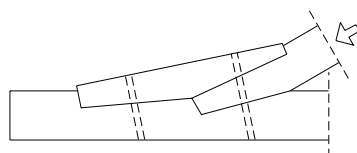
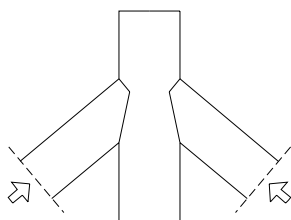
Medios de unión



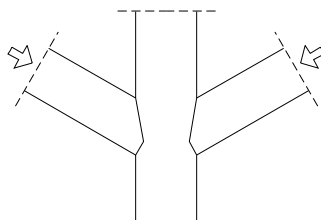
CON BARBILLA



CON DOBLE BARBILLA

CON BARBILLA Y PIEZA  
AUXILIARCON BARBILLA Y PIEZA  
AUXILIAR OBLICUA

ENSAMBLE PENDOLON-PARES



ENSAMBLE PENDOLON-TORNAPUNTAS

Figura 5

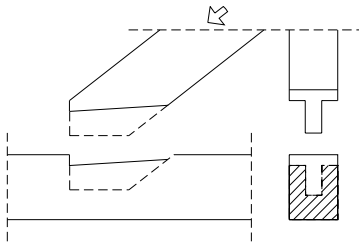
### **Ensamble de barbilla y rebaje**

En este caso la pieza comprimida no tiene realmente una espiga, sino que toda la anchura de la misma hace de barbilla, apoyando sobre un rebaje en la pieza que la recibe. Tiene una ventaja respecto a la anterior de caja y espiga y es precisamente que no existe debilitamiento de su extremo al no adelgazarse

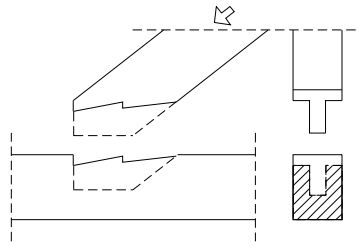
la pieza en la espiga. Por otro lado, resultan indispensables para mantener la unión pernos o bridas metálicas. En la figura 5 se representan algunos casos típicos de este tipo de ensamblajes.

### **Ensamble de caja y espiga con barbilla**

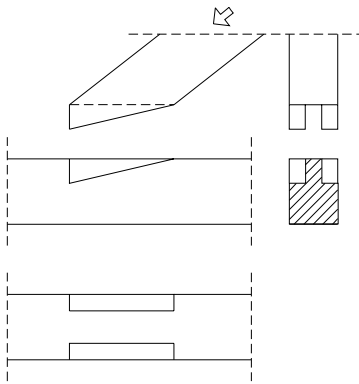
Es una concepción mixta de los dos anteriores, existiendo además de la caja



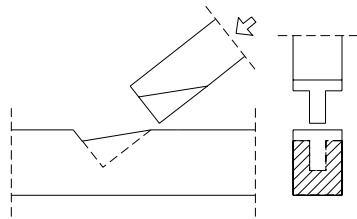
CAJA Y ESPIGA CON BARBILLA



CAJA Y ESPIGA CON DOBLE BARBILLA



BARBILLA EN TENEDOR



BARBILLA Y ESPIGA TRIANGULAR

Figura 6

y espiga una barbilla alojada sobre el rebaje de la otra pieza.

En la figura 6 se representan algunos casos de estos ensambles.

### Ensamblajes sometidos a tracción

En este tipo de unión sometida a un esfuerzo de tracción la conexión entre ambas piezas se puede realizar mediante pernos, chapas metálicas, con ensambles de cola de milano o rebajes en las piezas.

### Ensamble mediante rebaje en las piezas

Normalmente en estas uniones una de las barras está formada por dos piezas entre las que se encaja la pieza traccionada. Esta última dispone de unos rebajes y un talón que permiten transmitir el esfuerzo de tracción a través de compresiones y esfuerzos tangenciales. El perno tiene en este caso la misión de afianzar las piezas y evitar el deslizamiento (Figura 7).



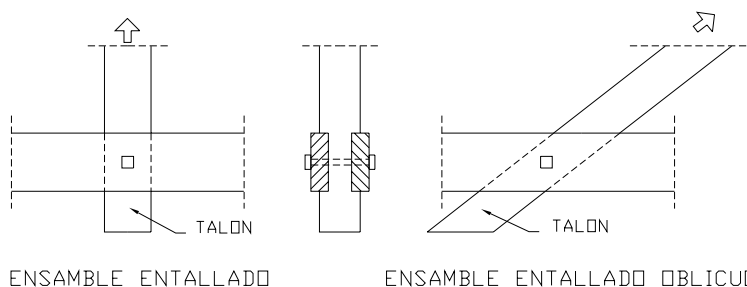


Figura 7

### Ensamble mediante pernos

Si los esfuerzos no son muy elevados puede recurrirse a la conexión mediante uno o más pernos (Figura 8). En este caso, si el perno es capaz de transmitir el esfuerzo en su totalidad puede hacer innecesario el talón y por tanto el rebaje. Sin embargo el empleo de pernos por sí solos, resulta poco frecuente y normalmente se recurre al empleo de conectores metálicos o llaves de madera, que aumentan la capacidad de transmisión de esfuerzos (Figura 9).

### Ensamble en cola de milano

Una de las piezas presenta una espiga en forma de cola de milano, mientras que la otra tiene el vaciado de la espiga. Normalmente esta unión se realiza sobre la mitad del espesor de la pieza, denominándose en este caso a media madera. Puede ser recto u oblicuo (Figura 10).

Un tipo de ensamble con cola de milano, frecuente en armaduras de cubierta, es el denominado de cola de milano pasante. En este caso la cola de milano es oblicua y no es a media madera sino que queda entallado por ambas caras. La mortaja es más amplia que la espiga para permitir su entrada, impidiendo su

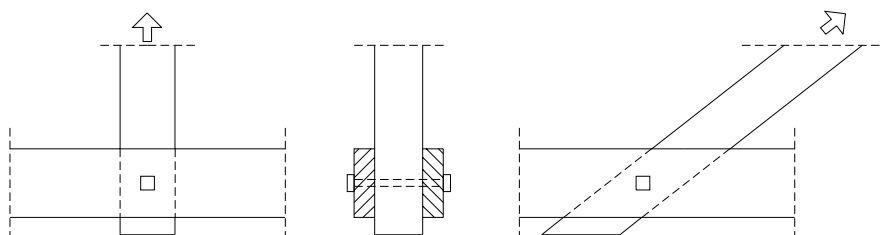


Figura 8

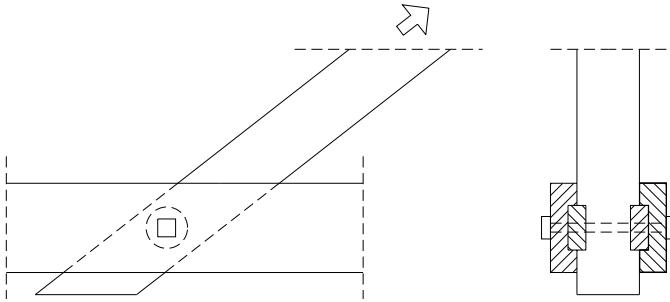


Figura 9

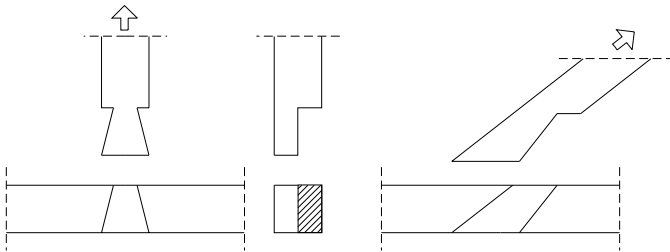


Figura 10

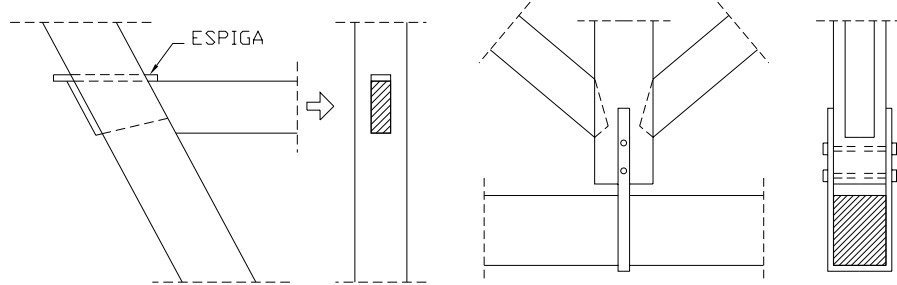


Figura 11

salida mediante una espiga de madera más dura. (Figura 11).

### **Ensamble de cuelque de tirante**

La utilización de pletinas metálicas ator-

Figura 12

nilladas a las piezas de madera permite también la transmisión de esfuerzos de tracción. En la figura 12 se recoge la solución más frecuente para la suspensión de un tirante de una cercha a su paso por el pendolón. En realidad no se trata de un verdadero ensamble, ya que

su misión es acortar la luz del tirante para las cargas transversales que pueda sufrir (peso propio y falsos techos), además de mantener en el mismo plano el tirante y el pendolón.

## Empalmes

El empalme consiste en la unión entre piezas por sus testas. Estas dos piezas pueden constituir un tirante, el encuentro entre dos vigas enfrentadas en un apoyo y, menos frecuentemente, el empalme entre dos pilares.

### Empalmes entre piezas traccionadas

Es el caso más frecuente de unión entre dos piezas que forman un tirante de gran longitud. Generalmente el empalme se realiza en el centro del vano. La sección eficaz del tirante queda reducida a menos de la mitad de la sección completa.

### Empalme en escalón

Cada pieza presenta un rebaje y se acoplan entre sí evitando su deslizamiento. Pueden llevar una llave de madera que facilite el ajuste (Figura 13). Precisa herrajes que afiancen las piezas.

### Empalme en rayo de júpiter

El escalonado entre piezas es oblicuo, precisando bridas para su aseguramiento. La longitud del empalme puede llegar a ser del orden de 2,5 a 5 veces la altura de la sección (Figura 14).

### Empalme a media madera con cola de milano

Cada una de las piezas presenta en su extremo adelgazado a media madera una cola de milano que encaja en el vaciado de la otra. La sección eficaz queda notablemente reducida, prácticamente a la cuarta parte de la sección original (Figura 15).

### Empalmes entre vigas sobre apoyo

El empalme entre piezas sometidas a flexión (vigas, viguetas, correas), debe necesariamente hacerse sobre un punto de apoyo (un muro, una viga, un par de una cercha, un pilar etc). Únicamente las de grandes escuadrías como las empleadas en madera laminada, permite la utilización de enlaces articulados en el vano, constituyendo vigas tipo Gerber.

El empalme se hace a media madera o con corte oblicuo y es necesario fijar entre sí ambas piezas mediante clavado o atornillado (Figura 16).

### Empalmes entre piezas comprimidas

En la práctica es difícil encontrarse con la unión por empalme de dos piezas de madera comprimidas, por sí solas. Normalmente se encuentran junto con otras piezas formando nudos más complejos.

En la figura 17 se recogen algunos casos de empalmes entre piezas comprimidas. Para asegurar la unión se precisan herrajes que afiancen las piezas.

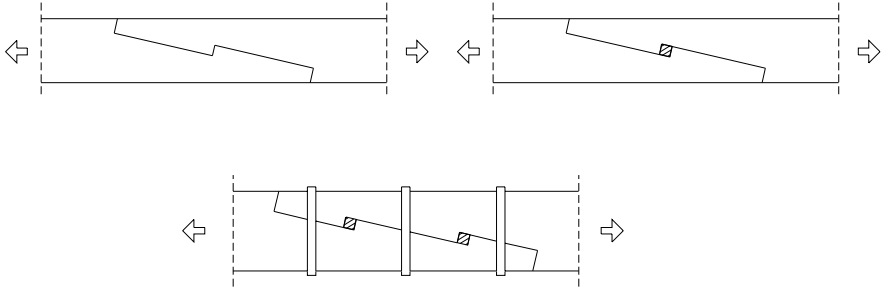


Figura 14

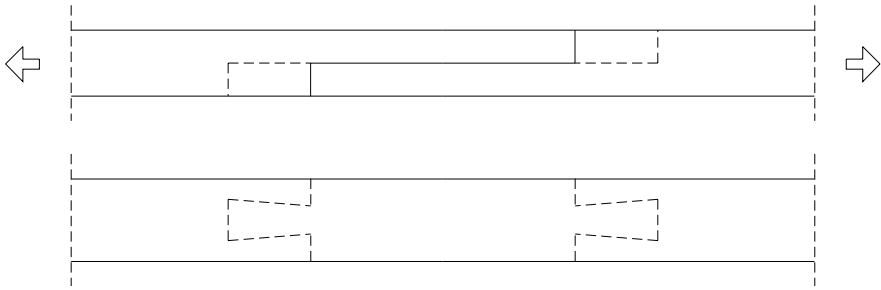


Figura 15

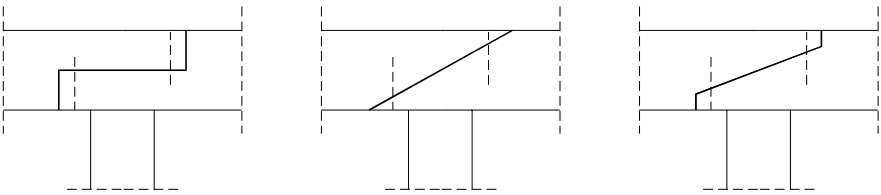


Figura 16

6

A

Medios de unión

6

A

Medios de unión

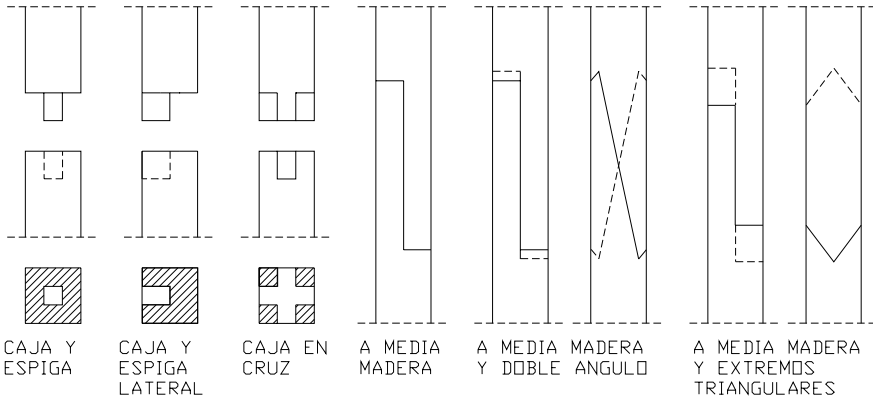


Figura 17

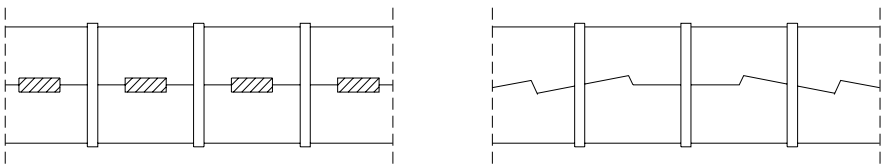


Figura 18

