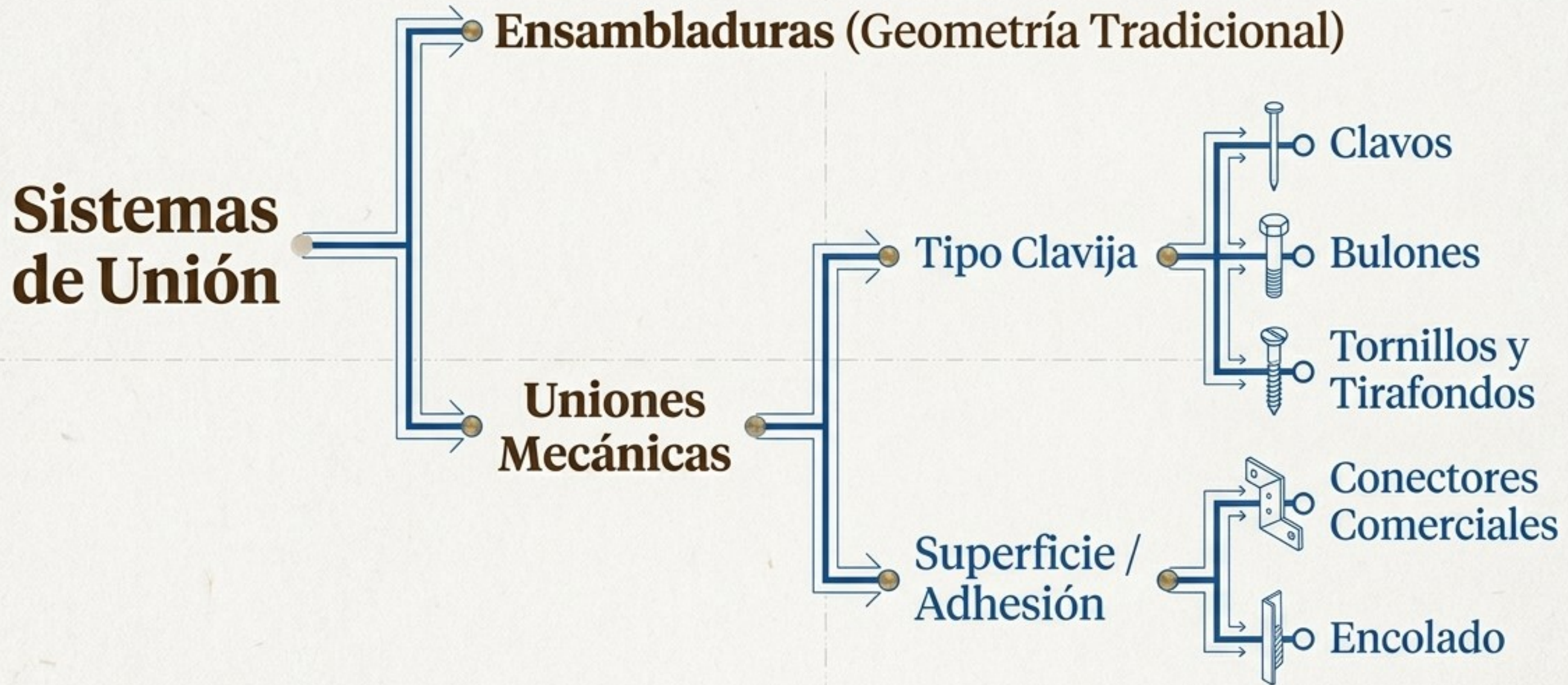




Medios de Unión en Estructuras de Madera

De la geometría tradicional al
diseño normativo (C-601).



El modelo mental: transferir cargas a través de la trabazón física o mediante elementos de fijación estandarizados.

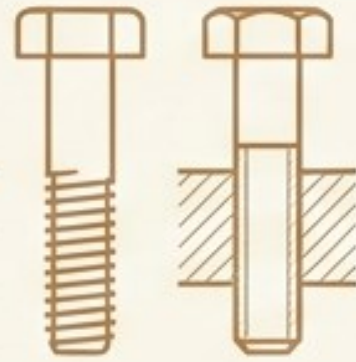
Taxonomía de la Transferencia de Cargas



Transmisión por Forma

Ensambladuras y Empalmes

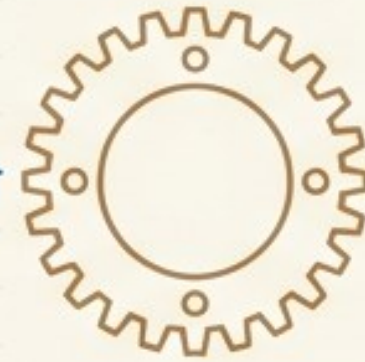
Dependencia de la geometría y contacto directo de las fibras.



Tipo Clavija

Clavos, Bulones y Tornillos

Concentración de esfuerzos en elementos metálicos lineales.

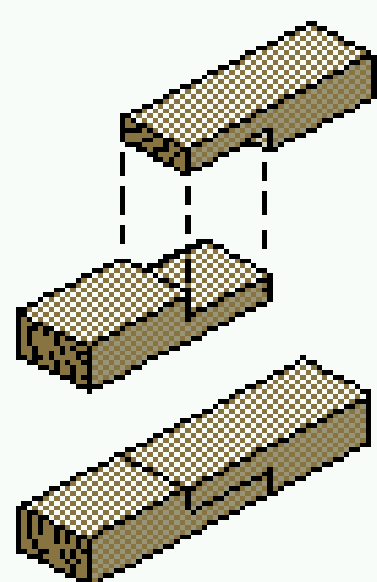


Conectores de Superficie

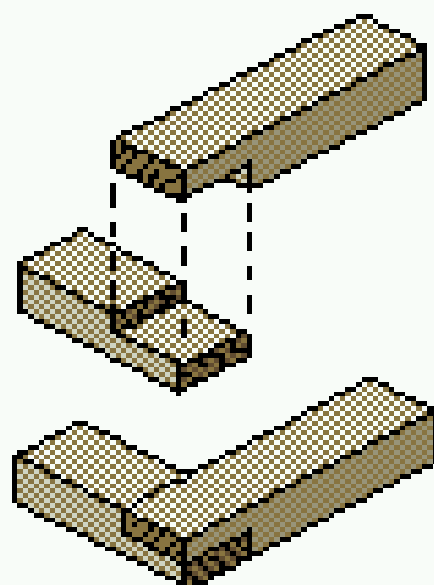
Anillos, Placas y Rejillas

Distribución masiva de tensiones tangenciales para altas cargas.

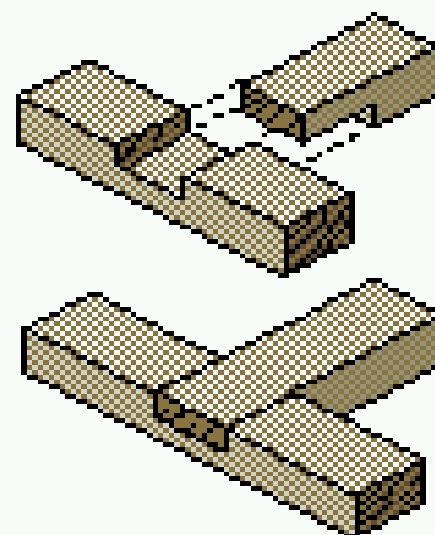
Base Normativa: Criterios de Diseño C-601
(Atraviesa y regula todas las tipologías)



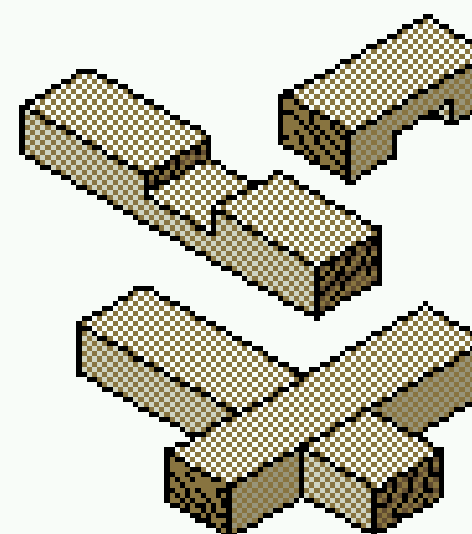
Media madera
o brochal



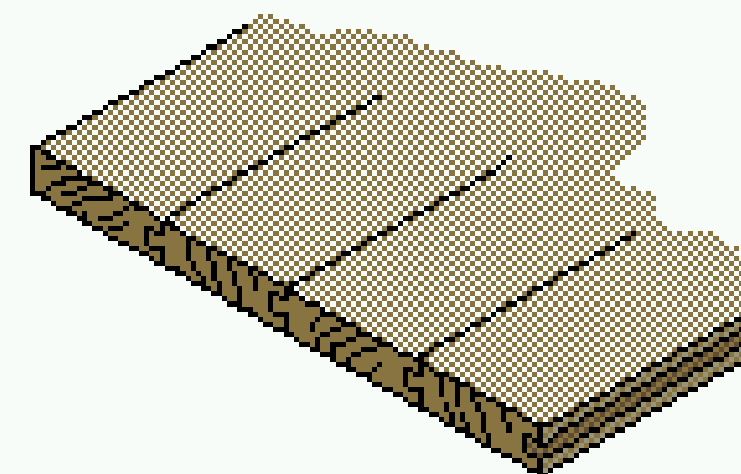
Media madera
en esquina



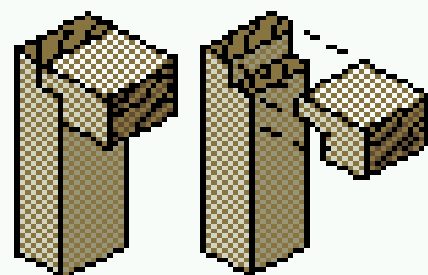
Media madera en T



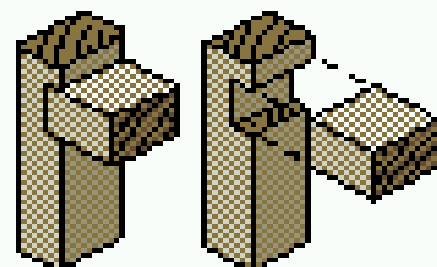
Media madera en cruz



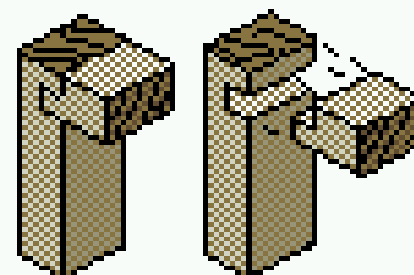
Machihembrado



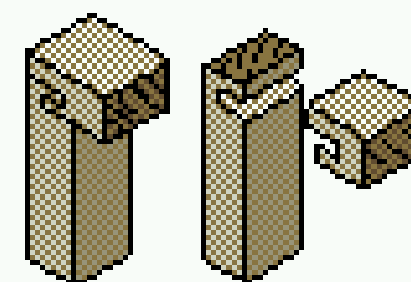
Ranura



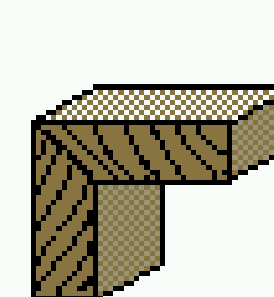
Incisión



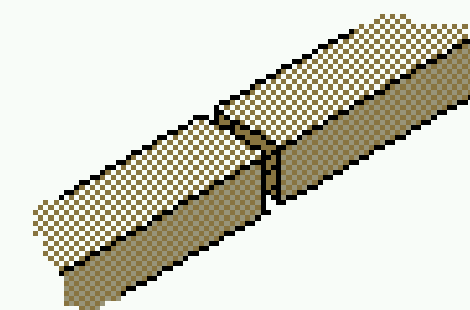
Incisión y ranura



Incisión, lengüeta
y ranura



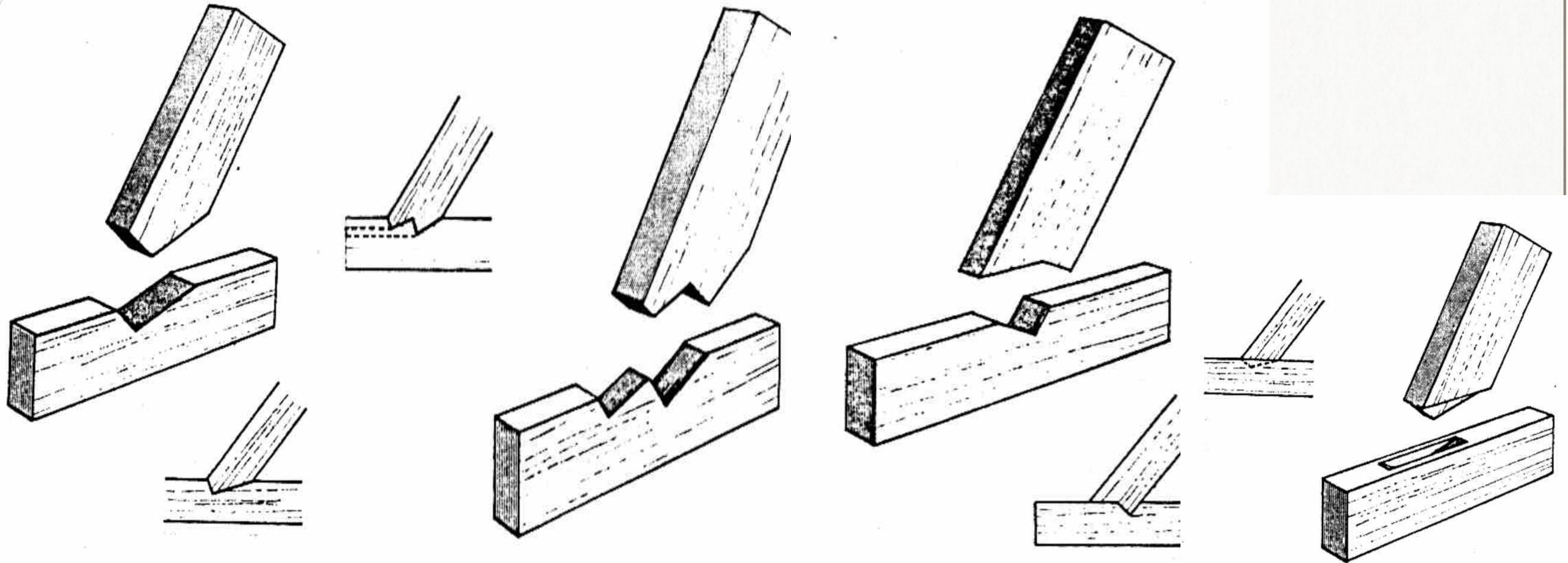
Inglete



Ensambladura a tope

El principio rector: Transferir fuerzas a través del contacto directo y la compresión de las fibras de la madera.

Nudos de Reticulado: Resolviendo la Intersección

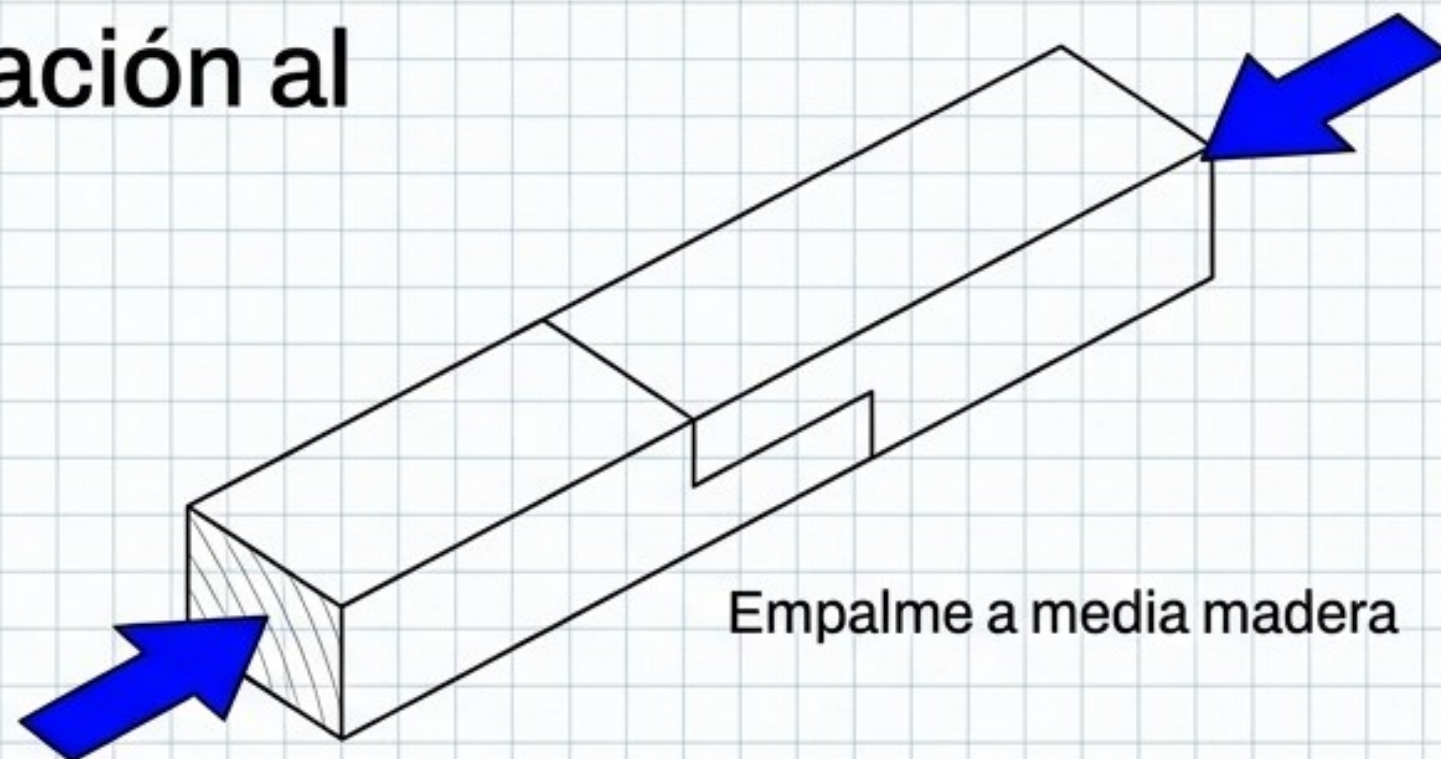


Los nudos deben diseñarse considerando el ángulo de incidencia para maximizar la superficie de aplastamiento.

Empalmes Longitudinales: Adaptación al Esfuerzo Predominante

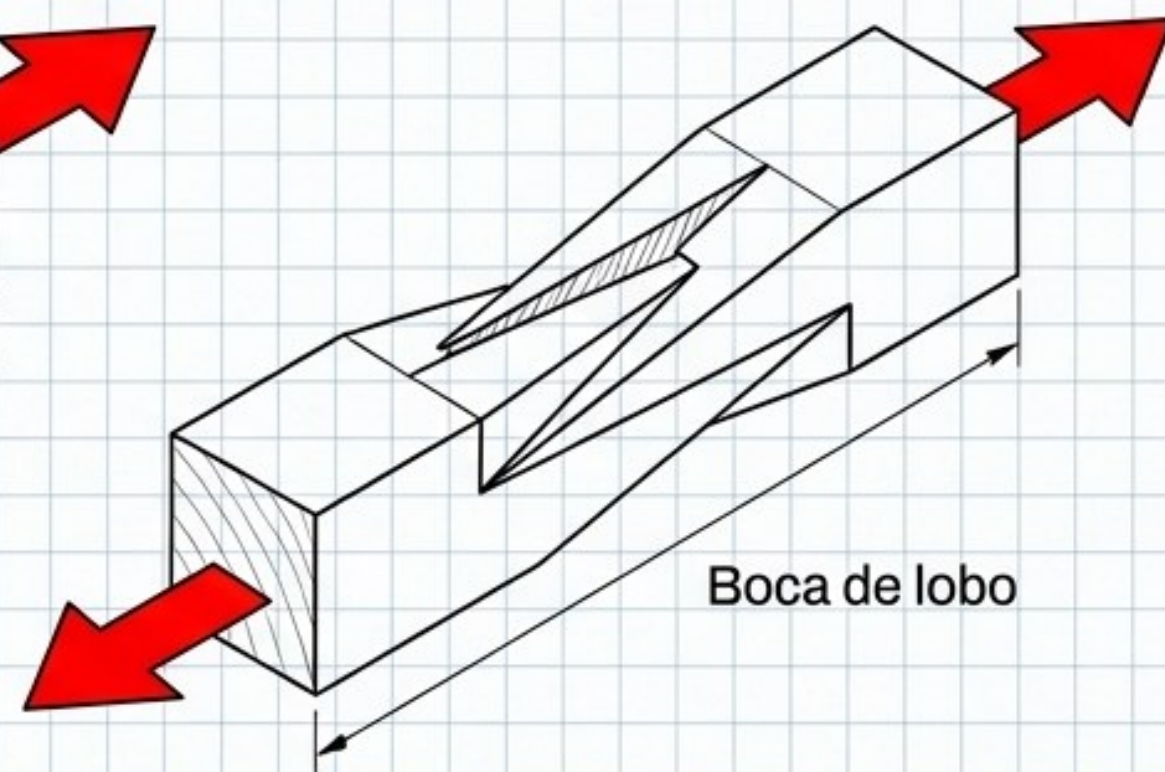
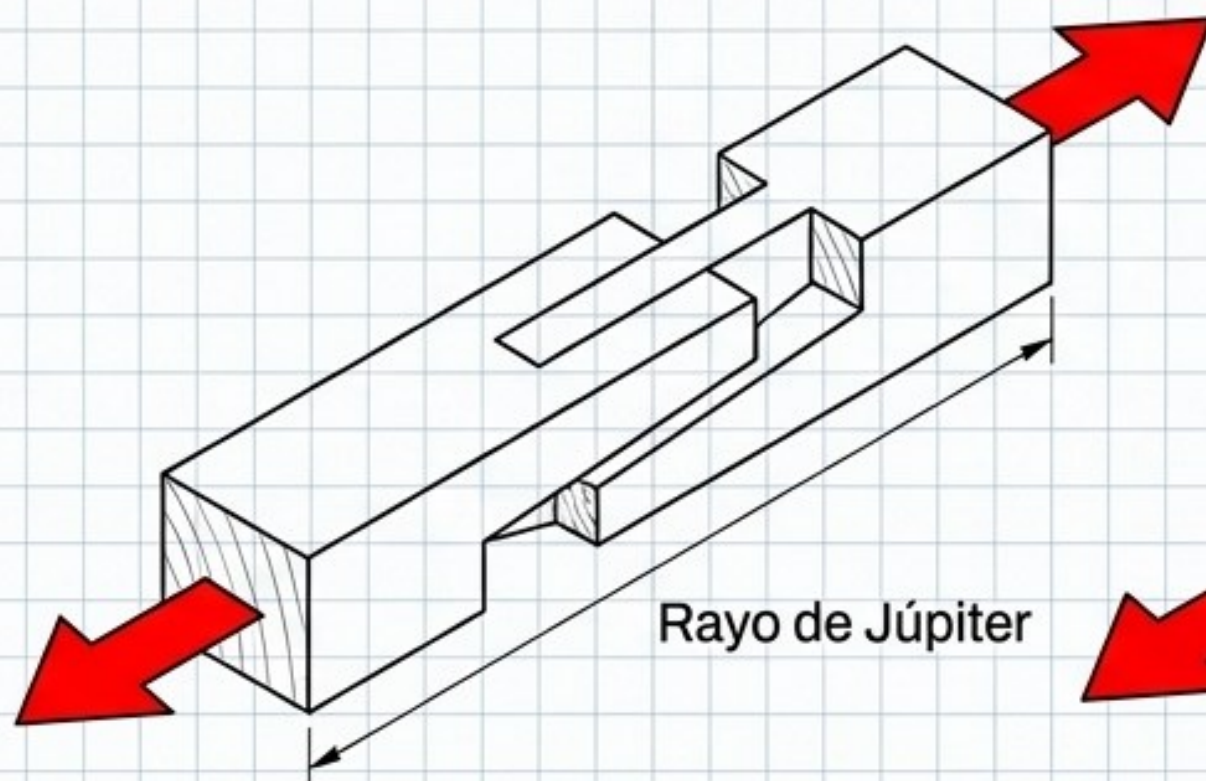
Dominio de Compresión

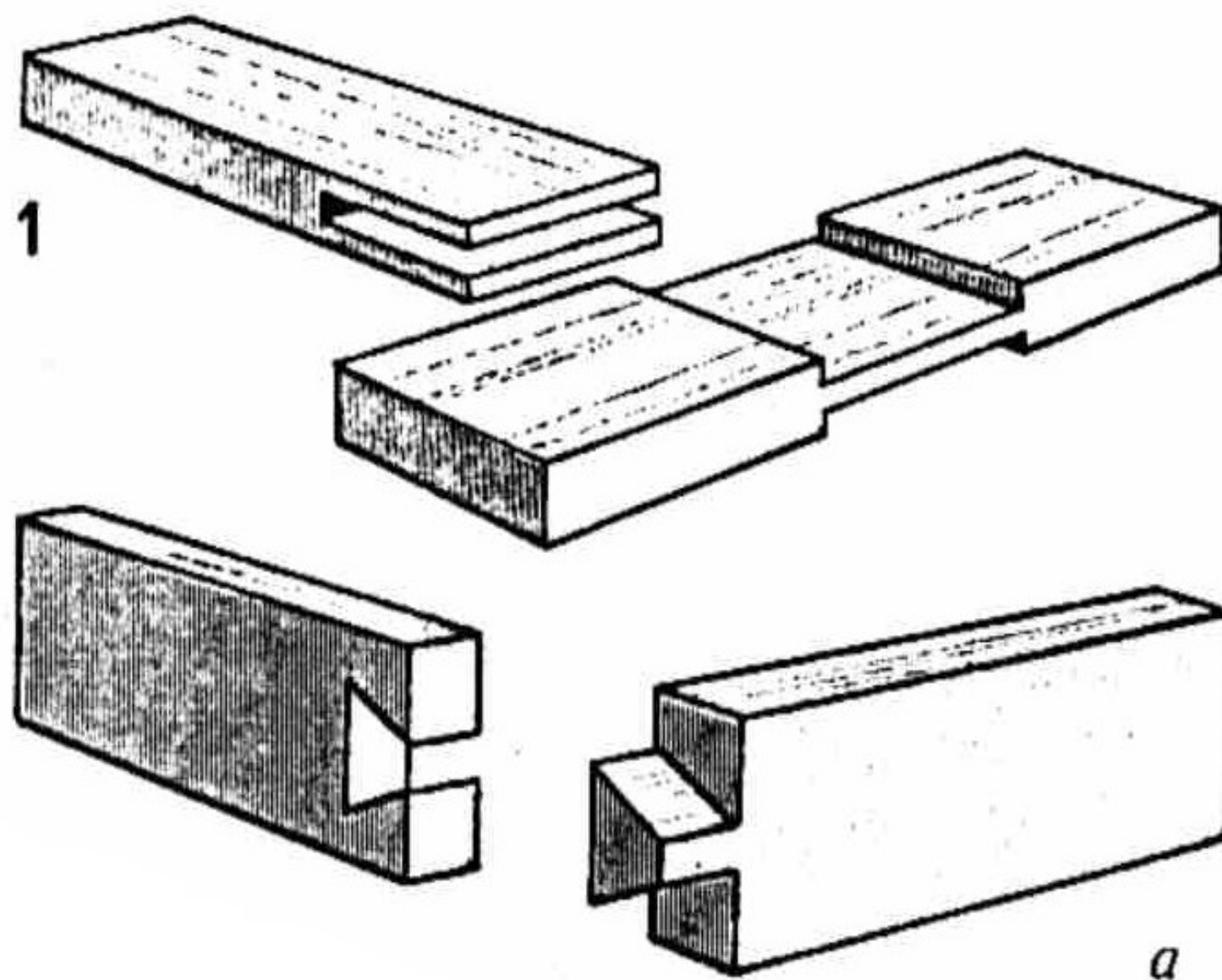
Uniones a media madera. Simples de ejecutar, ideales cuando la carga empuja las piezas entre sí.



Dominio de Tracción

Mecanismos complejos de cuña y múltiples planos inclinados diseñados para bloquear el deslizamiento bajo fuerzas de separación.

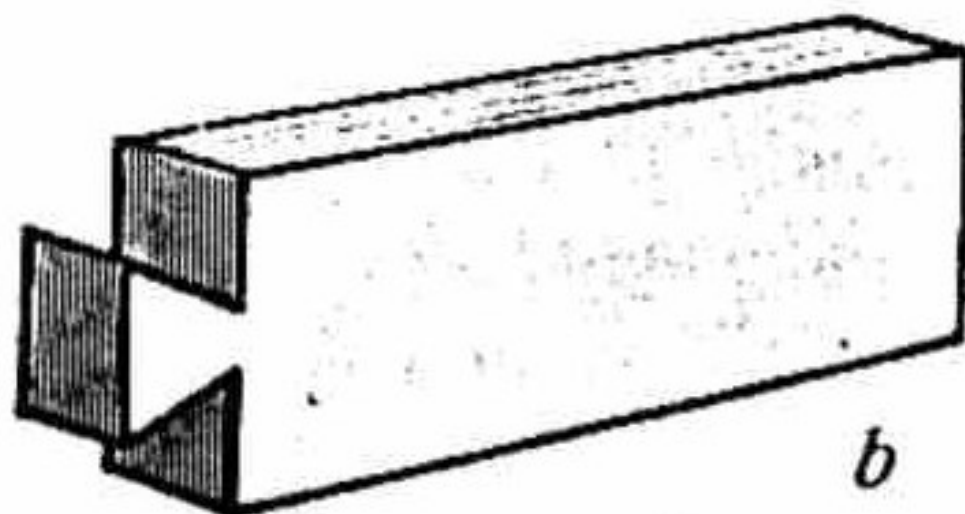
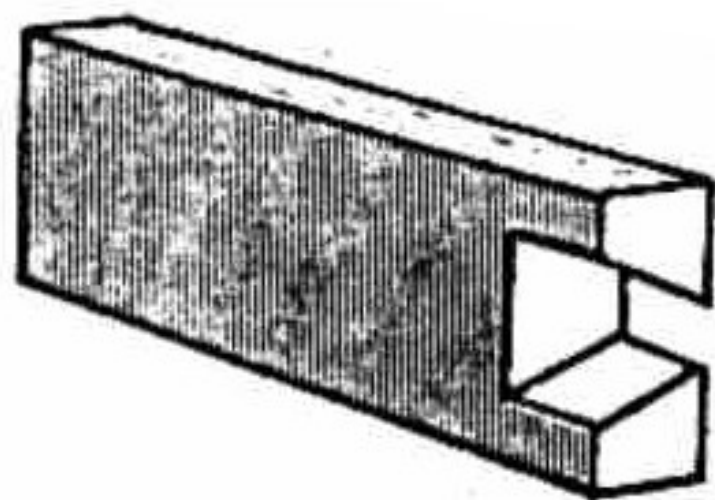




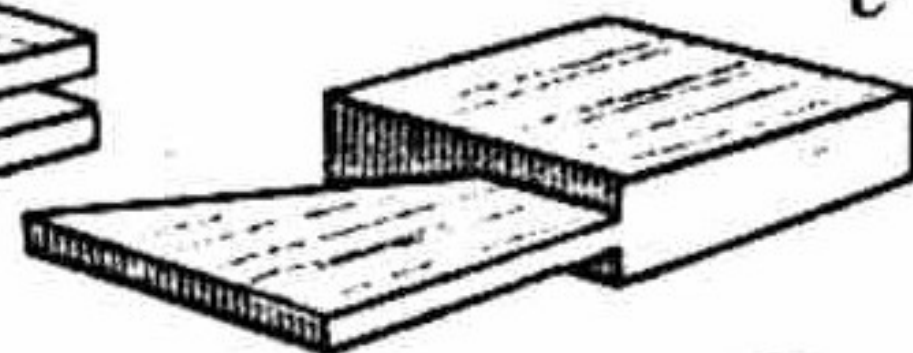
1. DE QUIJERA SIMPLE Y RECTA, en el que los cortes suelen ser a tercio de madera.

2. DE QUIJERA EN COLA DE MILANO, que puede ser por:

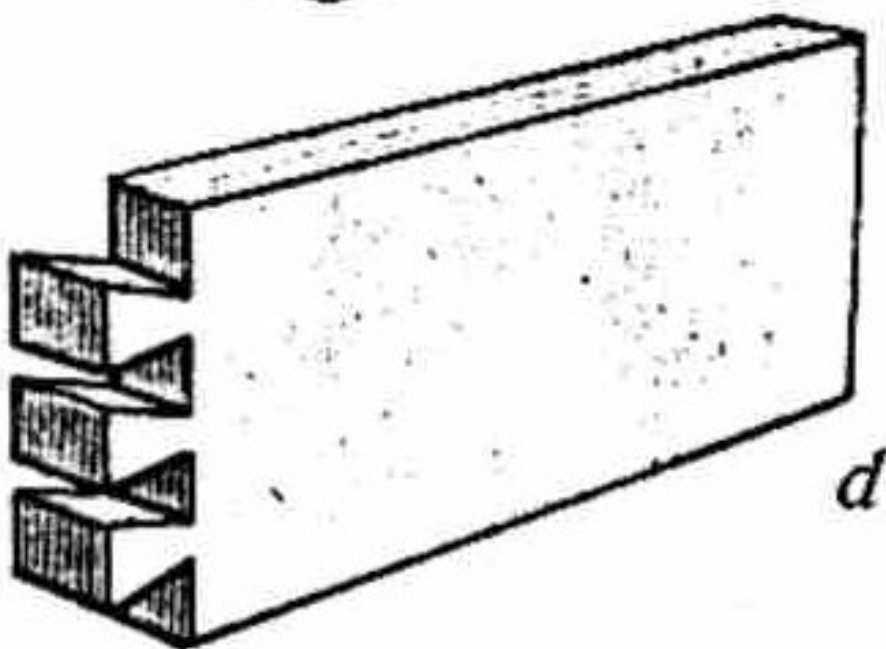
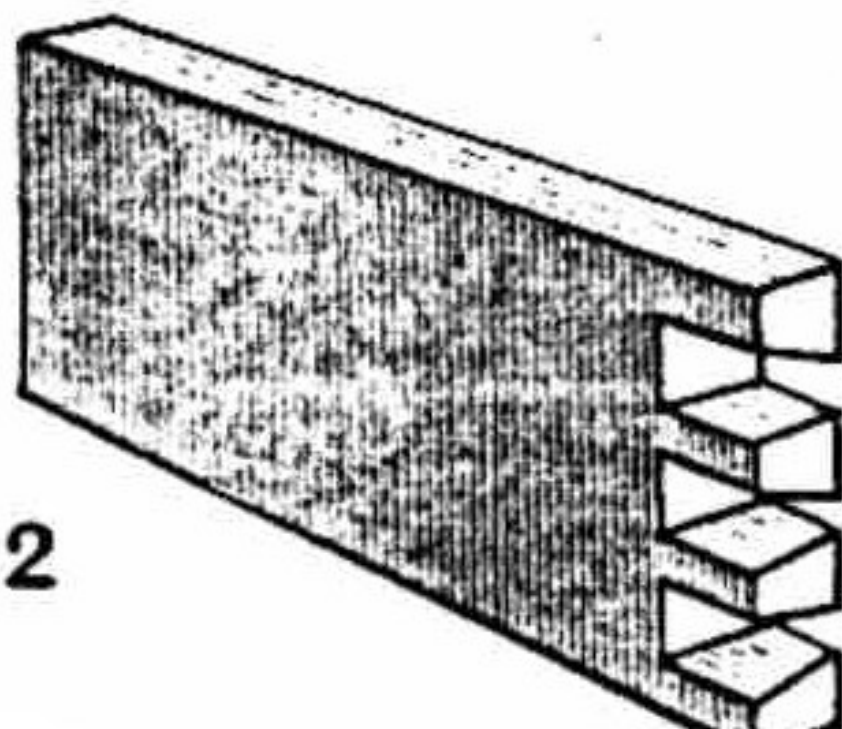
a) Tabla, simple.



b) Canto, simple.

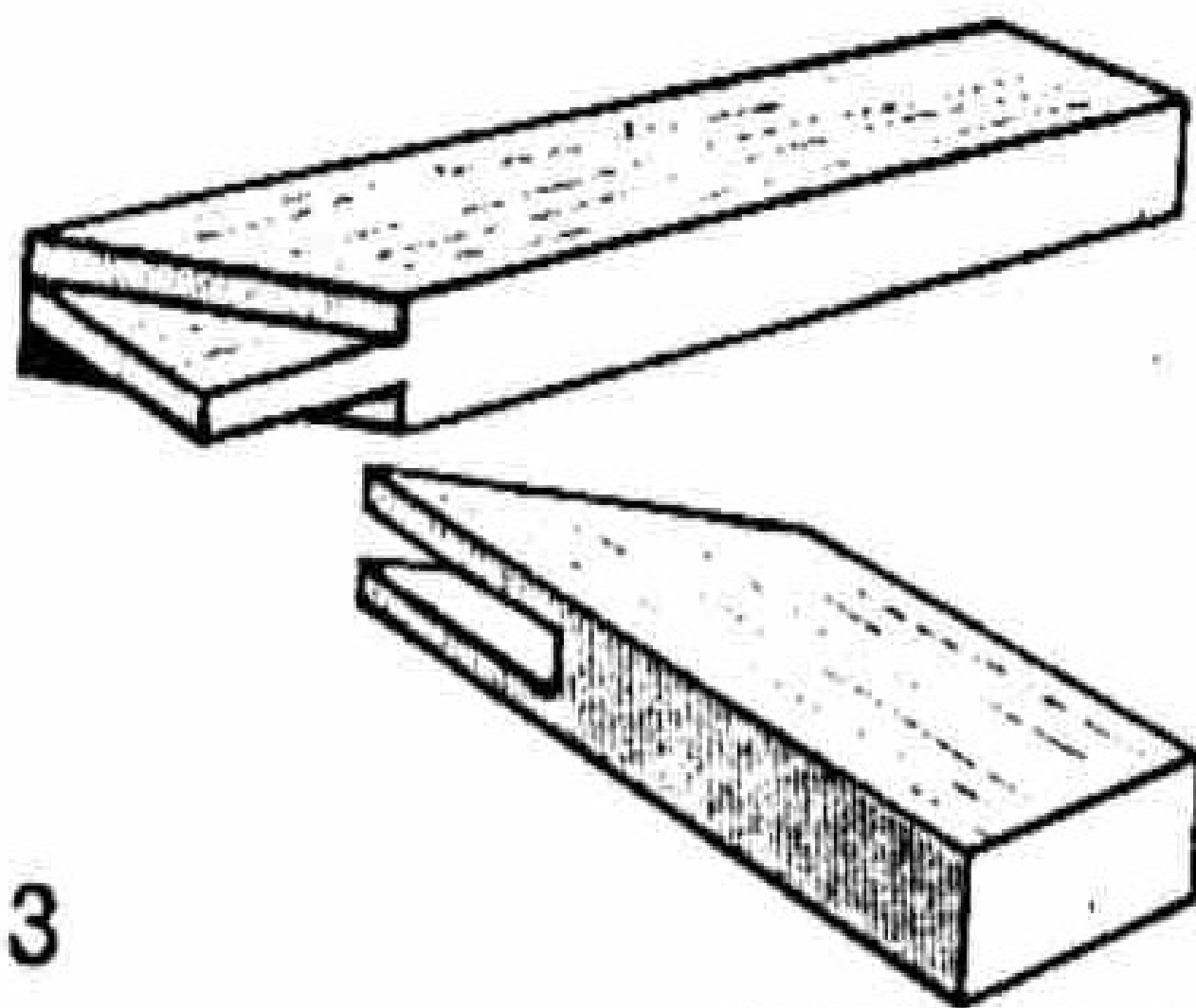


c) Testa, simple.



d) Canto, múltiple.

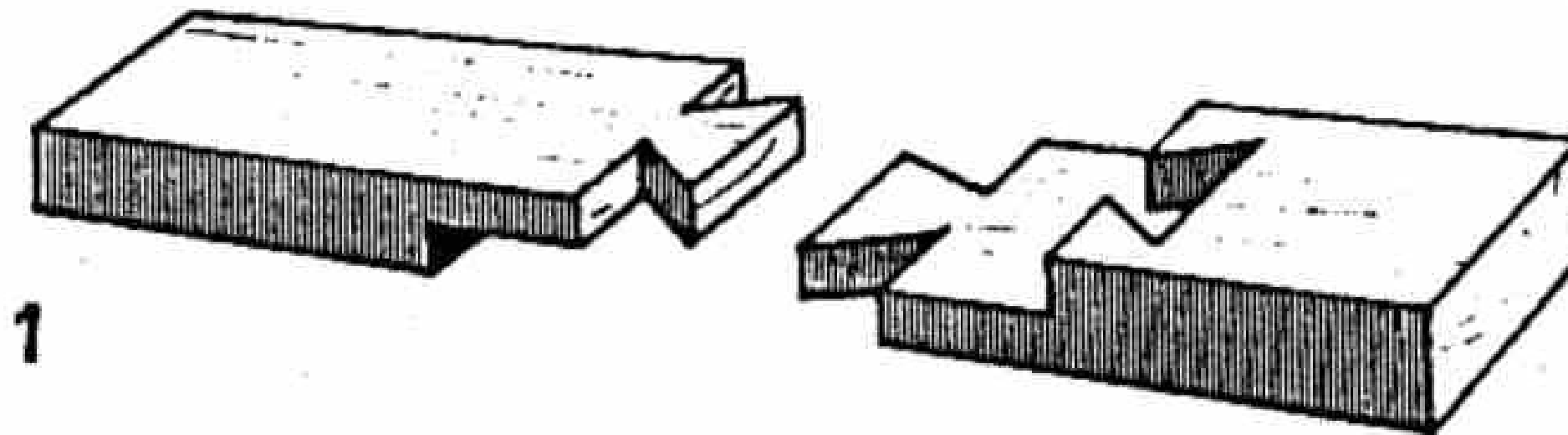
Este último ensamble esquina es típico de
zas de gran tabla.



3. DE QUIJERA A INGLETE, en el que se acusa el inglete en ambas caras.

1. Empalmes a MEDIA MADERA

Esta solución se resuelve, generalmente, con

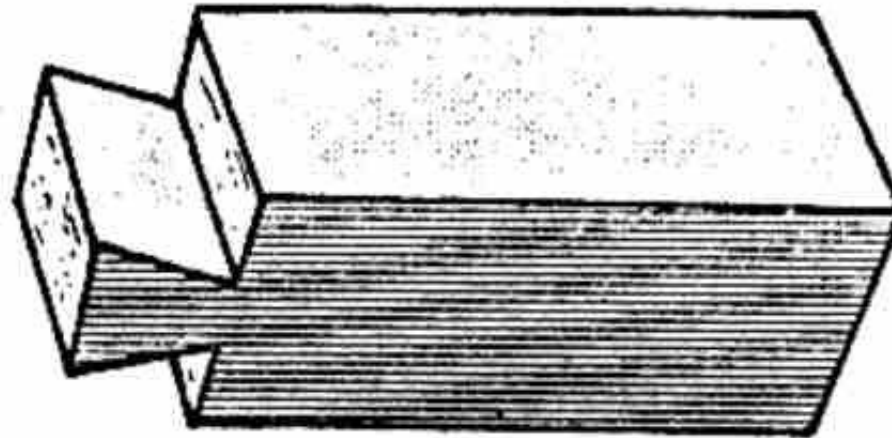
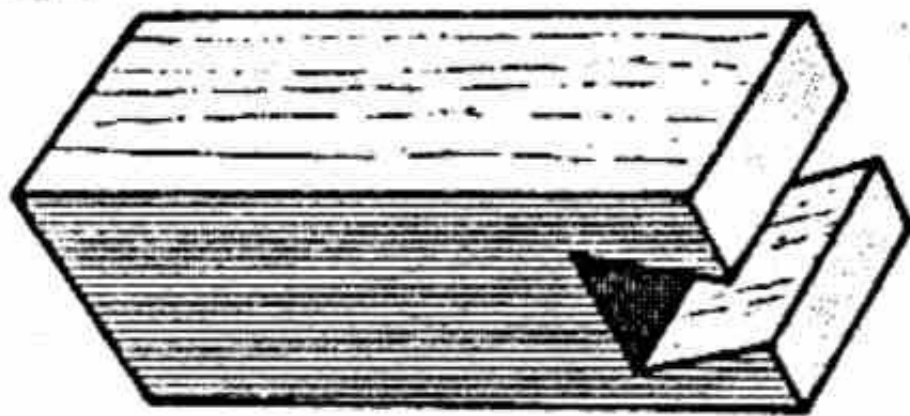


Doble cola de milano

2. Empalmes de quijera

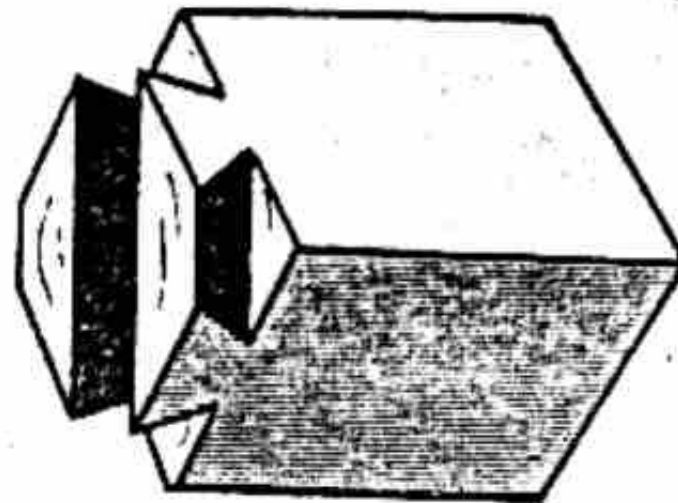
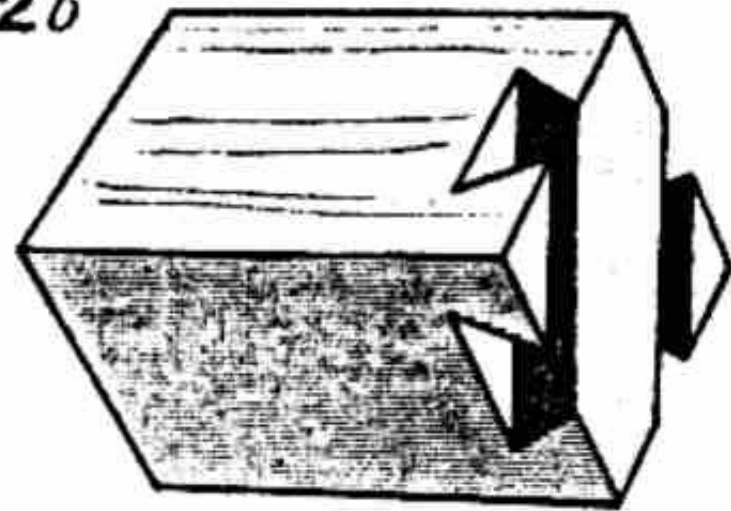
Sus variantes, más corrientemente empleadas, son con quijeras en:

2a



a) COLA
DE MILANO
SIMPLE
Y RECTA

2b

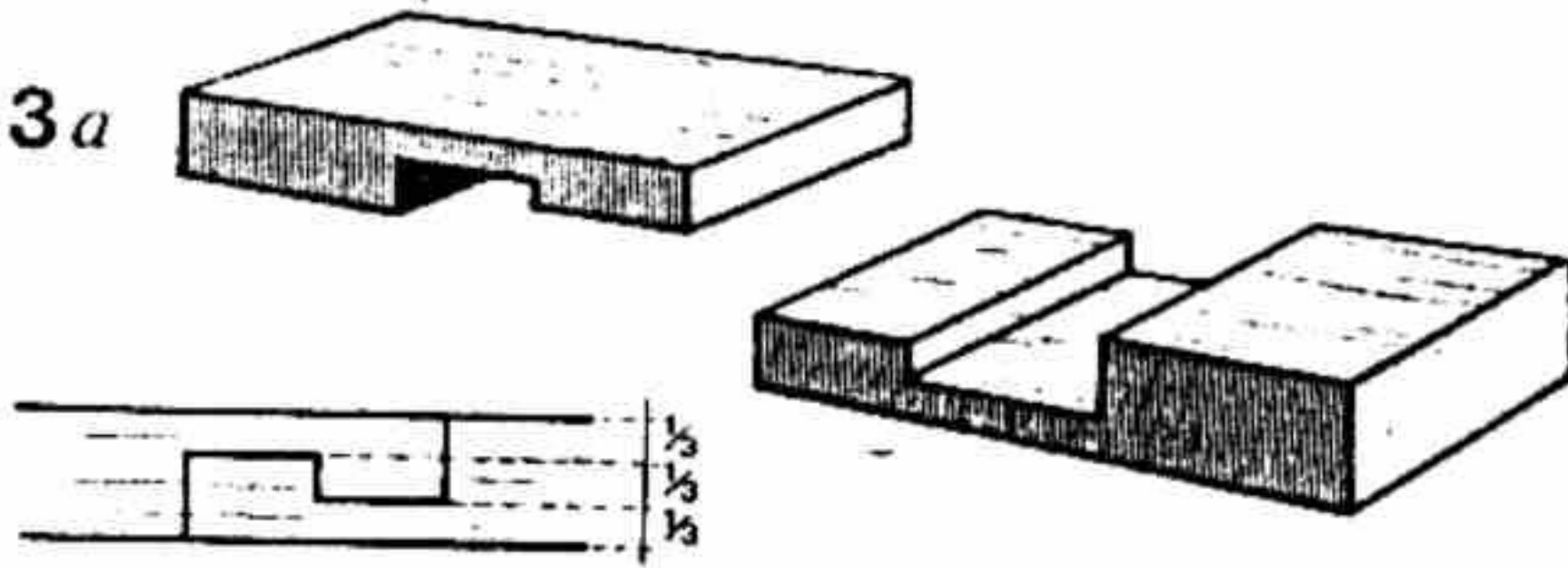


b) DOBLE Y
EN DIAGONAL

3. Empalmes de llave

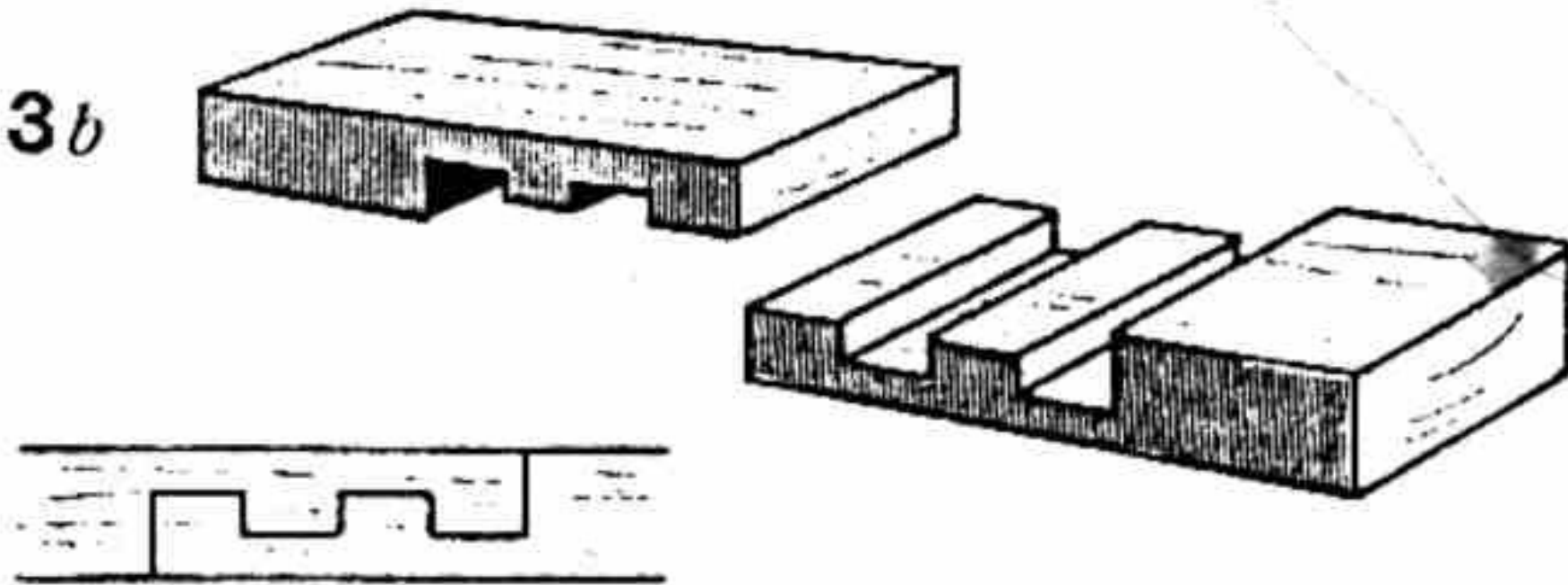
Es característico de piezas sometidas a tracción,

3a



Simple

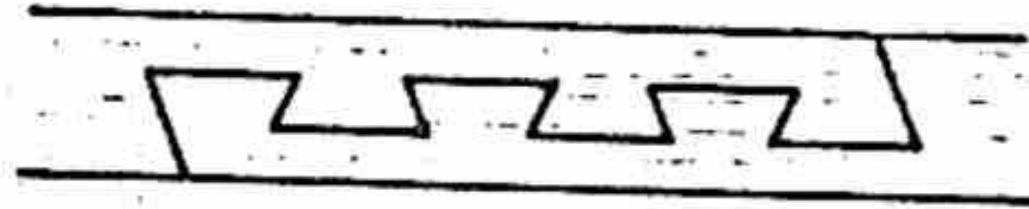
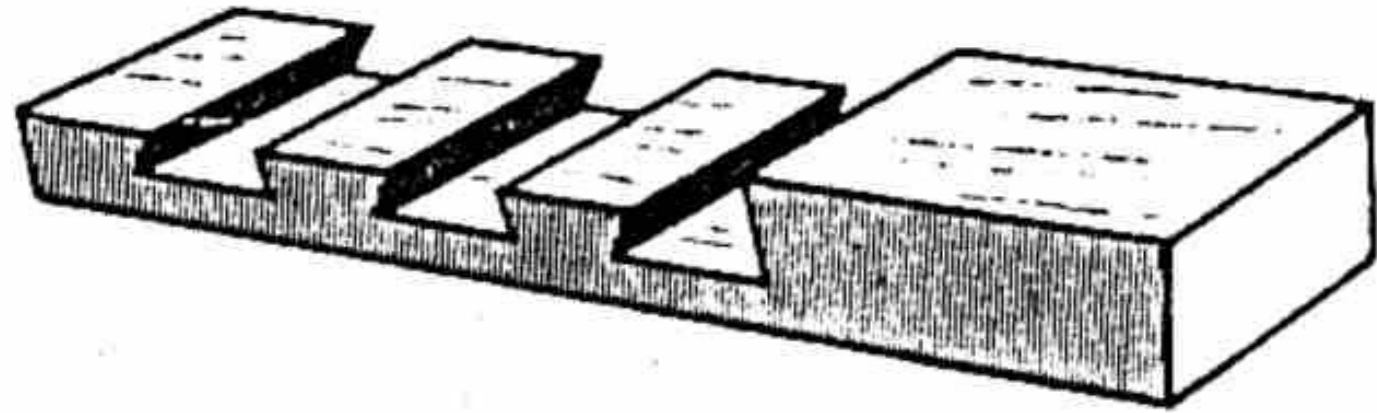
3b



Doble

Para evitar la salida por tabla, puede hacerse en

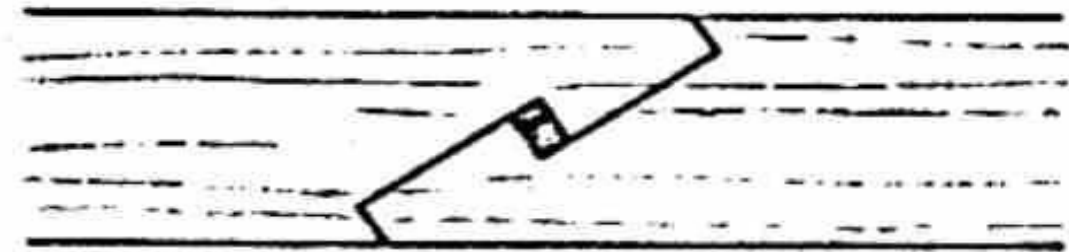
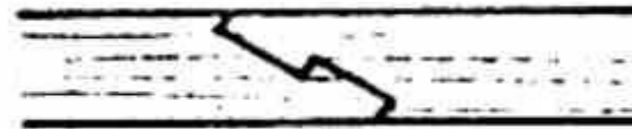
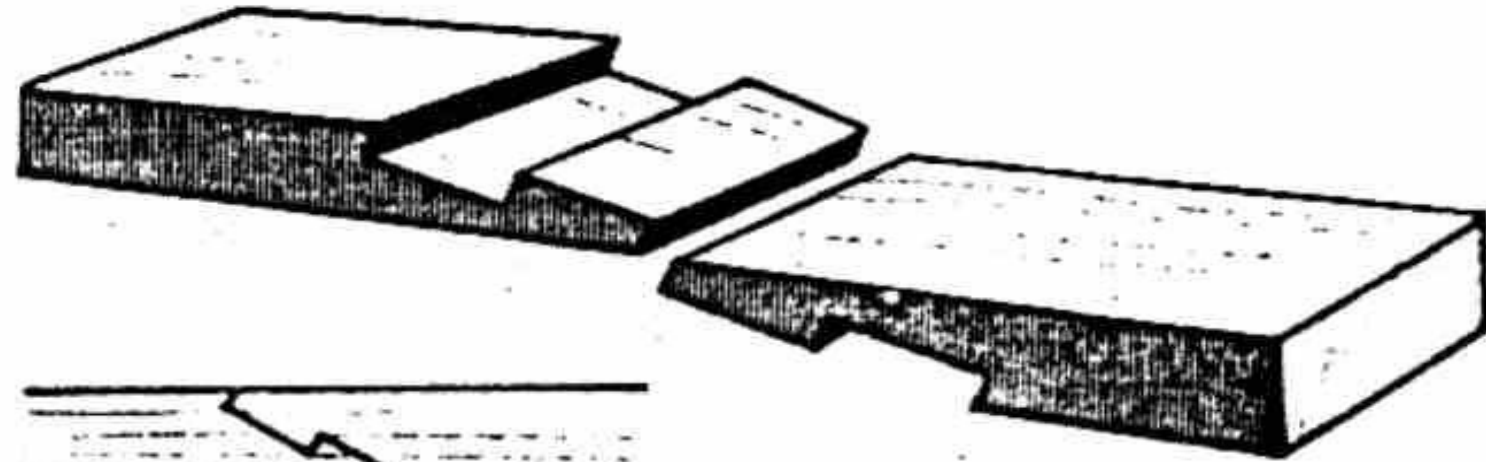
c) DOBLE COLA DE MILANO



3e

Rayo de Júpiter

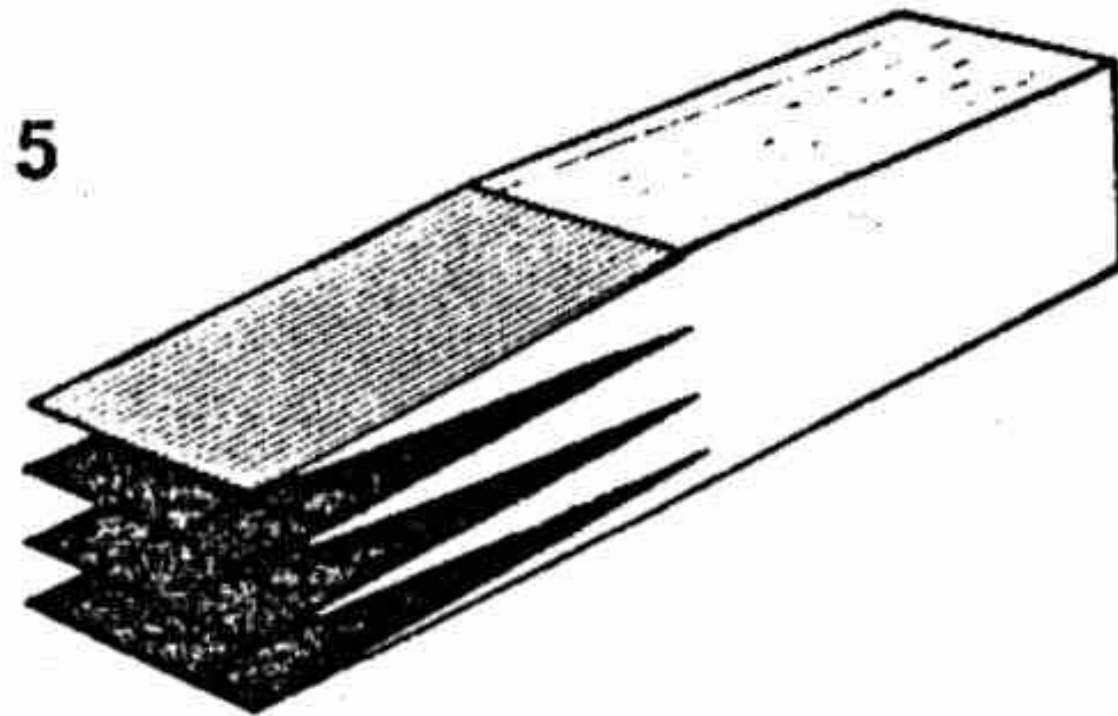
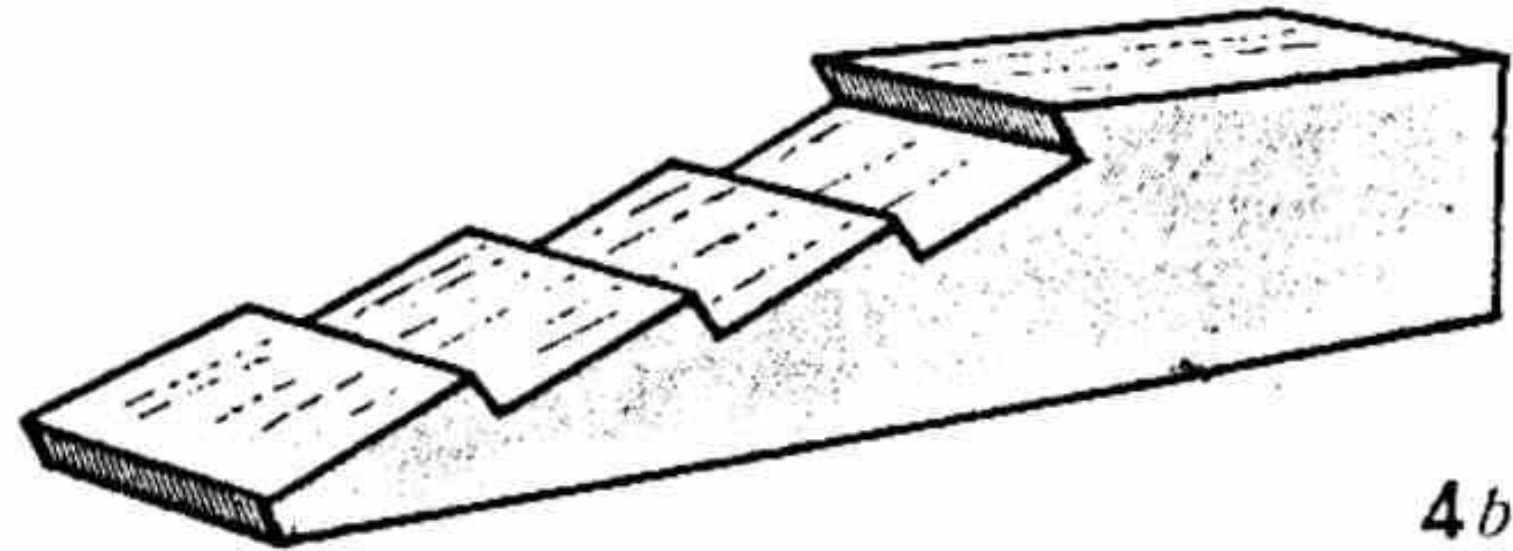
a) SIMPLE



4a

Rayo de Júpiter

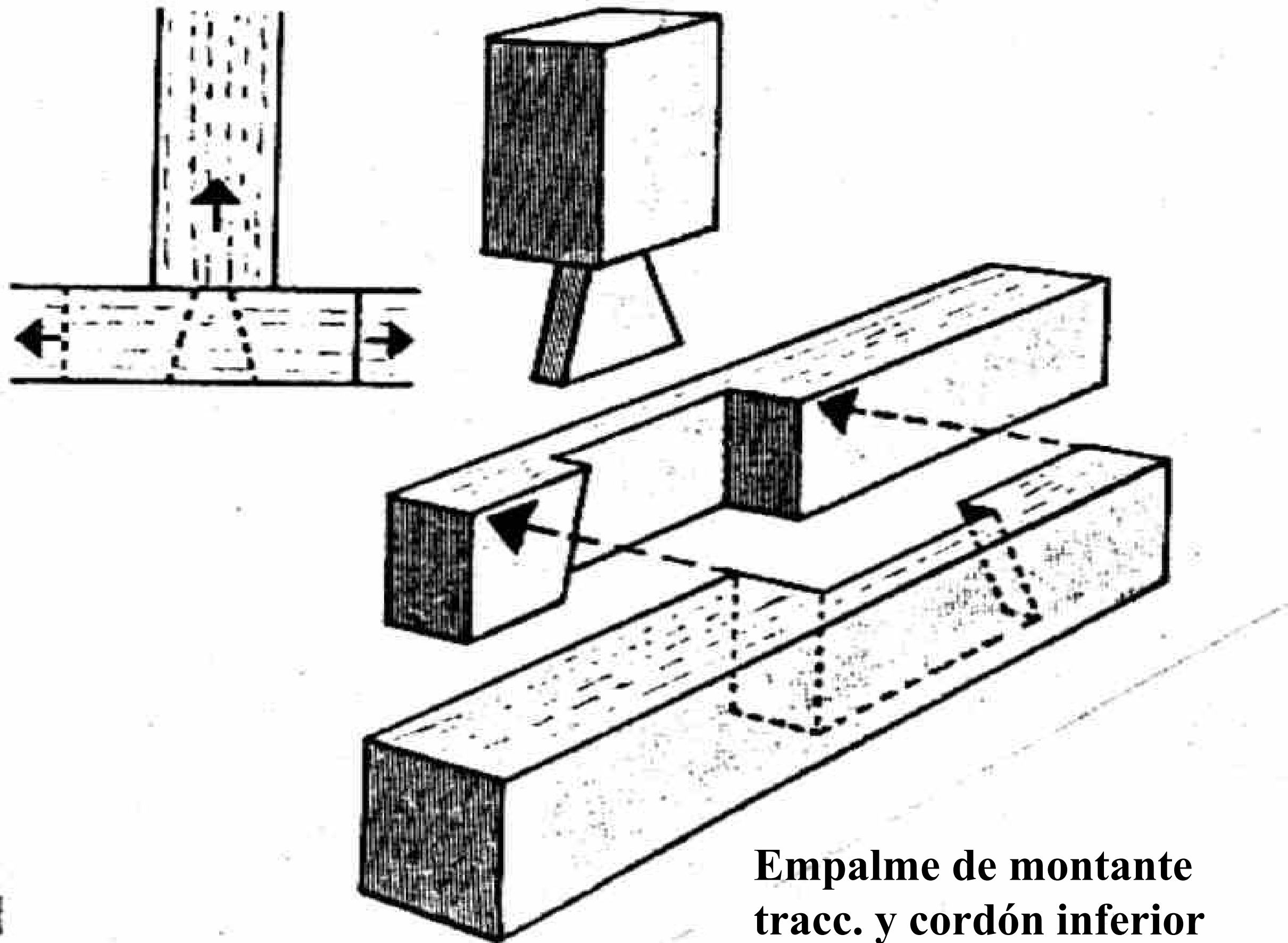
b) MULTIPLE



**Boca de lobo o
Dientes de perro**

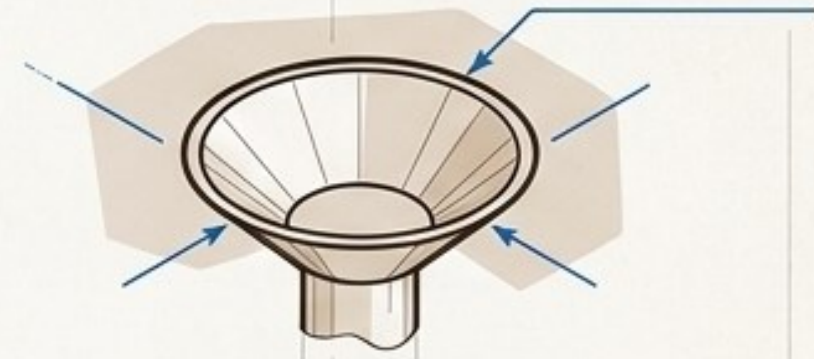
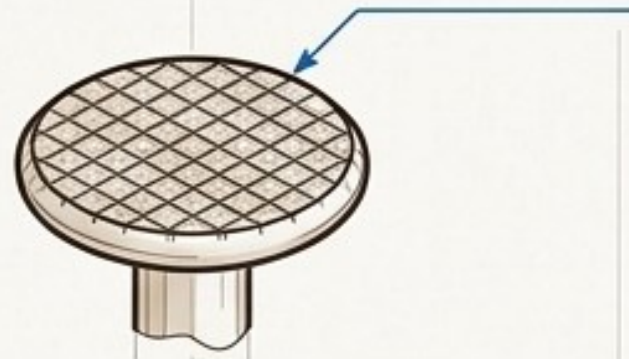
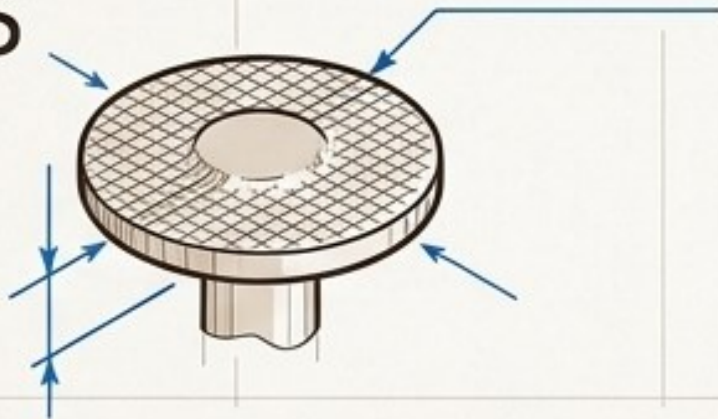


Fig. 5.2. Empalmes de tracción.



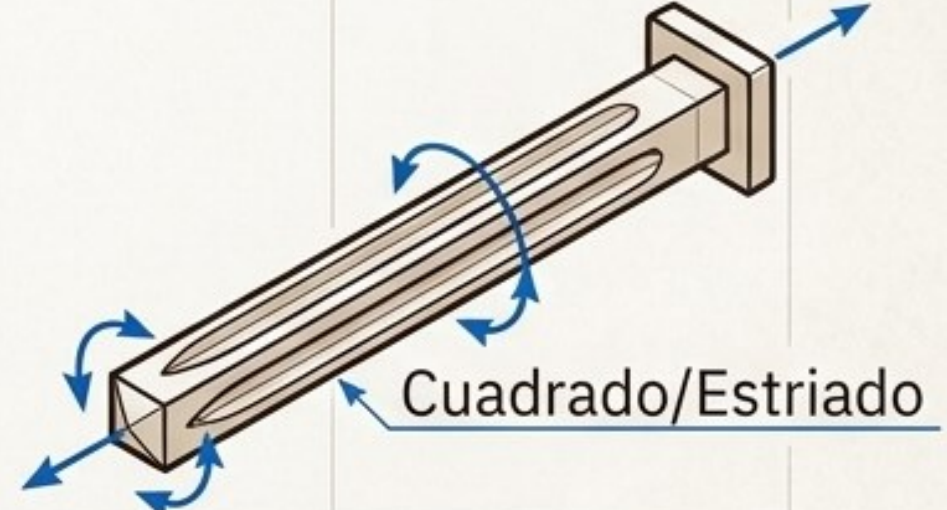
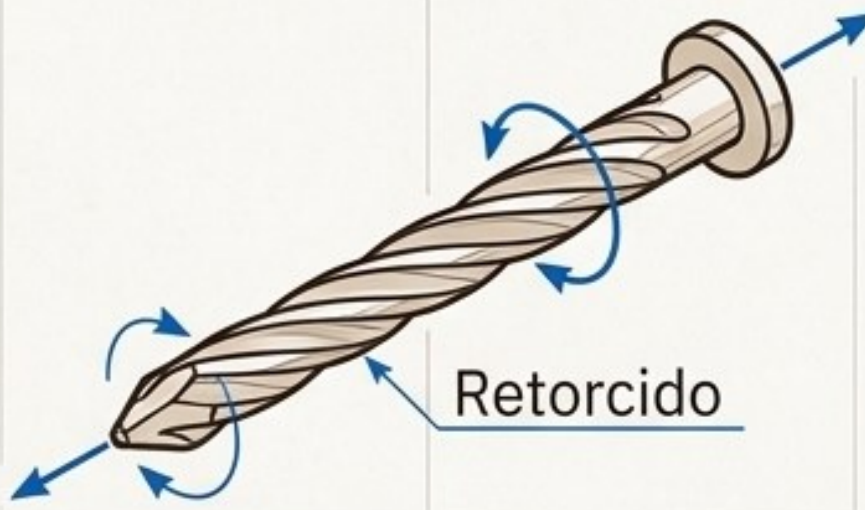
Anatomía de la Clavija: Clavos

CABEZAS



La cabeza plana estriada absorbe impactos; la avellanada se oculta bajo la superficie.

VÁSTAGOS



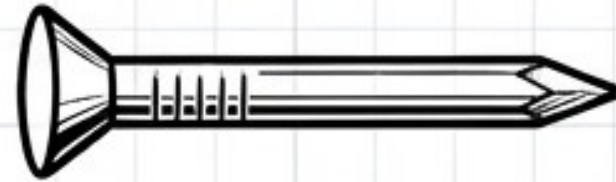
El vástago liso es estándar, pero los perfiles retorcidos o estriados aumentan exponencialmente la resistencia a la extracción (pull-out) al morder la fibra.

Taxonomía Estratégica del Clavo Estructural

Selección de Cabeza: Determina el control del desgarró superficial y el acabado.



Cabeza Plana



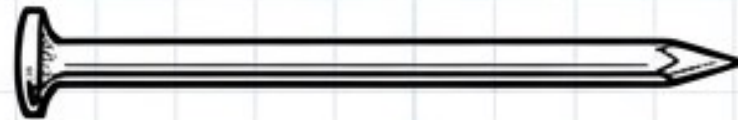
Cabeza Avellanada



Sin Cabeza

Geometría del Vástago: La clave del rendimiento y la fricción.

1



Vástago Liso

2



Vástago Anillado

3



Vástago Torcido

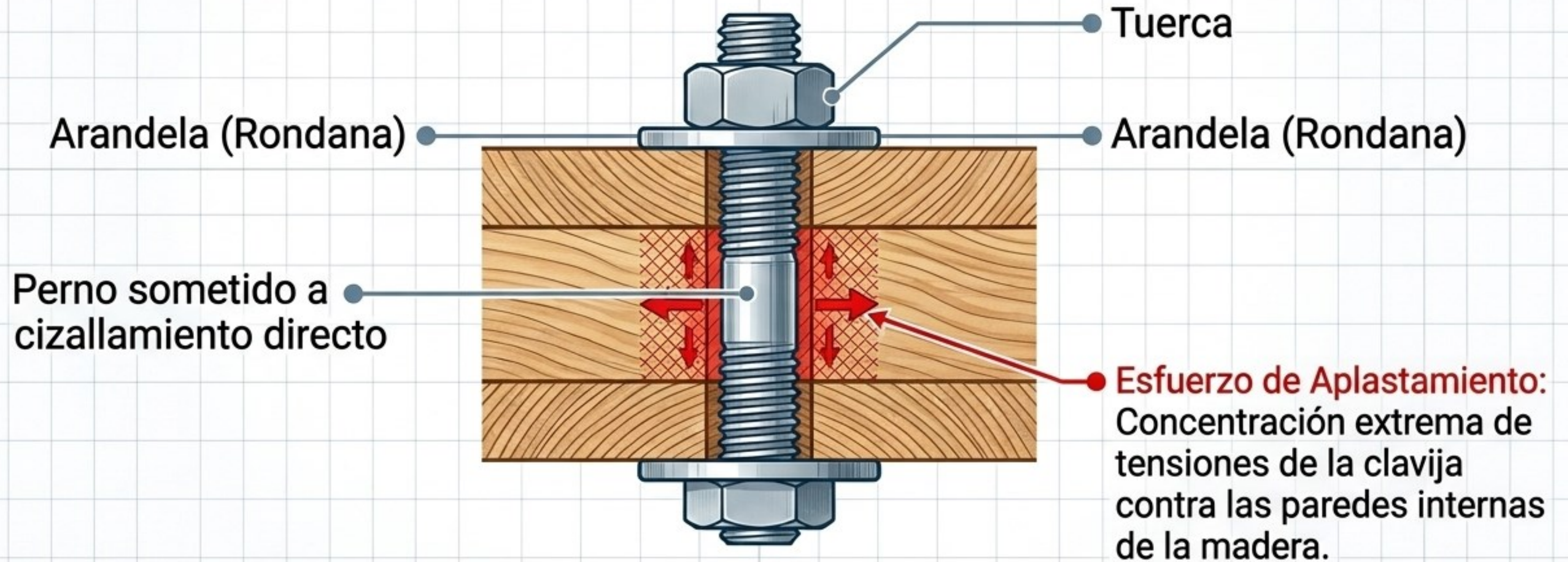
Capacidad a la Extracción (Pull-out capacity)



Mientras un vástago liso depende únicamente de la fricción, los perfiles anillados traban mecánicamente las fibras.

Fijaciones Mecánicas: El Sistema Tipo Clavija

La introducción del acero cambia el paradigma: la resistencia ya no depende de la forma de la madera, sino de la interacción bimetálica y la fricción.

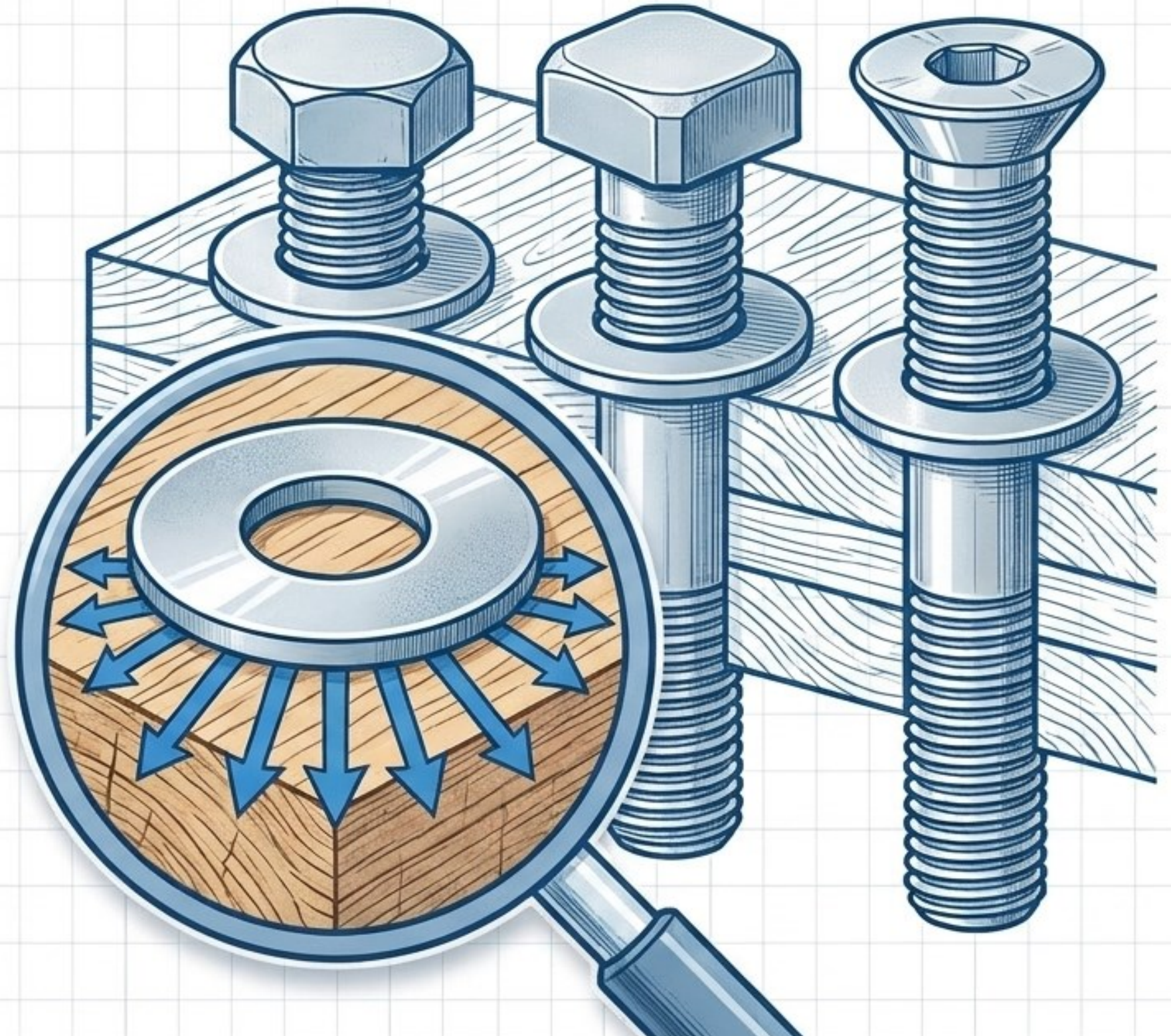


Uniones Abulonadas: Control del Aplastamiento

Diseñados para transferir cargas masivas, los bulones requieren una gestión precisa de la presión lateral.

El Rol Crítico de la Arandela:

El acero soporta magnitudes de carga que aplastarían instantáneamente la fibra de la madera. Las **arandelas actúan como placas de distribución de esfuerzos**, ampliando el **área de contacto** y reduciendo la presión local por debajo del límite elástico perpendicular a las fibras.

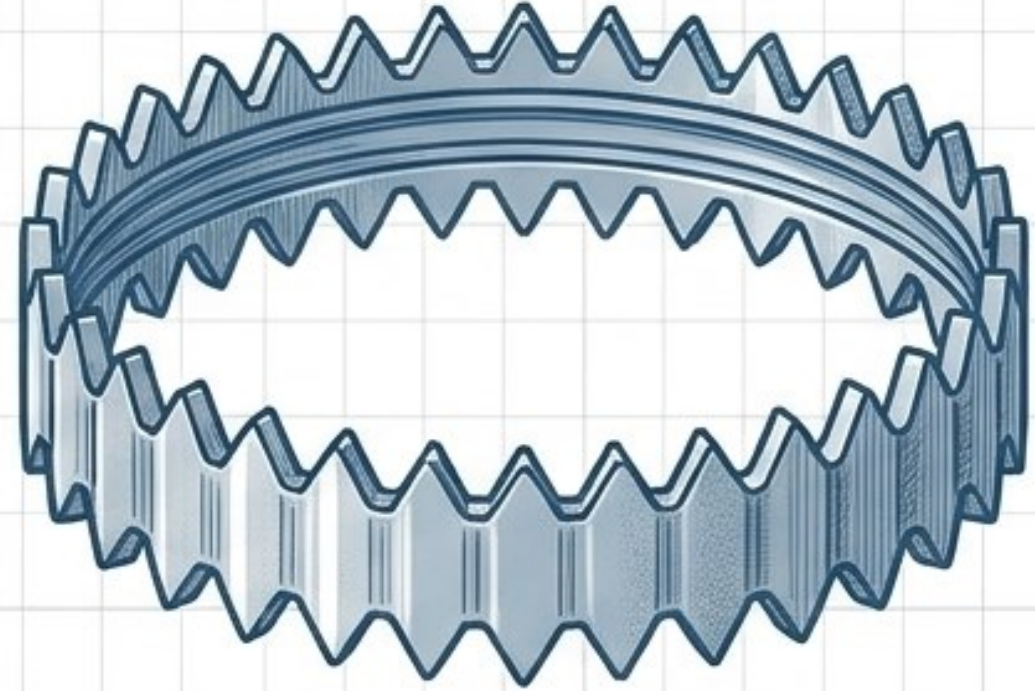


Conectores para Cortante: Expansión de Interfaz



Anillos Partidos (Split Rings)

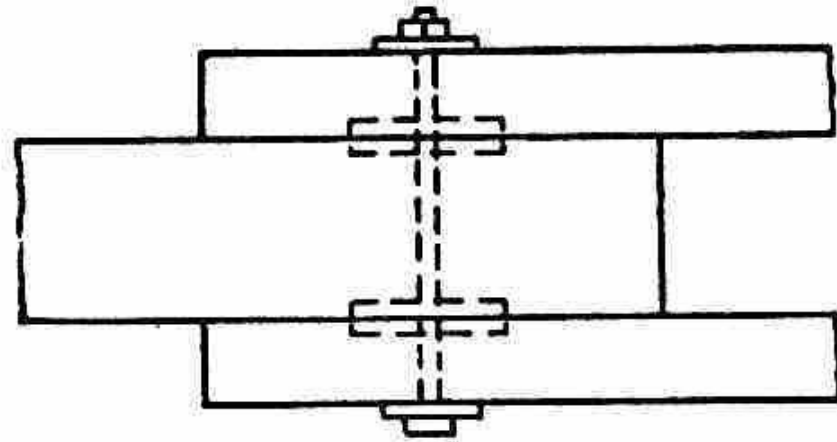
- **Mecanismo:** Se insertan en ranuras circulares fresadas previamente en las caras internas de la madera a unir. El bulón central solo mantiene las piezas juntas; el anillo absorbe todo el corte.
- **Ventaja:** Máxima capacidad de carga para estructuras pesadas.



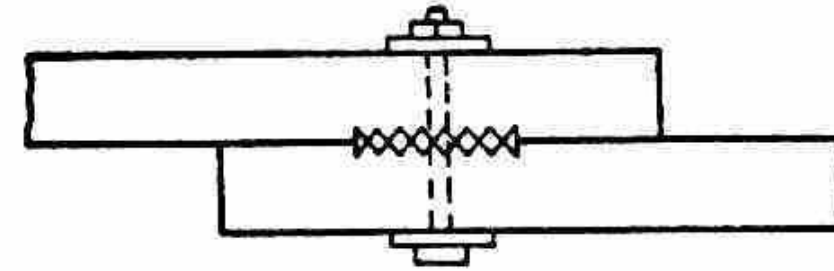
Anillos Dentados (Toothed Rings)

- **Mecanismo:** Se incrustan a presión en la madera mediante el apriete hidráulico o mecánico del bulón central. No requieren fresado previo.
- **Ventaja:** Instalación más rápida, traban la fibra circundante para maderas de menor densidad.

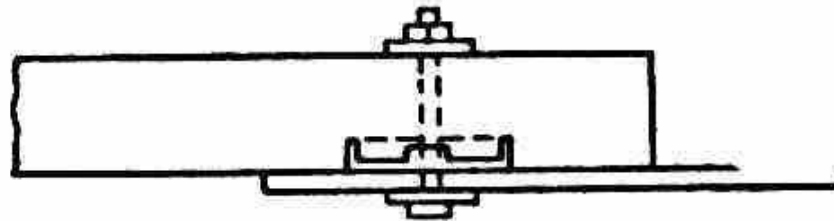
TIPOS DE JUNTAS



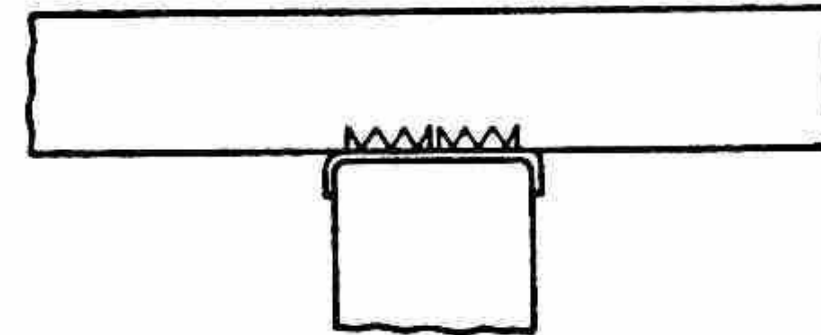
(a) Junta con varios anillos partidos



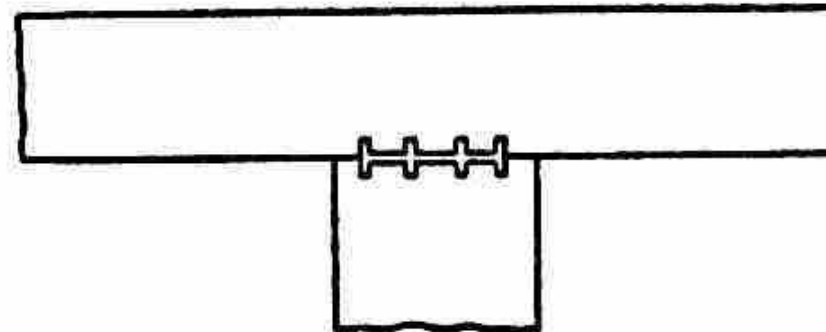
(b) Junta sencilla de anillo dentado



(c) Placa para cortante para juntas de madera a acero



(d) Placa sujetadora



(e) Rejilla dentada

FIG. 16-2

Tabla 8.2-1. Distancias mínimas de elementos de fijación tipo clavija con $D \geq 6,35$ mm y sometidos a carga lateral

Distancia	Dirección de la carga respecto de las fibras	Valores mínimos
al borde	paralela	3 D
	perpendicular ⁽¹⁾	al borde cargado 4 D al borde descargado 3 D
al extremo	paralela	al extremo cargado (tracción): 7 D al extremo descargado (compresión): 4 D
	perpendicular	4 D
en una fila	paralela	7 D
	perpendicular	4 D
entre filas ⁽²⁾	paralela	4 D
	perpendicular	4 D
(1) Si no se realiza un cálculo detallado se debe evitar ejecutar uniones que transmiten cargas importantes a vigas de madera aserrada o de madera laminada encolada por debajo de su eje neutro. (2) La separación entre filas externas de una unión sometida a una carga paralela a la dirección de las fibras y materializada con la interposición de placas laterales de acero no debe superar los 127 mm (ver la Figura 8.2-2.). Esta limitación tiene por finalidad evitar la generación de esfuerzos locales, en dirección perpendicular a las fibras, producidos por la expansión y la contracción de la madera se puede obviar si se diseñan orificios ovalados que permitan el libre movimiento del material.		

Tabla 8.2-2. Distancias mínimas para clavos y para tornillos con $D < 6,35$ mm y sometidos a carga lateral

Distancia	Dirección de la carga respecto de las fibras	Descripción	Valores mínimos	
			sin pre-perforación	con pre-perforación
al borde	paralela	-	5 D	3 D
	perpendicular ⁽¹⁾	borde cargado borde descargado	10 D 5 D	7 D 3 D
al extremo	paralela	extremo cargado extremo descargado	15 D 10 D	10 D 5 D
	perpendicular	-	10 D	5 D
en una fila	paralela	-	15 D	10 D
	perpendicular	-	10 D	5 D
entre filas ⁽²⁾	paralela y perpendicular	filas alineadas	5 D	3 D
		filas en tresbolillo	2,5 D	2,5 D
(1) y (2) ver la Tabla 8.2-1.				

Tabla 8.2-3. Distancias mínimas para elementos de fijación sometidos solamente a una carga de extracción

Distancia	Valores mínimos
al borde	1,5 D
al extremo	4 D
entre elementos	4 D

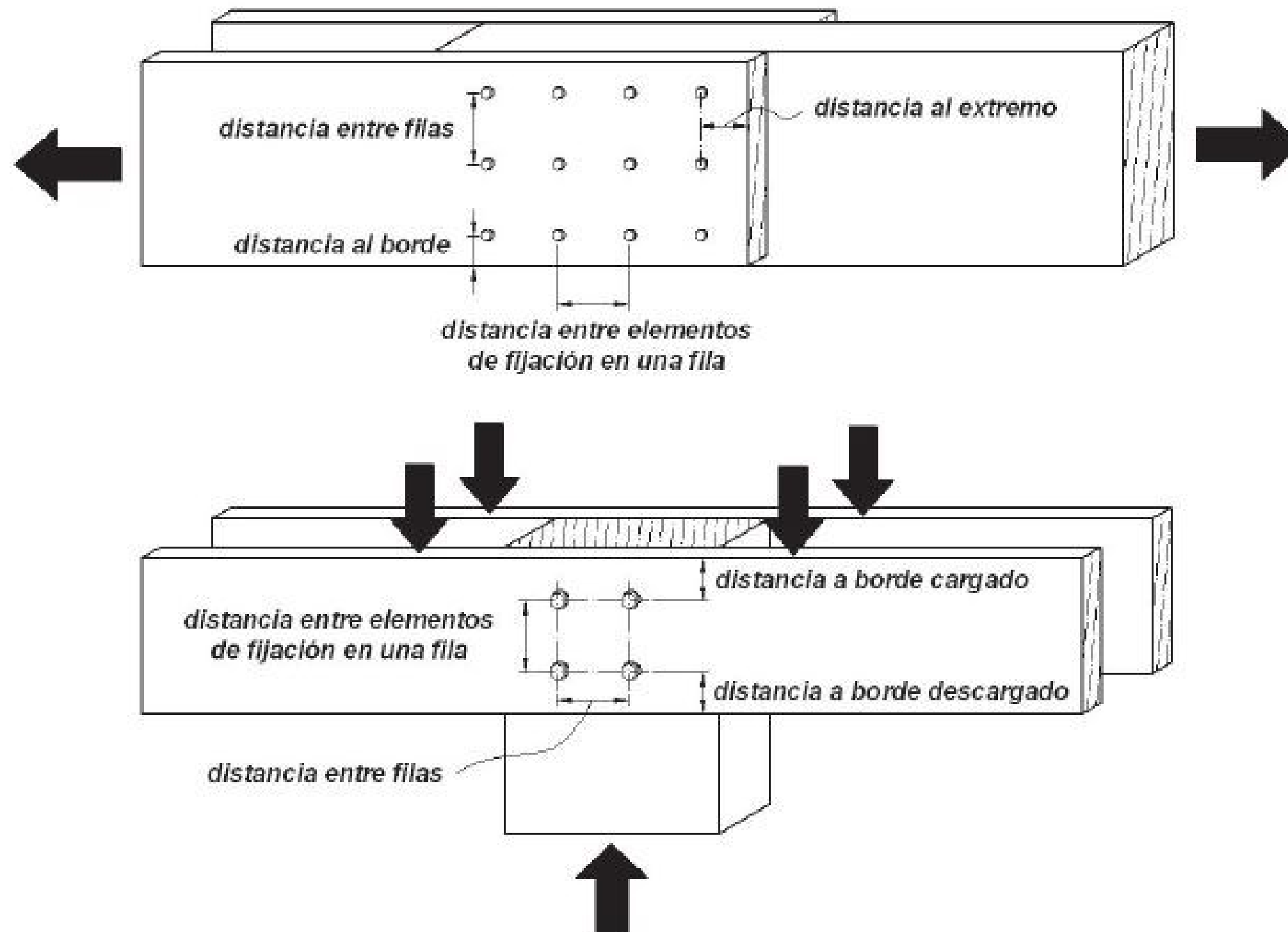
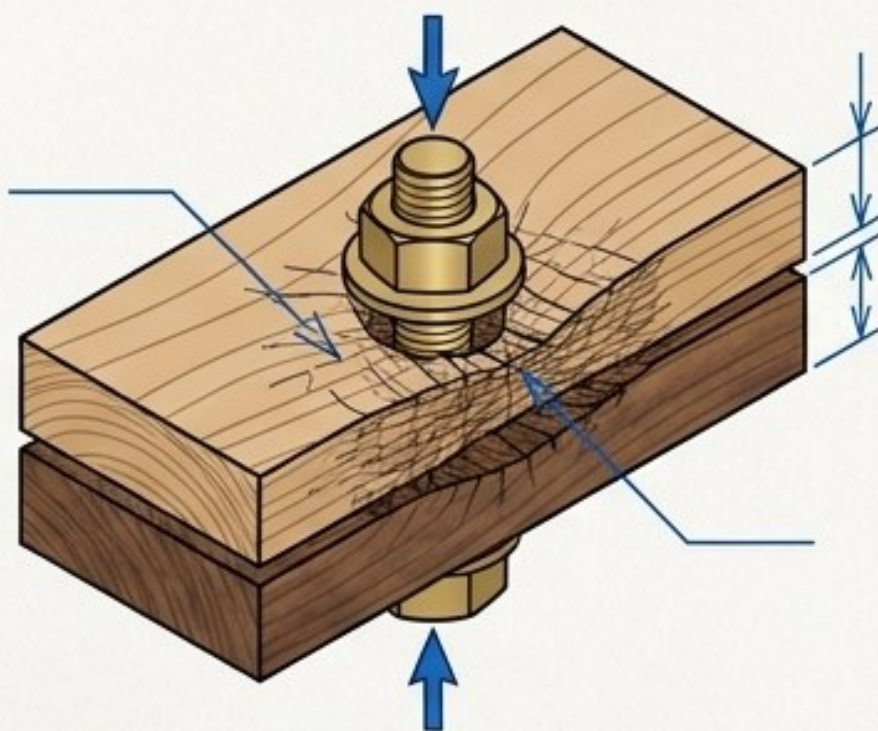


Figura 8.2-3. Geometría de las uniones con elementos de fijación de tipo clavija.

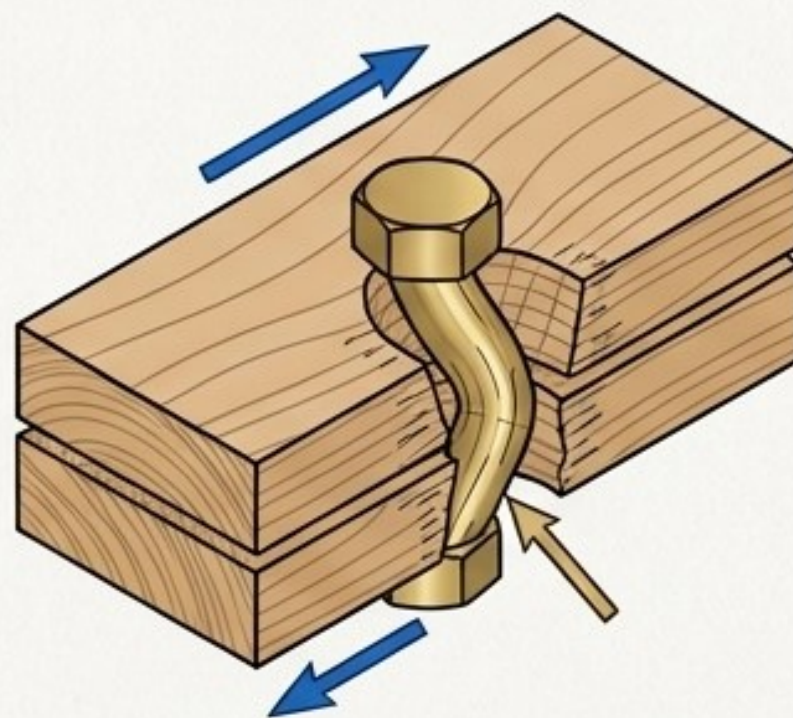
Norma C-601: Modos de Rotura Previstos

Aplastamiento de la
madera



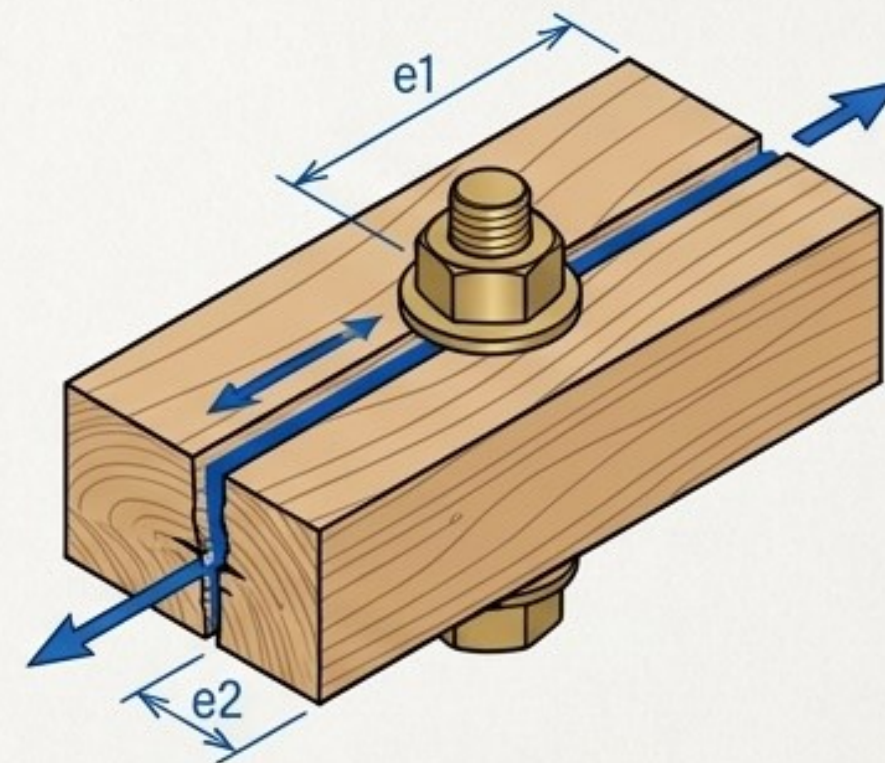
Falla por compresión local. El perno cede sobre la madera blanda ensanchando el orificio.

Fluencia del elemento
metálico



El sujetador metálico se deforma plásticamente antes de que la madera falle.

Falla por
desgarramiento/hendidura



Rotura catastrófica. Ocurre cuando no se respetan las distancias mínimas ($e1$, $e2$) de la norma.

Norma C-601: Factores de Ajuste Ambiental

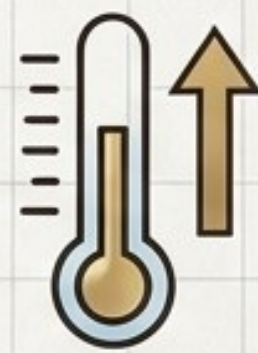
$$Z' = Z \times (C_D \times C_M \times C_t \times C_g \times \dots)$$



C_D (Duración de la carga):
Las cargas de impacto breves
toleran mayores tensiones que
las cargas muertas
permanentes.

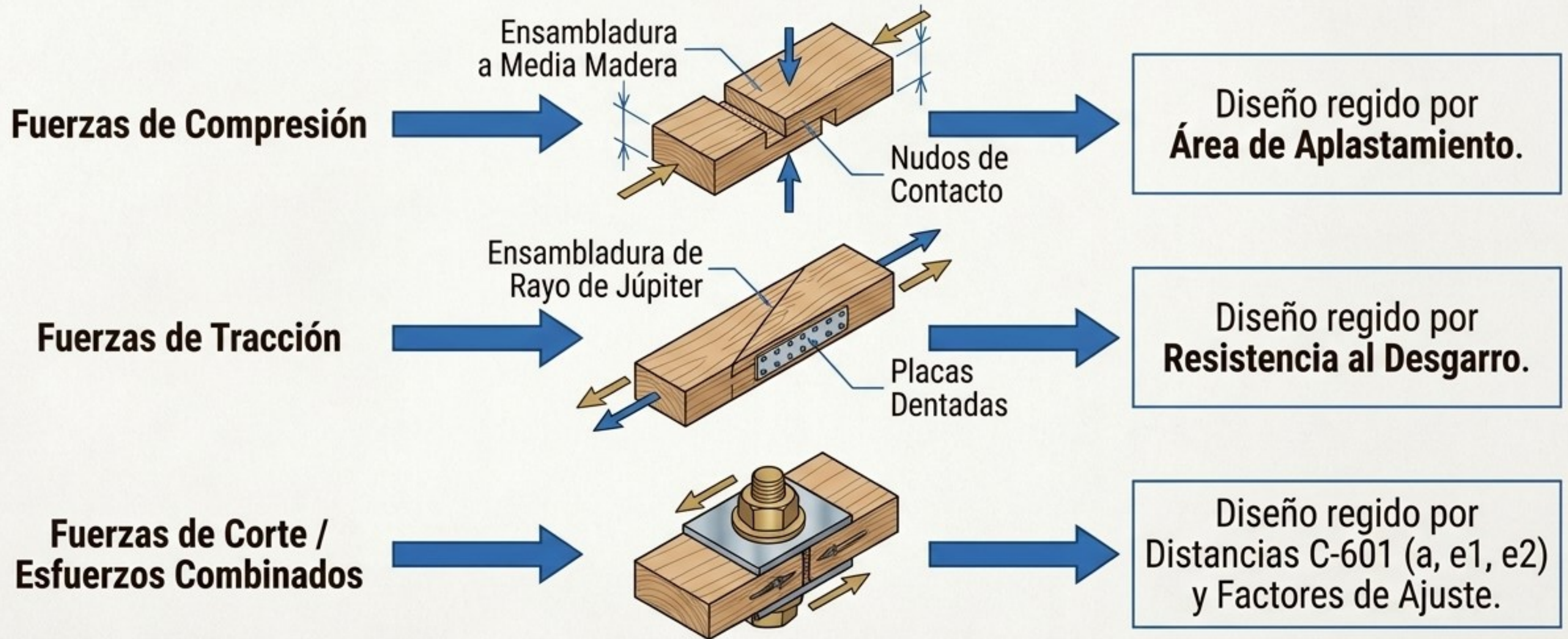


C_M (Contenido de humedad):
La madera húmeda pierde
dramáticamente su capacidad
de retención mecánica y
resistencia al aplastamiento.



C_t (Factor de temperatura):
Ajustes necesarios en
ambientes industriales o de
exposición extrema prolongada.

Síntesis Estructural: El Ecosistema de las Uniones



La maestría en la madera nace en la geometría del carpintero
y se certifica en la matemática del ingeniero.

Preguntas

Contacto y Referencias