



Smartbook **ATORNILLADO**


rothoblaas

Solutions for Building Technology

TEORÍA

desde pág. **5**

El tornillo adecuado para cada aplicación

Para garantizar la vida útil esperada de las conexiones y asegurar una adecuada resistencia y durabilidad, los tornillos se deben elegir teniendo en cuenta de: su **resistencia a la corrosión**, la influencia de las **deformaciones de la madera** en su resistencia mecánica, su comportamiento en **condiciones de incendio** y el **sopORTE** en el que se instala.

CORROSIÓN

desde pág. **6**

CONTRACCIÓN e HINCHAZÓN

desde pág. **24**

FUEGO

desde pág. **32**

APLICACIONES y CONECTORES

desde pág. **46**

MATERIALES

desde pág. **55**



PRÁCTICA

desde pág. **57**

¿Cómo instalarlo correctamente?

Una vez elegido el tornillo, es necesario **instalarlo correctamente**, de acuerdo con el tipo de unión en la que se vaya a utilizar, teniendo en cuenta los **materiales presentes** y utilizando **herramientas adecuadas** para cada tipo de aplicación.

DISTANCIAS MÍNIMAS y PRE-AGUJERO

desde pág. **58**

MOMENTO DE INSERCIÓN

desde pág. **60**

MADERA-MADERA

desde pág. **62**

METAL-MADERA

desde pág. **63**

ATORNILLADORES

desde pág. **70**

El tornillo adecuado
según la aplicación





TEORÍA

CORROSIÓN

CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA

FACTORES DE INFLUENCIA

La corrosión causada por el entorno depende de la humedad relativa, la contaminación atmosférica, el contenido de cloruros y de si la conexión es interna, externa protegida o externa. La exposición está descrita por la categoría C_E , que se basa en la categoría C según se define en la norma EN ISO 9223.

La corrosividad atmosférica solo actúa en la parte expuesta del conector.

C



presencia de cloruros



contaminación

CLASES DE SERVICIO

FACTORES DE INFLUENCIA

Las clases de servicio están relacionadas con las condiciones termohigrométricas del ambiente en el que se instala el elemento estructural de madera. Vinculan la temperatura y la humedad relativa del aire circundante con el contenido de agua dentro del material.

SC



exposición



nivel de humedad

CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD DE LA MADERA

FACTORES DE INFLUENCIA

La corrosión causada por la madera depende de la especie, el tratamiento que recibe y su contenido de humedad. La exposición se define por la categoría T_E según se indica.

La corrosividad de la madera solo actúa en la parte del conector insertada en el elemento de madera.

T



pH de la madera



humedad de la madera



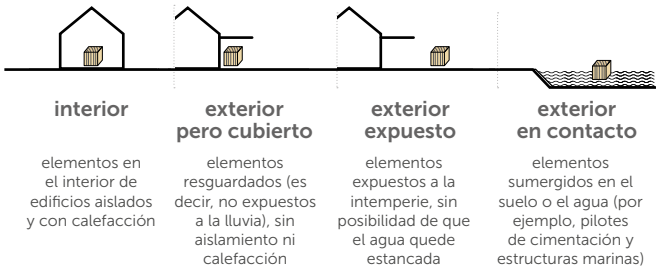
CLASE DE SERVICIO - SC

[Definidas según la nueva generación de Eurocódigo 5 (prEN 1995-1-1)⁽⁶⁾]



EXPOSICIÓN

casos más habituales



HUMEDAD ATMOSFÉRICA Y HUMEDAD DE LA MADERA

Promedio anual⁽²⁾

humedad atmosférica relativa del aire circundante		50%	75%	85%	⁽³⁾
humedad de la madera correspondiente ⁽⁴⁾⁽⁵⁾		(10%)	(16%)	(18%)	saturado

Máximo⁽¹⁾

humedad atmosférica relativa del aire circundante		65%	85%	95%	⁽³⁾
humedad de la madera correspondiente ⁽⁴⁾⁽⁵⁾		(12%)	(20%)	(24%)	saturado

⁽¹⁾ El límite superior de la humedad relativa no se debe superar por más de unas pocas semanas consecutivas al año.
⁽²⁾ La humedad relativa media anual durante un periodo de diez años se utiliza con el fin de asignar los elementos de madera a las categorías de corrosividad para los elementos de cuello cilíndrico de acero.
⁽³⁾ El contenido de humedad de los elementos en SC4 (en general, completamente saturados) está influido por el elemento a su alrededor (por ejemplo, suelo o agua).
⁽⁴⁾ Es posible que el contenido de humedad no se aplique al LVL o a los productos de paneles a base de madera.
⁽⁵⁾ Humedad representativa correspondiente a SWB (Solid Wood Based - elementos a base de madera maciza).
⁽⁶⁾ prEN 1995-1-1 (n.d.) Basis of design and materials - Final draft (22.01.2021) - Project team SC5.T3 & SC5/WG10, CEN.

CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA - C

[Definidas según la norma EN 14592:2022 de acuerdo con la norma EN ISO 9223]

AMBIENTE

C1



C2



HUMEDAD



condensación rara



condensación rara

EXPOSICIÓN A CLORUROS

velocidad de depósito
de cloruro
[mg/m²d]

> 10 km
de la costa

≤ 3



EXPOSICIÓN A AGENTES CONTAMINANTES

nivel de contaminación
contenido de dióxido
de azufre
[µg/m³]

muy baja
aprox. 0

baja
< 5



desiertos, Ártico central/Antártida



zonas rurales poco contaminadas,
ciudades pequeñas

C3



C4



C5



condensación ocasional



condensación frecuente

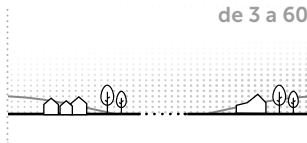


condensación permanente

de 10 a 3 km

de la costa

de 3 a 60



de 3 a 0,25 km

de la costa

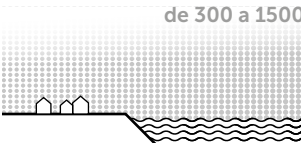
de 60 a 300



< 0,25 km

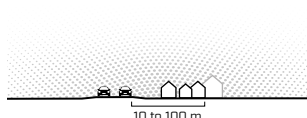
de la costa

de 300 a 1500

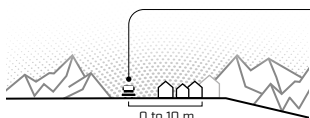


de 10 a 100 m

de la calle con sales anticongelantes



de 0 a 10 m



media

de 5 a 30



zonas urbanas e industriales con contaminación media

alta

de 30 a 90



zonas urbanas e industriales muy contaminadas

muy alta

de 90 a 250



zonas con elevada contaminación industrial

CATEGORÍAS DE CORROSIVIDAD DE LA MADERA - T

[Definidas según la norma EN 14592:2022]

T1

T2

VALOR pH ESPECIES DE MADERA

La madera contiene un éster del ácido acético que actúa como agente corrosivo para diferentes metales cuando entran en contacto con ella. La presencia de ácido acético determina el pH de la especie de madera



cualquiera



cualquiera

TRATAMIENTO DE LA MADERA

El tratamiento de la madera incluye el tratamiento con cloruros, cobre y retardantes de llama.

En el caso de la madera tratada térmicamente, el nivel de pH es determinante



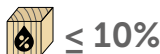
madera no tratada
y tratada



madera no tratada
y tratada

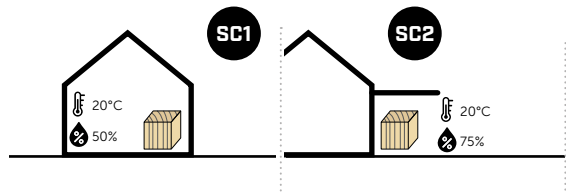
CONTENIDO DE HUMEDAD

Cada categoría de exposición de la madera corresponde, para la madera maciza, al contenido medio anual de humedad en la clase de servicio indicada (como se describe en la pág. 7)



CLASE DE SERVICIO

Del ambiente en el que se instala un elemento de madera



T3



pH > 4
maderas "estándares"
acidez baja

T4



pH ≤ 4
maderas "agresivas"
acidez alta

T5



cualquiera



solo madera
no tratada



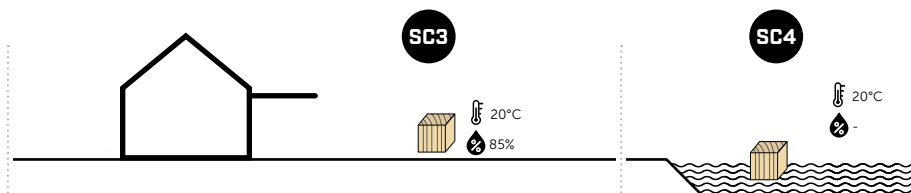
madera no tratada
y tratada



madera no tratada
y tratada

16% <  ≤ 20%

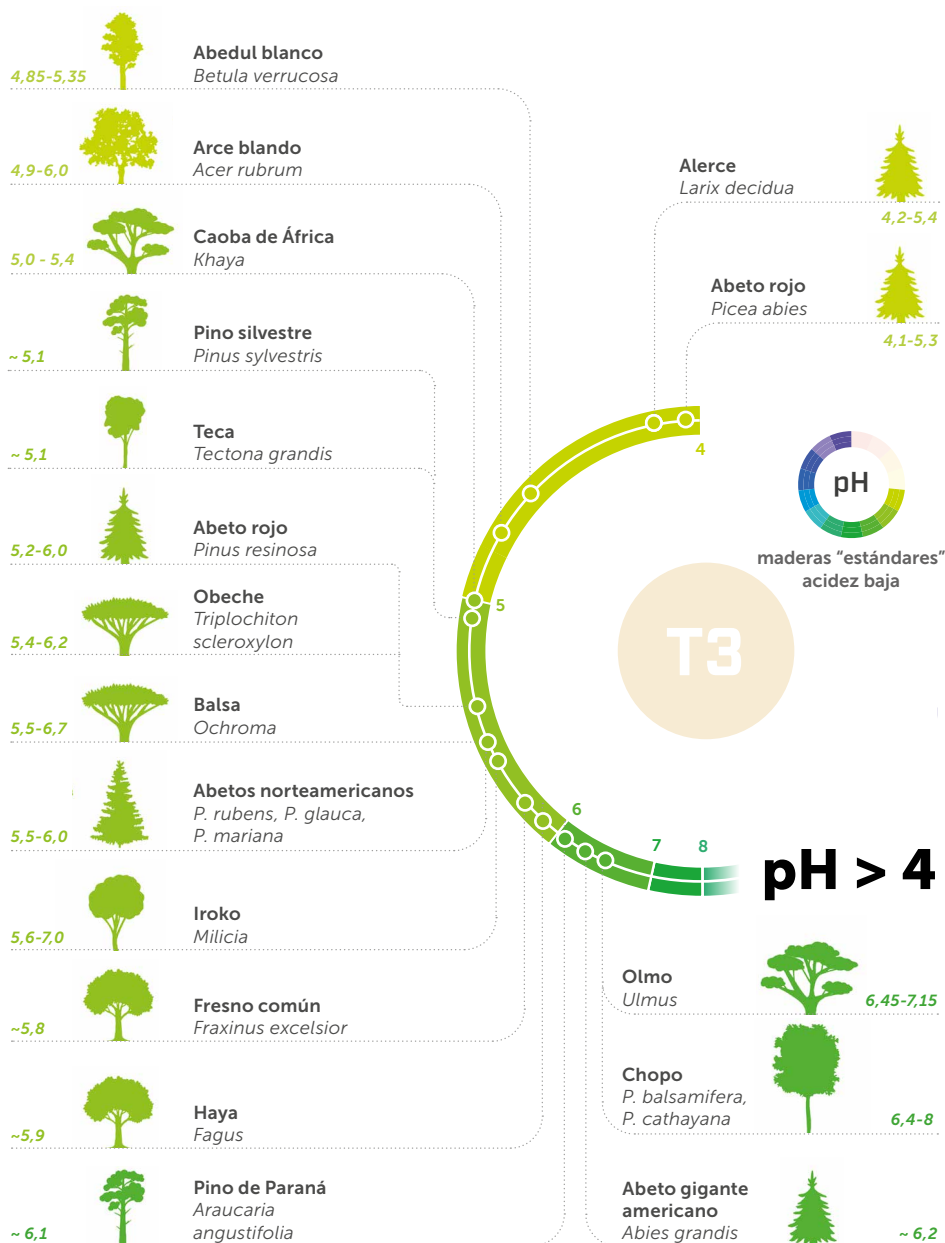
 > 20%



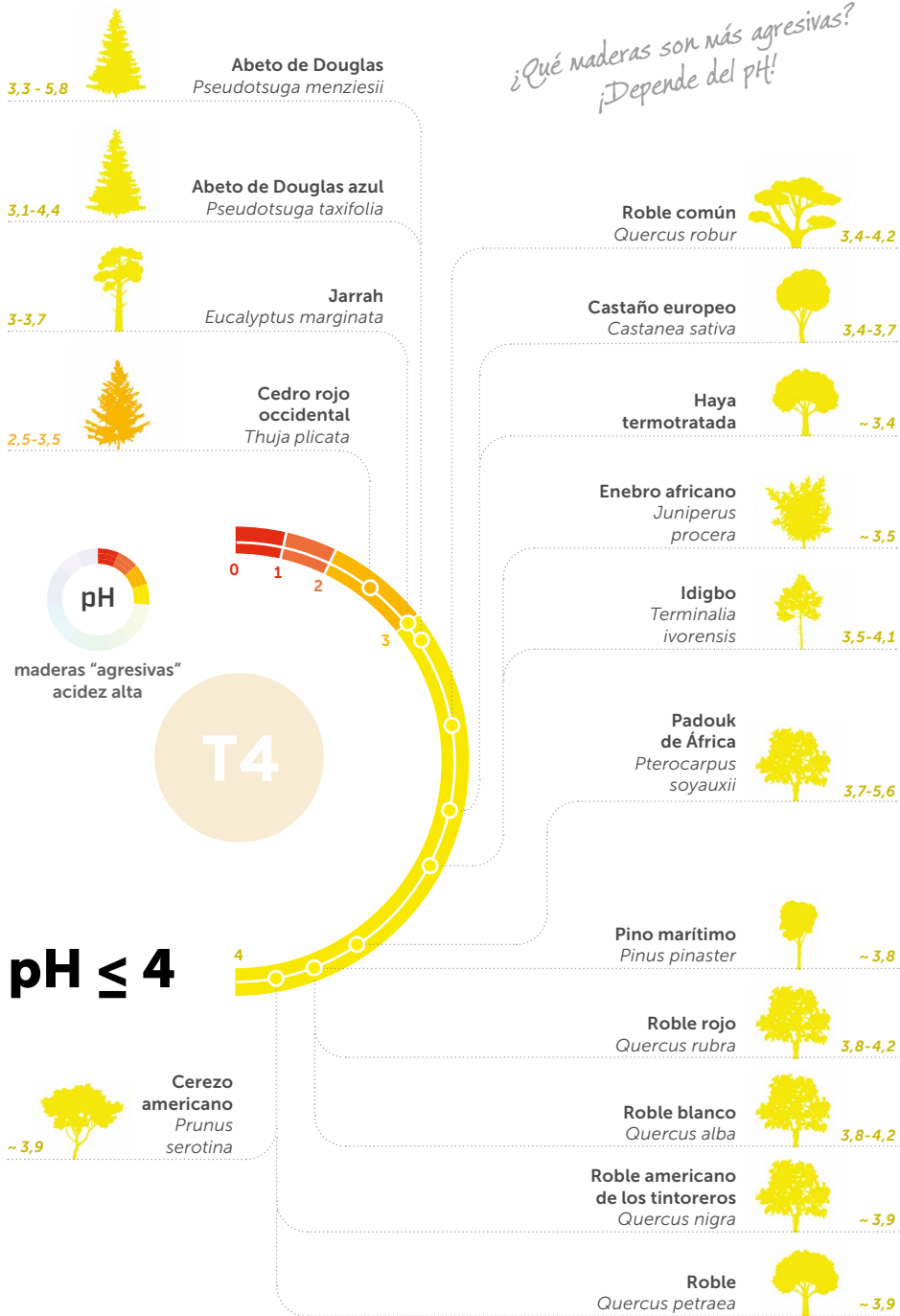
ESPECIES DE MADERA y pH para T3 y T4

[Definidas según Wagenführ R; Wagenführ A. 2022. Holzatlas e Coatings for Display and Storage in Museums January 1999 Publisher: Canadian Conservation Institute Jean Tetreault]

La presencia de ácido acético es especialmente importante cuando el elemento se encuentra expuesto (SC3). Por lo tanto, es fundamental saber qué especie de madera es más ácida.



¿Qué maderas son más agresivas?
¡Depende del pH!



TANINOS y pH

¿Protección o corrosión?

Los taninos son una sustancia química presente en los extractos vegetales, pertenecientes a la familia de los polifenoles, comunes en las plantas y los árboles.
Su función biológica es la de defensa, ya que son moléculas con propiedades antioxidantes.

Sin embargo, su efecto en el metal es el contrario al esperado. De hecho, tan pronto como empieza el proceso corrosivo, los taninos se adhieren a la superficie del conector y forman una **capa protectora** que lo frena.
En práctica, **cuantos más taninos haya en la madera, más lenta será la corrosión del conector una vez empezada.**

EFFECTO DE LOS TANINOS

conector:	tornillo todo rosca
coating:	zincado galvanizado ($\approx 10\mu\text{m}$)
madera:	roble verde
tiempo de exposición:	6 meses
clase de servicio [SC]:	SC3
categoría de corrosividad atmosférica [C]:	C2
categoría de corrosividad de la madera [T]:	T4

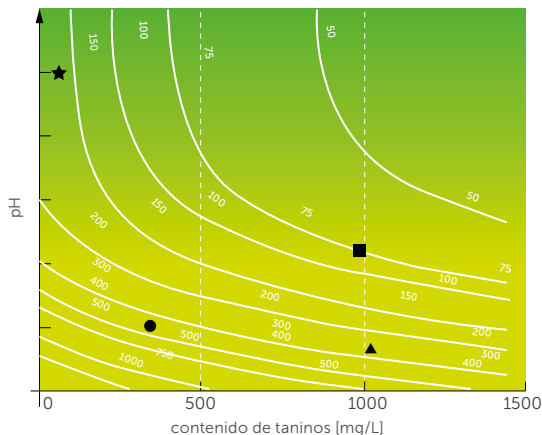


Las pruebas realizadas por el departamento de I&D de Rothoblaas han demostrado que el efecto de los taninos ya se denotan después de dos meses:

- 1 En la parte del conector insertado profundamente en el elemento de madera, se observa una gruesa capa protectora negra.
- 2 En la zona de contacto, el conector se ha corroído (óxido rojo), porque la capa protectora ha sido limpiada por el agua.

VELOCIDAD DE CORROSIÓN

Velocidad de corrosión en capas de madera $[\mu\text{m}/\text{año}]$
en función del pH y del contenido de taninos⁽¹⁾



El factor más importante a tener en cuenta en el proceso corrosivo es la categoría de corrosividad de la madera (T) relacionada con su pH y humedad.
Con el mismo pH, la presencia de taninos frena el fenómeno corrosivo.

En general, se tiende a asociar los taninos a la corrosión porque muchas maderas tánicas también son ácidas ($\text{pH} < 4$). Sin embargo, hay excepciones, como el *pino marítimo* y el *abeto de Douglas*, que se clasifican como T4 a pesar de no ser maderas tánicas.

⁽¹⁾ Basado en el estudio de S. Zelinka, *Corrosion in Wood Products*. 2014. (Ed.), ISBN: 978-953-51-1223-5, InTech, DOI: 10.5772/57296.

CAMPAÑA EXPERIMENTAL

El Departamento de I&D ha realizado una campaña experimental con el fin de evaluar la evolución de la corrosión de los conectores a lo largo del tiempo.

Durante las pruebas, se han analizado:

- unas **350 configuraciones** obtenidas
- combinando **6 tipos diferentes** de tornillos
- durante un periodo de 1 año

Las muestras se han colocado en ambientes con **diferentes clases de servicio**.

Los tornillos se han analizado **mensualmente** para evaluar la velocidad de corrosión y la influencia de las distintas variables implicadas.

CONFIGURACIÓN

madera:	roble
tiempo de exposición:	12 meses
clase de servicio [SC]:	SC3
categoría de corrosividad atmosférica [C]:	C2
categoría de corrosividad de la madera [T]:	T4



RESULTADOS:



al cabo
de 1 mes

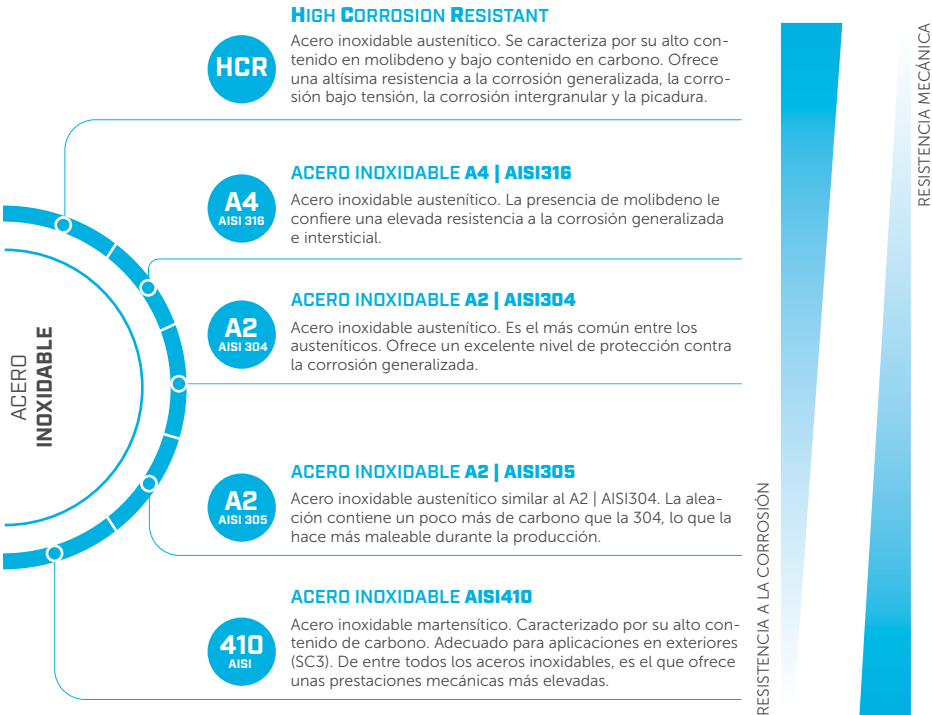


al cabo
de 10 meses



ACEROS Y REVESTIMIENTOS

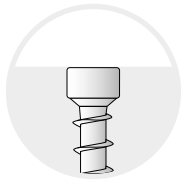
El mejor equilibrio
entre resistencia a la corrosión
y resistencia mecánica



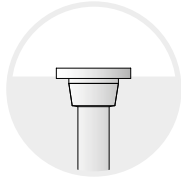
Requisitos estéticos y de proyecto:
todos los conectores de la gamba



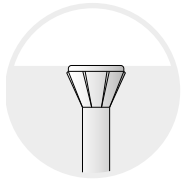
HCR	A4 AISI316	A2 AISI304	C4 EVO		Zn ELECTRO PLATED	
HBS HCR	SCI A4	SCI A2	HBS EVO	VGS EVO	HBS	VGS



A2 AISI304	AISI410	C4 EVO	ORGANIC	Zn ELECTRO PLATED
KKZ A2	KKA AISI410	VGZ EVO	KKAN	VGZ



AISI410	A4 AISI316	C4 EVO	Zn ELECTRO PLATED
KKF AISI410	HBS PLATE A4	HBS PLATE EVO	HBS PLATE



A2 AISI304	AISI410	Zn ELECTRO PLATED	C4 EVO	Zn
SHS	SHS AISI410	HBS HARDWOOD	TBS EVO	TBS

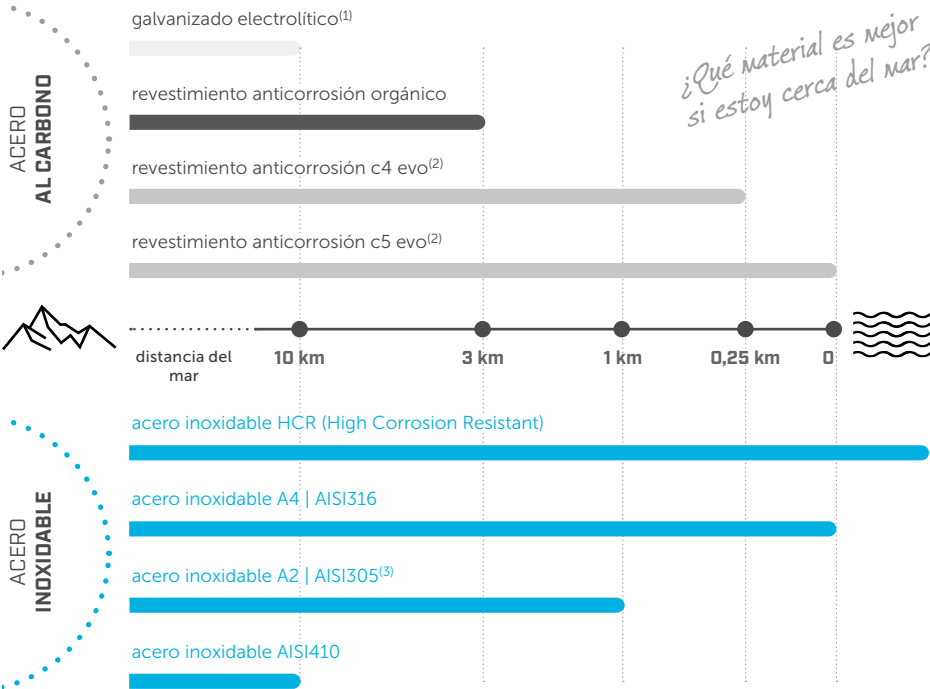


A4 AISI316	ORGANIC	A2 AISI304	AISI410
KKT A4	KKT	EWS A2	EWS AISI410

DISTANCIA DEL MAR

RESISTENCIA A LA EXPOSICIÓN A CLORUROS

Comparación de la resistencia a la corrosión atmosférica entre diferentes tipos de revestimientos a base de zinc y diferentes tipos de aceros inoxidables utilizados en los tornillos para madera, considerando solo la influencia de los cloruros (salinidad) y sin un régimen de limpieza (según EN 14592:2022 y EN 1993-1-4:2014).



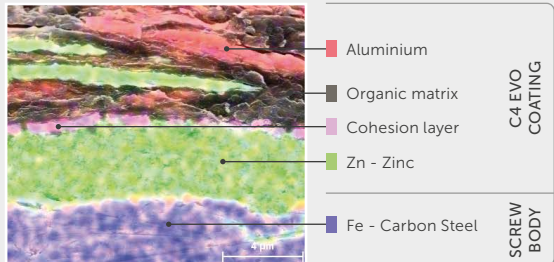
⁽¹⁾ Solo para condiciones protegidas pero expuestas al aire libre.

⁽²⁾ Actualmente, la norma EN 14592:2022 limita la vida útil de los revestimientos alternativos a 15 años.

⁽³⁾ A2 AISI304: considerando el metal completamente expuesto a la lluvia.

C4 EVO es un revestimiento multicapa compuesto por:

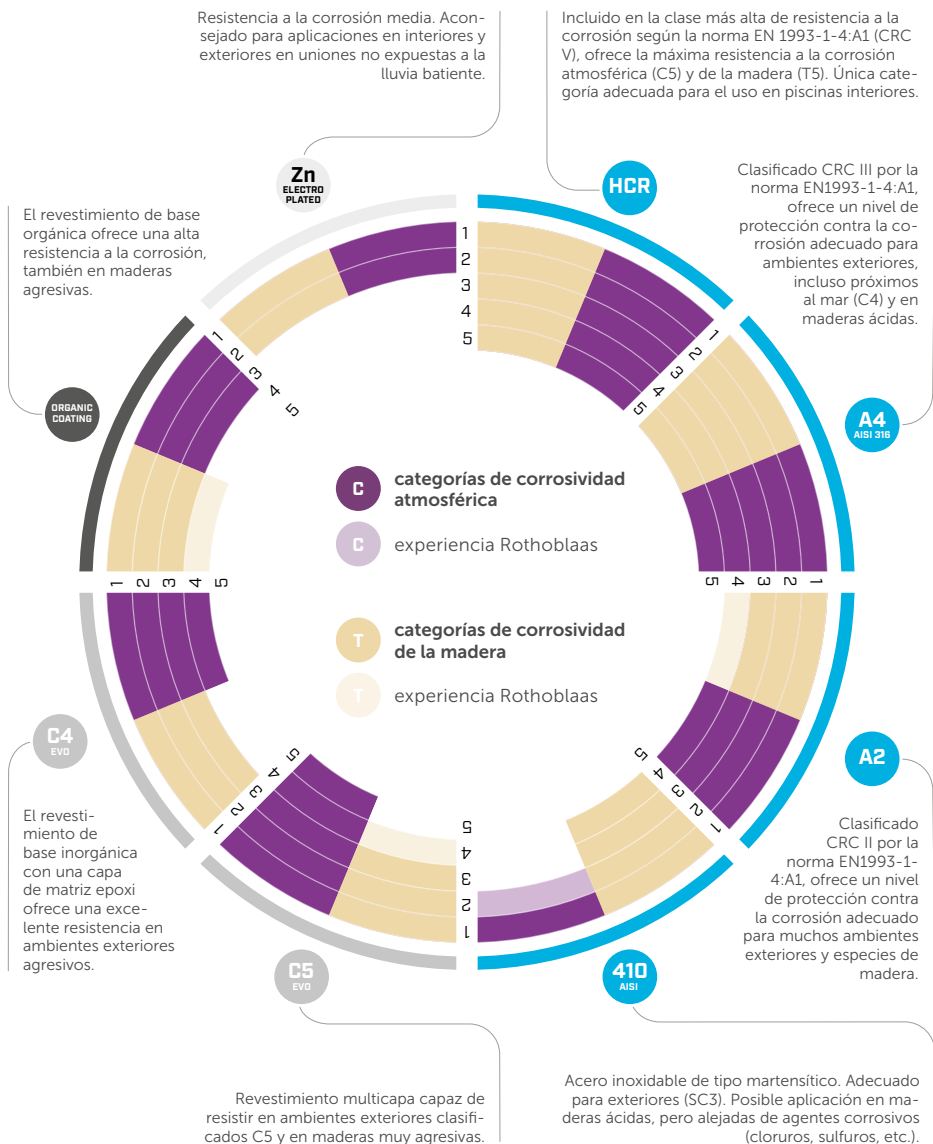
- Una capa funcional externa de aproximadamente 15-20 µm de matriz epoxi con cargas de hojuelas de aluminio, que confiere al revestimiento una excelente resistencia a los esfuerzos mecánicos y térmicos. Además, las hojuelas de aluminio actúan, cuando es necesario, como ánodos de sacrificio para la protección catódica del metal que compone el tornillo.
- Una capa de adhesión central para la capa funcional externa.
- Una capa interna de zinc de aproximadamente 4 µm con función de capa adicional de resistencia a la corrosión.



ELECCIÓN DEL MATERIAL Y DEL REVESTIMIENTO

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN T-C

Evaluación del comportamiento frente a la corrosión del material y los revestimientos en función de la categoría de corrosividad atmosférica⁽¹⁾ y de la categoría de corrosividad de la madera (de acuerdo con las normas EN 14592:2022 y EN 1993-1-4:2014).



⁽¹⁾ Para el acero inoxidable se ha determinado una categoría equivalente de corrosividad atmosférica considerando solo la influencia de los cloruros (salinidad) y sin un régimen de limpieza.

COMBINACIÓN CON PLACAS

¿Cómo tomar la decisión correcta?

A menudo, los tornillos se utilizan combinados con placas metálicas. En estos casos, hay que garantizar que los dos componentes de la conexión sean lo suficientemente resistentes a la corrosividad atmosférica y a la corrosividad del elemento de madera.

Start

3 sencillos pasos para encontrar la solución más adecuada



elección del material y del revestimiento de la placa metálica

2

LOCK T EVO
CONECTOR OCULTO DE CONEXIÓN MADERA-MADERA PARA EXTERIORES

LOCK EVO



elección del material y del revestimiento de la fijación en función de la compatibilidad con el ambiente y con la placa

3

HBS PLATE EVO
TORNILLO DE CABEZA TRONCOCÓNICA

C4 EVO



1 determinación de las diferentes categorías (corrosividad atmosférica, de servicio y de la madera) en función del ambiente



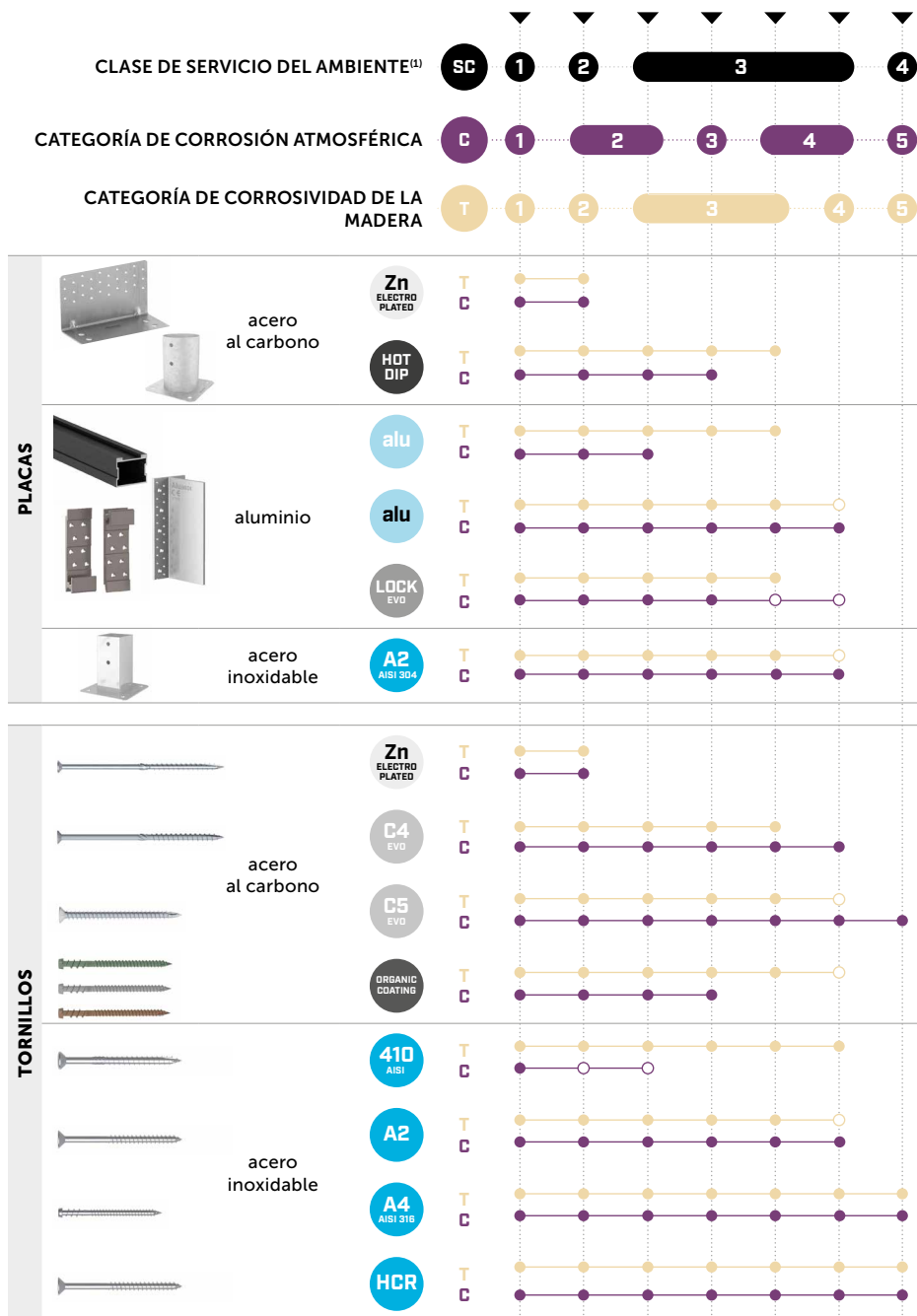
EJEMPLO:
elementos de madera expuestos directamente a la intemperie en ambientes cercanos al mar

SC3 C4 T3

CLASE DE SERVICIO DEL AMBIENTE		SC	1	2	3	4
CATEGORÍA DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA		C	1	2	3	4
CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD DE LA MADERA		T	1	2	3	4
PLACAS	acero al carbono	Zn 100g/m²				
		HDR C2				
	aluminio	Alu				
		Alu				
TORNILLOS	acero inoxidable	A2				
		A2				
	acero al carbono	C3				
		C3				
TORNILLOS	acero inoxidable	A2				
		A2				
	acero al carbono	C3				
		C3				

LEYENDA:

- uso previsto por la normativa
- experiencia Rothoblaas



Además la combinación entre los diferentes metales en ambientes exteriores requiere evaluar el riesgo de corrosión para el par galvánico.

(1) La correspondencia entre las clases de corrosividad C y T y las clases de servicio SC representa los casos más habituales. Puede haber casos especiales que no estén representados en esta tabla.

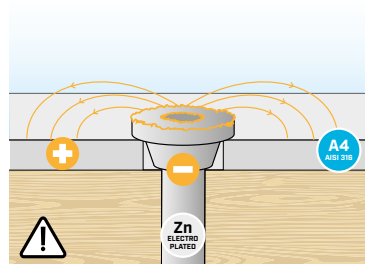
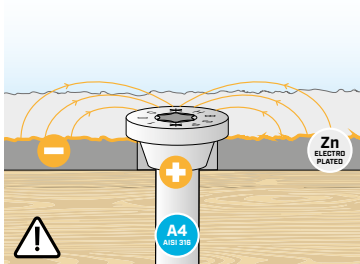
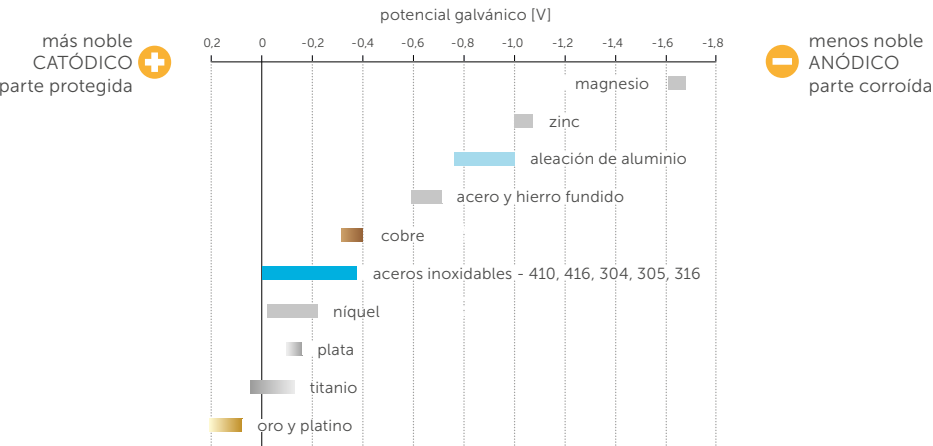
PAR GALVÁNICO

Cuando se combinan diferentes metales en ambientes exteriores o húmedos, es necesario evaluar el riesgo de corrosión por par galvánico. Para que ocurra la corrosión por par galvánico, se deben cumplir simultáneamente las tres condiciones siguientes:



Cuanto más diferentes sean los metales (mayor diferencia de potencial), mayor será el riesgo de corrosión galvánica. El potencial de corrosión galvánica entre los metales depende de lo distantes que tienen en la serie galvánica de metales. En general, una diferencia de potencial superior a 0,4-0,5 V puede considerarse significativa/crítica.

Serie galvánica de metales: potencial de corrosión de los diferentes metales en agua de mar

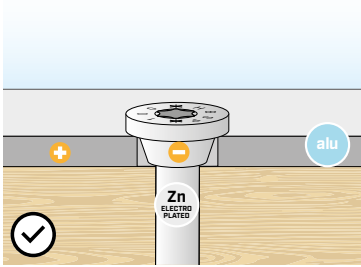


En estos casos, el metal menos noble (Zn) se disuelve (disolución anódica), mientras que la parte más noble (A4) no es atacada por la corrosión (actúa como cátodo).

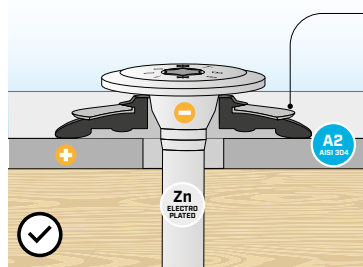
*¿Cómo se evita
la corrosión en las
conexiones?*

PREVENCIÓN

Para prevenir o reducir al mínimo el riesgo de corrosión galvánica, se pueden aplicar las siguientes medidas:

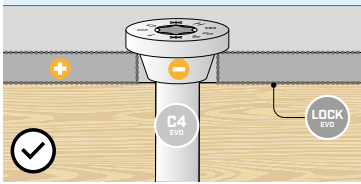


Utilizar materiales similares o con una pequeña diferencia de potencial.

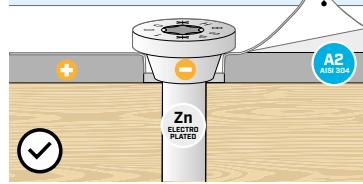


Desconectar el par galvánico entre los dos materiales.

WBAZ
ARANDELA
INOXIDABLE CON
JUNTA DE SELLADO



Recubrir el ánodo o el cátodo para evitar la conexión eléctrica.



Evitar que la humedad entre en contacto con los dos metales.

NAIL BAND
CINTA SELLANTE
PUNTO CLAVO
BUTÍLICA



METALES DIFERENTES

A veces, no es posible evitar el uso de metales diferentes. En este caso, debemos asegurarnos de que los elementos de fijación (por ejemplo, tornillos o clavos) sean de un material más noble que el de la conexión, como ocurre con los conectores LOCK (aluminio) cuando se utilizan con tornillos KKF (acero inoxidable AISI410) en exteriores.



MADERA Y PAR GALVÁNICO

Cuando hablamos de madera y par galvánico, debemos distinguir entre **agua libre** y **agua ligada**. En principio, es posible que el agua libre actúe como electrolito, pero el riesgo de apar galvánico es muy bajo y solo ocurre si el electrolito toca los dos materiales diferentes. En este caso, el agua libre no fluye abundantemente de las celdas de madera.

El agua ligada no puede actuar como un electrolito porque está ligada dentro de las células de la madera. Dado que la humedad de equilibrio de la madera es cercana al 12 % y no hay agua libre en una madera con un contenido de humedad inferior al 20 %, **la madera alrededor de la conexión protege la conexión contra la corrosión galvánica** ya que absorbe el exceso de humedad y evita la acumulación de agua.

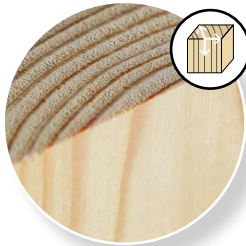
CONTRACCIÓN E HINCHAZÓN

El comportamiento del material madera



HIGROSCÓPICO

La madera es un material vivo, poroso e higroscópico, lo que significa que, por su naturaleza, puede aumentar o perder humedad en función de las condiciones ambientales en las que se encuentre.



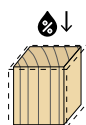
ANISÓTROPICO

Las prestaciones mecánicas y las deformaciones del elemento de madera son diferentes según la dirección anatómica (longitudinal y radial/tangencial).

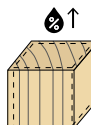


NO UNIFORME

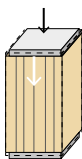
En el mundo existen muchas especies de madera con características y densidades diferentes y específicas.



$\Delta u < 0\%$
reducción de humedad
contracción

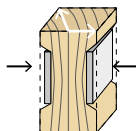


$\Delta u > 0\%$
aumento de humedad
hinchazón



dirección
longitudinal

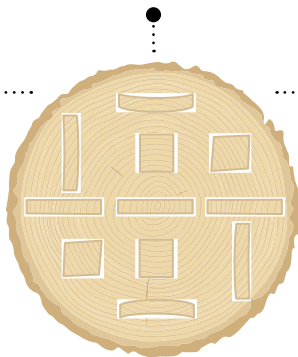
$\neq$



dirección
transversal



dependiendo de la especie de madera
densidades diferentes



VARIACIONES DIMENSIONALES DIFERENTES

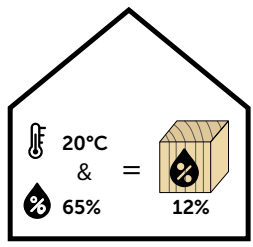
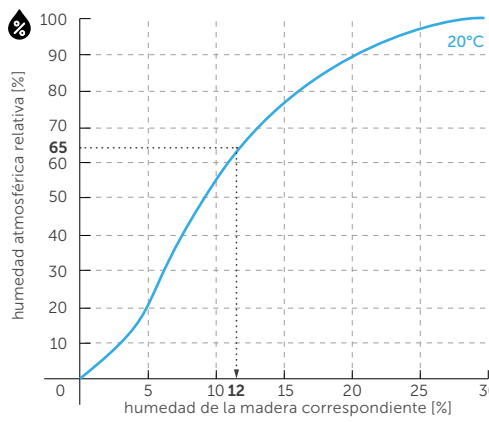
en función de los cambios de humedad, la dirección con respecto a la fibra y la especie de madera

HIGROSCOPIA

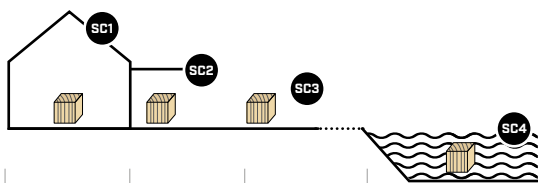
HUMEDAD RESIDUAL

La madera está en equilibrio higroscópico con el ambiente en el que se coloca: libera o absorbe humedad hasta encontrar un punto de equilibrio. En función de las condiciones climáticas del ambiente (temperatura y humedad relativa del aire), es posible determinar el contenido de humedad correspondiente en el interior de la madera.

Cómo la humedad influye en el comportamiento de la madera



Un elemento de madera instalado en un ambiente con una **humedad relativa del 65 %** y una **temperatura de 20 °C** tendrá, en equilibrio, un valor de **humedad correspondiente igual al 12 %**.



	humedad atmosférica relativa del aire circundante (límite superior)	65%	85%	95%	100%
	humedad de la madera correspondiente	12%	20%	24%	

En general, la madera debe ser entregada con un contenido de humedad lo más cercano posible al adecuado para las condiciones ambientales en las que se encontrará una vez terminada la obra, para no estar sujeta a variaciones de la humedad correspondiente y, en consecuencia, a fenómenos de contracción o hinchazón.

REDUCCIÓN DE RESISTENCIA

La presencia de humedad en el elemento de madera influye en su rendimiento estático: con la misma sollicitación, un elemento colocado en un ambiente con humedad elevada (por ejemplo, SC3) presenta una resistencia mecánica inferior a la indicada en SC1. Al realizar el proyecto, es necesario aplicar coeficientes de corrección adecuados (k_{mod}) para tener en cuenta este fenómeno.

Coefficientes de corrección para la duración de la carga y para la humedad $k_{mod}^{(1)}$

 Madera maciza EN 14081-1	Clase de duración de la carga	SC1	SC2	SC3	SC4
	Permanente	0,60	0,60	0,55	0,50
	Larga	0,70	0,70	0,60	0,55
	Media	0,80	0,80	0,70	0,65
	Corta	0,90	0,90	0,80	0,70
	Instantánea	1,10	1,10	1,00	0,90

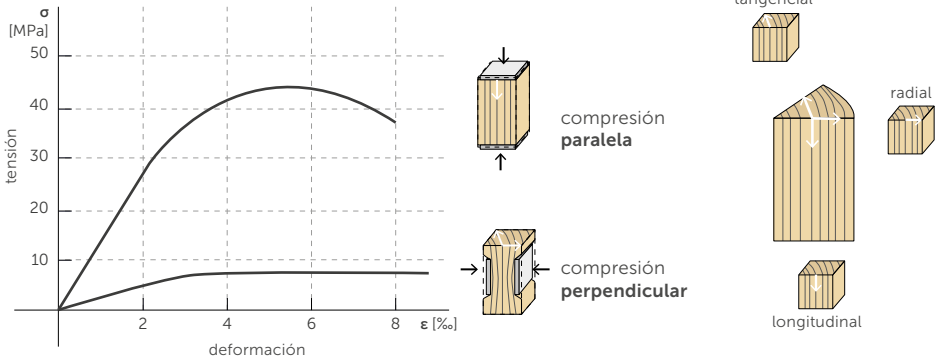
⁽¹⁾ Nueva generación de Eurocódigos prEN 1995-1-2 (n.d.)

ANISOTROPÍA Y ESPECIES DE MADERA

La organización celular de la madera influye en sus prestaciones mecánicas y determina una importante diferencia en términos de resistencia y rigidez según la dirección respecto a la fibra. En la fase de proyecto, se consideran dos casos: paralela o perpendicular (radial/tangencial).

Estructura celular:
cómo influye en el
comportamiento
de la madera

Curvas típicas de tensión-deformación



VARIACIONES DIMENSIONALES EN FUNCIÓN DE LA DIRECCIÓN

También los fenómenos de contracción e hinchazón son diferentes según la dirección anatómica considerada en el elemento de madera.

Las variaciones dimensionales lineales de la madera son proporcionales a la variación de la humedad:

$$L_{\text{final}} = L_{\text{initial}} [1 + k_{\text{sh/sw}} (u_{\text{final}} - u_{\text{initial}})]$$

donde:

- L_{final} es la dimensión correspondiente al contenido de humedad final
- L_{initial} es la dimensión correspondiente al contenido de humedad inicial
- $k_{\text{sh/sw}}$ es el coeficiente de contracción/hinchazón en la dirección anatómica considerada (véase tabla más abajo)
- u_{initial} es el contenido de humedad residual inicial de la madera [%]
- u_{final} es el contenido de humedad residual final de la madera [%]

Coeficientes $k_{\text{sh/sw}}$ de contracción/hinchazón⁽¹⁾

para una variación del 1 % del contenido de humedad residual en dirección:

	 dirección longitudinal	 dirección radial	 dirección tangencial
coníferas, roble, castaño y chopo	0,0001	0,0012	0,0024
roble de Turquía	0,0001	0,0020	0,0040
madera de conífera laminada encolada	0,0001	0,0025	0,0025

Las variaciones dimensionales higroscópicas (contracción e hinchazón) ocurren porque la humedad residual es inferior al punto de saturación de las fibras (Fiber Saturation Point - FSP), que convencionalmente corresponde a una humedad residual del 30 %.

Para humedades superiores al FPS hay variaciones de masa, pero no de volumen.

⁽¹⁾ CNR-DT 206 R1/2018

HINCHAZÓN: VARIACIONES DIMENSIONALES

VIGAS DE MADERA LAMINADA

$L_{initial}$	longitud inicial	4000 mm
$B_{initial}$	base inicial	120 mm
$H_{initial}$	altura inicial	200 mm
$V_{initial}$	volumen inicial	0,096 m ³
material	madera GL24h ($\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$)	
$u_{initial}$	humedad inicial	10%
u_{final}	humedad final	20%
Δu	diferencia de humedad	10%

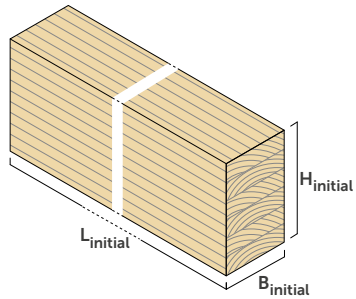
	paralela	perpendicular
$k_{sh/sw}^{(1)}$	0,0001	0,0025

L_{final}	longitud final	4004 mm
B_{final}	base final	123 mm
H_{final}	altura final	205 mm
V_{final}	volumen final	0,101 m ³

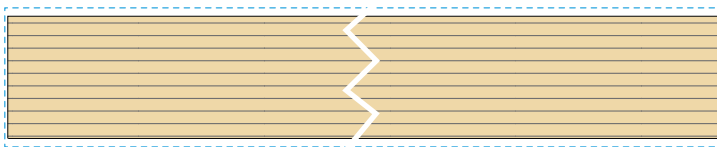
VARIACIONES DIMENSIONALES

+4 mm	+0,1%
+3 mm	+2,5%
+5 mm	+2,5%
+0,005 m³	+5,2%

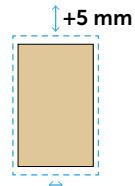
*Pequeñas
variaciones de
humedad, grandes
deformaciones*



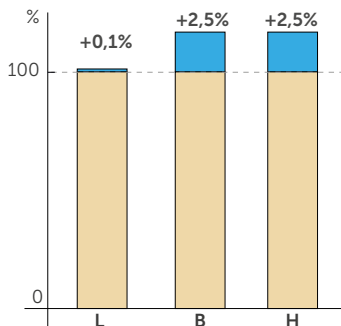
$\Delta u = 10\%$



+4 mm



+3 mm



Las variaciones dimensionales encontradas, aunque similares en valor absoluto, están mucho más marcadas en la dirección longitudinal que en la longitudinal.

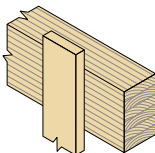
En general, en las estructuras de madera, la tolerancia de construcción es del orden de milímetros; si no se tiene en cuenta ni favorecen la hinchazón y la contracción, se producen **solicitaciones mayores** y fenómenos de rotura o de agrietamientos localizados.

⁽¹⁾ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08

HINCHAZÓN: AUMENTOS DE SOLICITACIÓN

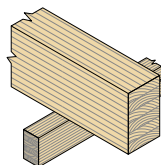
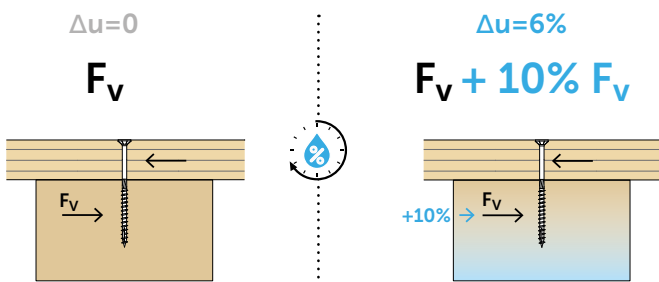
MADERA-MADERA

Una variación de humedad dentro del elemento de madera provoca una solicitación adicional en el conector⁽¹⁾.



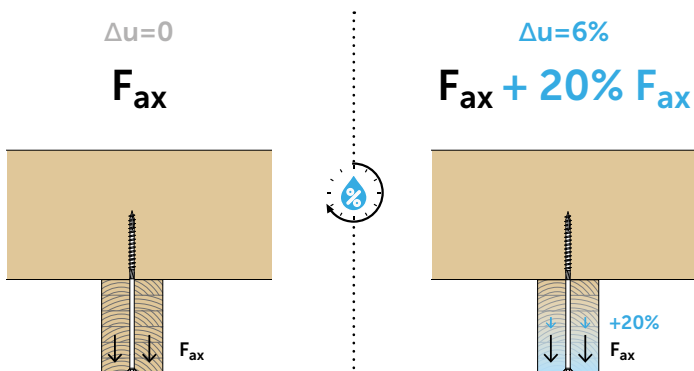
TORNILLOS CARGADOS LATERALMENTE

El conector representa una limitación a la libre deformación de la madera: la hinchazón está asociada a un aumento del esfuerzo de recalcado en el eje del conector que se transforma en una carga de corte adicional.



TORNILLOS CARGADOS AXIALMENTE

Si se evita la hinchazón, la carga se concentra en la cabeza del tornillo, que tiende a penetrar en el elemento de madera. El conector está sujeto a una carga incluso si no hay solicitaciones que actúen en la conexión.

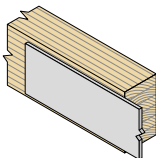


⁽¹⁾ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 y DIN EN 1995-1-1:2010-12

Las variaciones de humedad influyen en la resistencia de las conexiones

ACERO - MADERA

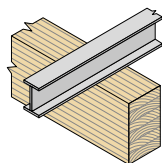
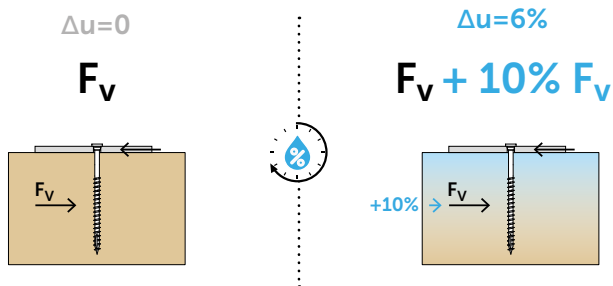
El elemento metálico representa una limitación rígida de confinamiento de la madera e impide la deformación que ocurre por la variación de la humedad.



TORNILLOS CARGADOS LATERALMENTE

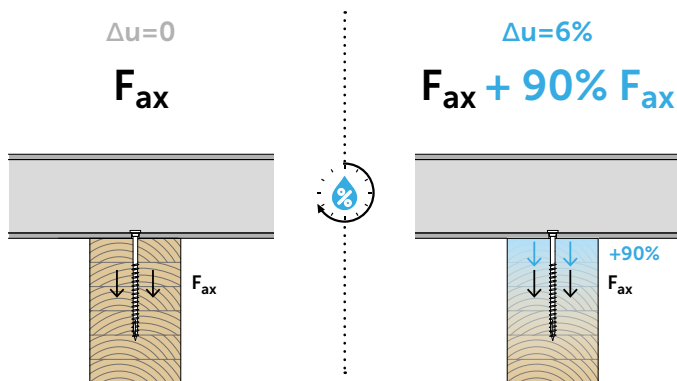
En relación con la placa metálica, el conector tiene una menor capacidad para favorecer las deformaciones del material.

El conector está sujeto a una carga incluso si no hay solicitaciones que actúen en la conexión.



TORNILLOS CARGADOS AXIALMENTE

El conector sufre una solicitación importante en la dirección axial si se coloca de tal manera que no pueda favorecer el movimiento de la madera.



HINCHAZÓN: ELEMENTOS CONFINADOS

*Acero-madera:
prestar atención
a las solicitaciones*

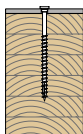
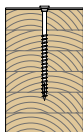
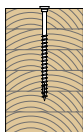
El elemento metálico representa una limitación rígida de confinamiento de la madera: en presencia de variaciones de humedad, dicho elemento no puede hincharse libremente.

Al no poder hincharse, se genera una fuerza de compresión en la madera.

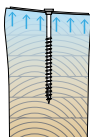
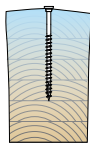
El elemento de madera mantiene su geometría y dimensiones iniciales, pero no su estado de tensión.

Cuando un elemento está confinado, si hay variaciones de humedad se desarrollan fuerzas en el conector incluso si no hay solicitaciones que actúen en la conexión.

$\Delta u = 0$



$\Delta u > 0\%$



ELEMENTO LIBRE

Si el elemento no está confinado, se puede deformar libremente.

En todo caso, los conectores en su interior estarán sujetos a una solicitación adicional.

PLACA FINA

La limitación no es lo suficientemente rígida para impedir la hinchazón de la madera; la placa se deforma para favorecer su movimiento, pero está limitada por el conector.

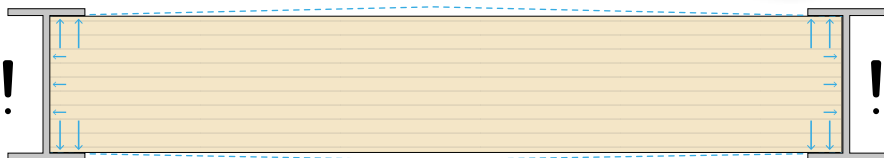
PLACA GRUESA

El elemento metálico no se deforma; la variación dimensional de la madera se produce de forma desigual y genera importantes solicitaciones adicionales en el conector.

BUENAS REGLAS DE DISEÑO

Se deberá comprobar que los fenómenos de hinchazón y contracción no sean perjudiciales para la estructura y no generen solicitaciones incompatibles con el material y con sus prestaciones en términos de resistencia y deformación.

El diseño y la instalación de tornillos autorroscantes de rosca parcial o total deben tener en cuenta las condiciones de humedad de los elementos de madera y las fluctuaciones que puedan ocurrir durante las fases de transporte, montaje, obra y servicio. El diseño debe considerar cualquier solicitación adicional relacionada con condiciones temporales.



Para más información sobre la instalación METAL-MADERA, véase pág. 63.

CAMPAÑA EXPERIMENTAL

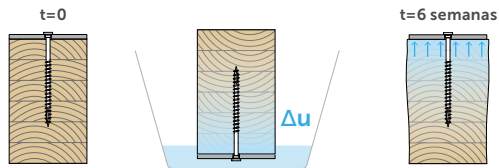
El Departamento de I&D ha realizado una campaña experimental con el fin de evaluar cómo aumenta la sollicitación en los conectores cuando varía la humedad de la madera.

Durante las pruebas, se han analizado unas **20 configuraciones** obtenidas combinando **3 tipos diferentes** de tornillos con diferentes condiciones de instalación en una conexión **acero-madera**.

Las muestras se han colocado en ambientes definidos en los que se podía variar la humedad de los elementos de madera de manera controlada.

Los tornillos se han analizado **diariamente** para evaluar la influencia de las distintas variables implicadas.

CONFIGURACIÓN



madera:	laminada (softwood)
tiempo de exposición:	6 semanas
tornillos:	HBS PLATE
humedad inicial:	11%
humedad final:	40%



RESULTADOS:



configuración inicial

placa
fina



placa
gruesa



placa gruesa
+ XYLOFON 35



después
6 semanas

placa
fina



placa
gruesa



placa gruesa
+ XYLOFON 35



FUEGO

¿Qué distinto es el comportamiento de la madera en comparación con el acero?

COMPORTAMIENTO AL FUEGO

Las estructuras de madera, correctamente diseñadas, garantizan un alto rendimiento incluso en condiciones de incendio.



MADERA

La madera es un material combustible que quema lentamente: en condiciones de incendio, se produce una reducción de la sección resistente mientras que la parte no afectada por la carbonización conserva intacta sus características mecánicas (rigidez y resistencia).

Velocidad de carbonización unidimensional $\beta_0 \approx 0,65 \text{ mm/min}$



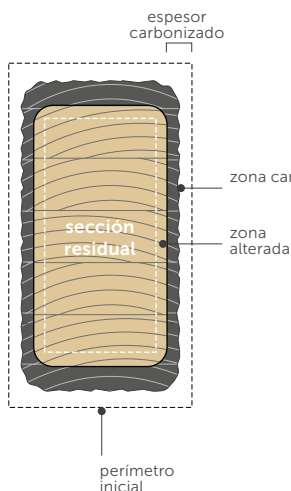
METAL

El acero y, en general, las conexiones metálicas, son el punto débil de las estructuras de madera en condiciones de incendio.

De hecho, las partes metálicas transmiten las altas temperaturas al interior de la sección. Además, a medida que aumenta la temperatura, disminuyen rápidamente sus propiedades mecánicas.

Si no se tiene en cuenta, puede provocar un colapso inesperado de la conexión.

¿POR QUÉ LA MADERA RESISTE AL FUEGO?



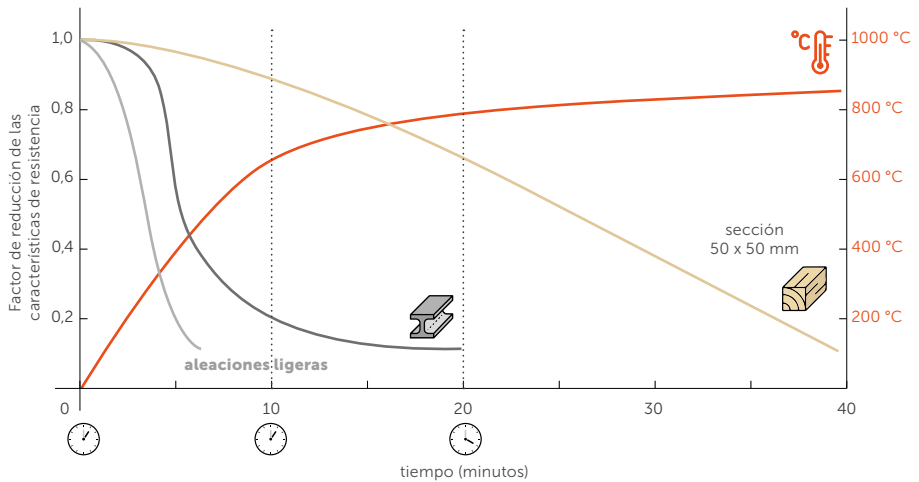
La madera es un material combustible que puede destruirse por completo si se expone a fuentes de calor externas de duración e intensidad elevadas. Sin embargo:

- la madera es un material higroscópico que contiene agua, elemento que frena considerablemente la penetración del calor en el interior de la sección, incluso en caso de temperaturas exteriores muy altas;
- la capa carbonizada actúa de barrera contra la penetración del calor hacia el interior de la sección, ya que los gases calientes producidos durante la pirólisis frenan el aumento de temperatura de dicha capa.

Si se observa la sección de un elemento de madera tras haber sido sometido a una carga de incendio, se pueden identificar tres capas:

- una **zona carbonizada** que corresponde a la capa de madera completamente afectada por el proceso de combustión;
- una **zona alterada** todavía no carbonizada, pero que ha sufrido aumentos de temperatura superiores a 100°C , para la cual se supone una resistencia residual igual a cero;
- una **sección residual** que conserva intactas sus propiedades iniciales de resistencia y de rigidez.

COLAPSO DE UN NUDO



Instante $t=0$

los dos materiales tienen una resistencia igual al 100 %

0 min

0° C



100%

$$R=R_{t_0}$$



100%

$$R=R_{t_0}$$

Instante $t=10$ min

para el acero, la resistencia se ha reducido al 20 % mientras que para la madera sigue siendo del 85 %

10 min

~600° C



20%

$$R=0,20 R_{t_0}$$



85%

$$R=0,85 R_{t_0}$$

Instante $t=20$ min

el acero ha colapsado y ya no tiene resistencia mientras que para la madera es del 65 %

20 min

~800° C



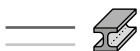
0%

$$R=0$$



65%

$$R=0,65 R_{t_0}$$



ACERO y ALEACIONES LIGERAS: evolución de las características de resistencia de los elementos metálicos sometidos a fuego normalizado (con independencia de las dimensiones de la sección).



MADERA: evolución de las características de resistencia de los elementos de madera sometidos a fuego normalizado (la curva varía a medida que varía las dimensiones de la sección).

curva de fuego según la norma ISO 834

CONECTORES METÁLICOS

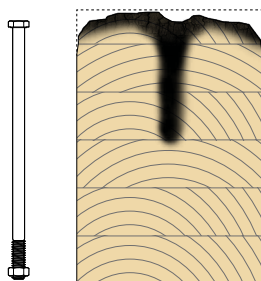
¿En qué influye la exposición al fuego en el comportamiento de un conector?

El acero tiene una conductividad térmica mucho mayor que la madera: si se expone a la misma fuente de calor, se calentará mucho más rápido que la madera y transmitirá calor también al interior de la sección con lo cual se generará una capa carbonizada interna.

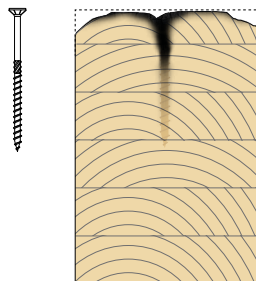
DIÁMETRO

Cuanto mayor sea el diámetro del conector, mayor será el calor que transmitirá al interior de la madera

perno Ø20 expuesto a una fuente de calor



tornillo Ø12 con cabeza expuesta a una fuente de calor



LONGITUD

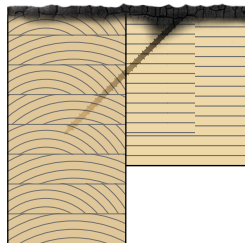
La longitud, al igual que el diámetro, el material y el tipo de cabeza del tornillo también condicionan la transmisión de calor.

Cuanto más largo sea el tornillo, más bajas serán las temperaturas, porque la punta del conector está alejada de la fuente de calor y se encuentra en una zona de madera más fría.

punta del tornillo a 200 °C



punta del tornillo a 20 °C



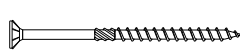
MATERIAL

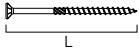
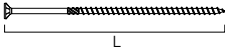
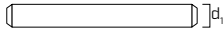
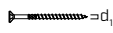
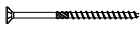
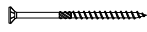
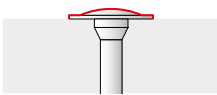
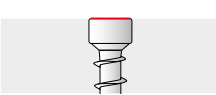
Con la misma geometría, el acero inoxidable se comporta mejor que el acero al carbono. Al tener un coeficiente de conductividad menor, las temperaturas a lo largo del tornillo de acero inoxidable son más bajas y la zona carbonizada a su alrededor es más pequeña.

$\lambda \sim 17$ [W/(m·K)]



$\lambda \sim 54$ [W/(m·K)]



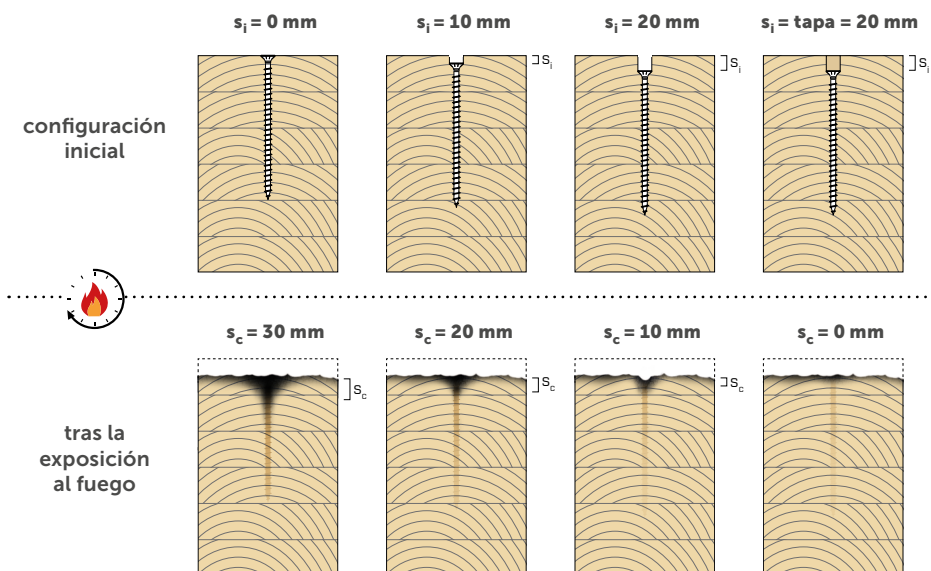
parámetro	influencia en el comportamiento al fuego	peor comportamiento	mejor comportamiento
LONGITUD	significativa		
DIÁMETRO	media		
MATERIAL	media	 Zn ELECTRO PLATED	 A4 A19-316
TIPO DE CABEZA	baja		

LA IMPORTANCIA DE LA PROTECCIÓN

Cubrir la cabeza del tornillo o proteger el metal de la exposición directa al fuego tiene importantes beneficios en términos de propagación del calor y de profundidad de carbonización.

De hecho, la profundidad de carbonización puede reducirse variando la profundidad de penetración de la cabeza del tornillo en la madera: cuanto mayor sea la penetración en la madera, menor será la profundidad de carbonización. Luego, si se cubre la cabeza con un tapón de madera, no habrá carbonización a lo largo del tornillo.

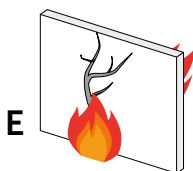
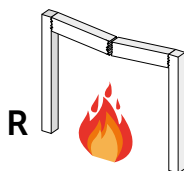
variable: s_i : profundidad de penetración de la cabeza en la madera
 s_c : profundidad de carbonización



Rif. N. Werther, M. Gräfe, V. Hofmann, S. Winter „Untersuchungen zum Brandverhalten von querkraft- beanspruchten Verbindungen bei Holzbaukonstruktionen, Neuentwicklung und Optimierung von Verbindungssystemen und allgemeinen Konstruktionsregeln, 2015“

RESISTENCIA AL FUEGO

La resistencia al fuego indica la aptitud de un elemento constructivo de mantener la estabilidad estructural durante un incendio por un determinado período y, al mismo tiempo, conservar la capacidad de compartimentación contra los humos y los gases calientes generados por la combustión. El objetivo principal de la resistencia al fuego es garantizar la capacidad portante de la estructura cuando se produce un incendio. Las características que deben mantenerse durante la acción del fuego se indican mediante tres letras:



R	capacidad portante	aptitud del elemento constructivo para mantener la resistencia mecánica bajo la acción del fuego
E	hermeticidad	aptitud del elemento constructivo para no dejar pasar llamas, vapores y gases calientes hacia el lado no expuesto al fuego
I	aislamiento térmico	aptitud del elemento constructivo para limitar la transmisión de calor hacia el lado no expuesto al fuego

La sigla de resistencia al fuego va seguida de números que indican los minutos de estabilidad en caso de incendio.

 **REI120** la **resistencia mecánica**, la estanquidad al humo y el **aislamiento térmico** del elemento se mantienen durante 120 minutos (2 h) desde que se declara el incendio

 **R60** la **resistencia mecánica** del elemento se mantiene durante 60 minutos desde que se declara el incendio

A los elementos estructurales de desarrollo lineal, como pilares y vigas, solo se les exige capacidad portante (R); a los forjados y a las paredes que delimitan una habitación, se les exige las tres características (REI).

PRUEBA A ESCALA REAL

En colaboración con RISE - Research Institutes of Sweden (Institutos de Investigación de Suecia), hemos realizado pruebas a escala real para determinar el valor de IE de algunas de las uniones más comunes en la construcción de madera.



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Nuestros próximos proyectos de investigación se centrarán en estudiar el comportamiento al fuego de los nodos más comunes en el mundo de las construcciones de madera. De hecho, nuestro objetivo es estudiarlos desde todos los puntos de vista, teniendo en cuenta tanto los aspectos estáticos como la estanquidad y el aislamiento térmico, para comprender cómo cambia la respuesta de la unión durante un incendio en relación con los elementos presentes.

¿LA MEJOR PROTECCIÓN? ¡ES PASIVA!



NO ES TÁCTICA, ES PREVENCIÓN.

Anticípate y gestiona los problemas derivados del fuego con soluciones de protección pasiva: proyecta tu edificio con cintas, sellantes y láminas Rothoblaas.



Pide información a tu agente de confianza o descarga el catálogo de productos en nuestro sitio www.rothoblaas.es

rothoblaas

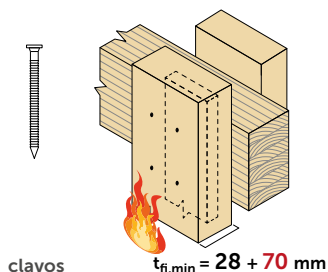
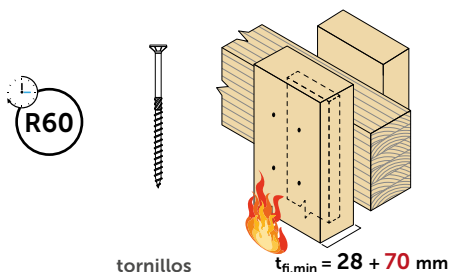
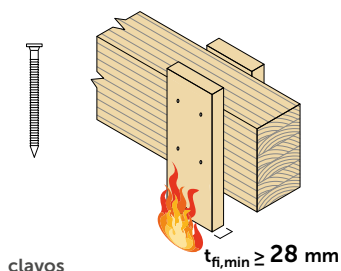
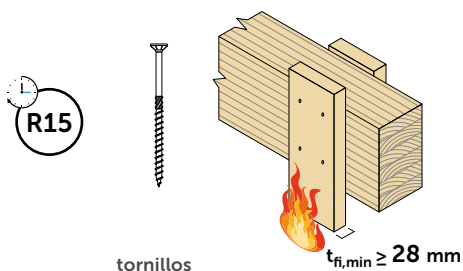
Solutions for Building Technology

PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

Protegemos las estructuras de madera

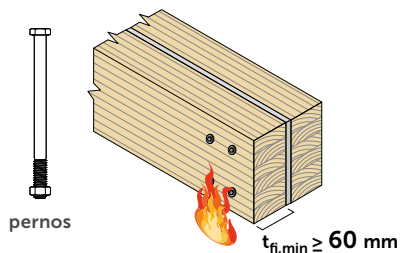
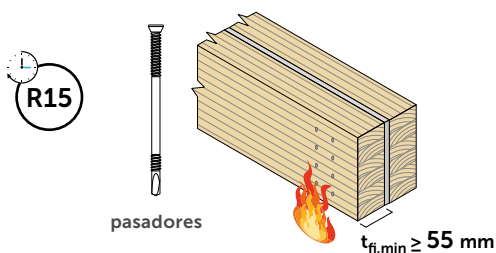
UNIONES NO PROTEGIDAS⁽¹⁾

MADERA-MADERA



Para las uniones con tornillos o clavos es posible aumentar la resistencia al fuego (R_{fd}) hasta 60 minutos aumentando el tamaño de los elementos de madera.

MADERA - ACERO



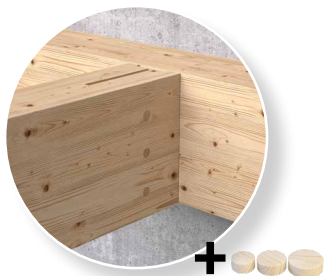
Si puede lograr una resistencia al fuego de hasta 120 minutos aumentando el tamaño de los elementos de madera (t_f) y las distancias a los bordes de los elementos metálicos.

Para las uniones ACERO-MADERA con placa expuesta: se aplican las normas válidas para las estructuras de acero (EN 1993-1-2).

⁽¹⁾ Nueva generación de Eurocódigos prEN 1995-1-2 (n.d.)

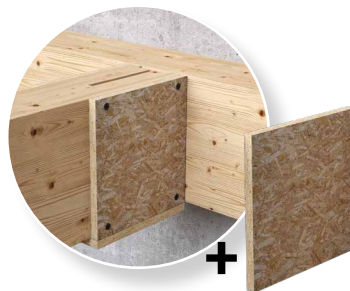
UNIONES PROTEGIDAS

Se puede aumentar la resistencia al fuego diseñando **sistemas de protección contra el fuego parciales o totales**. Estos sistemas de protección pueden ser revestimientos de madera (por ejemplo, tapas de madera), paneles de madera o cartón yeso (tipo A, H o F).



PARCIALES

El sistema parcial protege la conexión solo durante una parte del tiempo de resistencia al fuego requerido (por ejemplo, si se requiere una resistencia de 60 minutos, el panel resistirá al fuego durante 45 minutos mientras que los otros 15 deberán ser garantizados por la unión no protegida).



TOTALES

El sistema total protege la conexión durante todo el tiempo requerido (por ejemplo, si se requiere una resistencia de 60 minutos, el panel resistirá al fuego durante 60 minutos).

EJEMPLO DE CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA TAPA DE MADERA - PROTECCIÓN PARCIAL

[cap. 6.2.1.2 EN 1995-1-2:2005]

La **profundidad de los tacos** ① y el **espesor de los paneles** ② se deben calcular en función de la resistencia al fuego deseada.

$$a_{fi} = \beta_n \cdot 1,5 \cdot (t_{req} - R_{td})$$

donde:

a_{fi} = espesor del panel/tapa

R_{td} = resistencia al fuego del conector no protegido

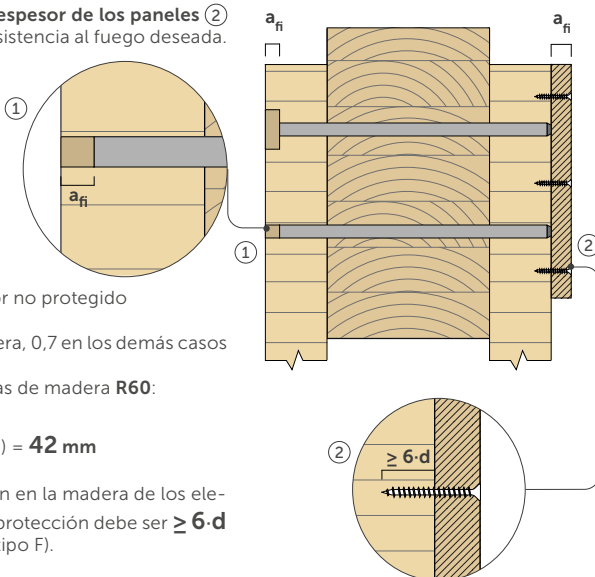
t_{req} = resistencia al fuego deseada

β_n = 0,8 para madera maciza de conífera, 0,7 en los demás casos

Protección de los pasadores con tapas de madera **R60**:

$$a_{fi} = 0,7 \cdot 1,5 \cdot (60 - 20) = 42 \text{ mm}$$

NOTA: La profundidad de penetración en la madera de los elementos de fijación de los paneles de protección debe ser $\geq 6 \cdot d$ ($\geq 10 \cdot d$ en el caso de cartón yeso de tipo F).



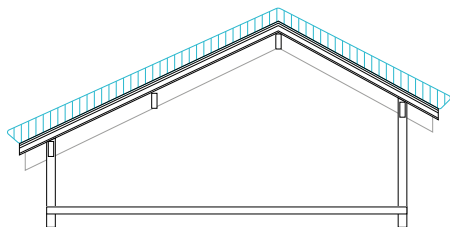
CARGAS EN CASO DE INCENDIO

Durante un evento excepcional como un incendio, las cargas que actúan en los elementos estructurales son inferiores a las cargas utilizadas para proyectar los elementos estructurales en los estados límites últimos (que se incrementan mediante coeficientes)⁽¹⁾.

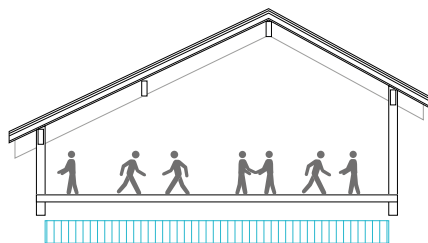
EJEMPLO

Durante un incendio, la nieve de una cubierta tiende a derretirse y, por lo tanto, el peso que soporta la estructura es menor; igualmente, durante un incendio, las personas abandonan el local por las vías de evacuación con lo cual se disminuye la carga accidental de categoría que actúa en los elementos estructurales.

ELU (ESTADO LÍMITE ÚLTIMO)



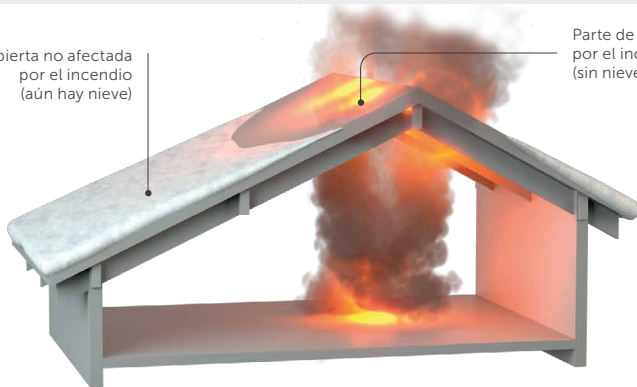
carga de la nieve en fase de proyecto



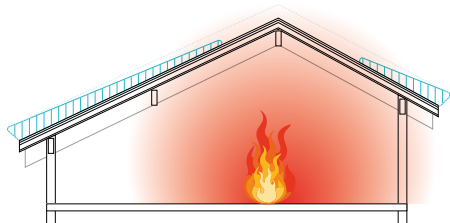
sobrecarga accidental de categoría en fase de proyecto
(estimación del peso de las personas)

INCENDIO

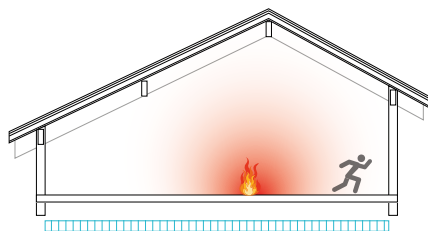
Parte de la cubierta no afectada por el incendio (aún hay nieve)



Parte de la cubierta afectada por el incendio (sin nieve)



carga de la nieve inferior en condiciones de incendio



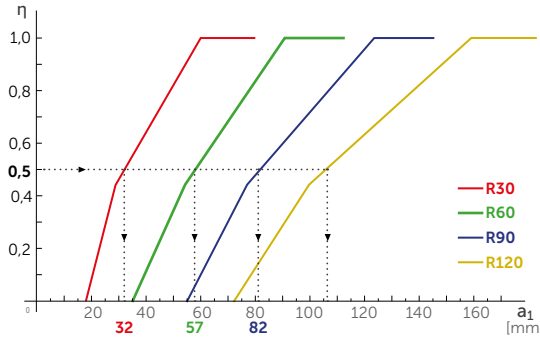
sobrecarga accidental de categoría inferior en condiciones de incendio

⁽¹⁾ En el diseño contra incendios, esta diferencia se tiene en cuenta utilizando coeficientes de combinación de las cargas (determinadas estadísticamente) menores con respecto al diseño de los ELU.

TORNILLOS CARGADOS AXIALMENTE

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA

Al estar sometidas a una carga inferior a la utilizada para proyectar las conexiones en condiciones normales, se puede aceptar que también la resistencia de la conexión en condiciones de incendio sea menor:



$$\eta_{k,fi} = R_{k,fi} / R_k$$

$\eta_{k,fi}$ coeficiente de reducción de la resistencia en condiciones de incendio

R_k resistencia característica de la conexión en condiciones normales

$R_{k,fi}$ resistencia de la conexión en condiciones de fuego

a_1 distancia mínima entre el eje del tornillo y el borde de la viga

Determinación de a_1 a partir del coeficiente η elegido y de la resistencia al fuego deseada.

Para $\eta_{k,fi} = 0,5$

R30
 $a_1 = 32 \text{ mm}$

R60
 $a_1 = 57 \text{ mm}$

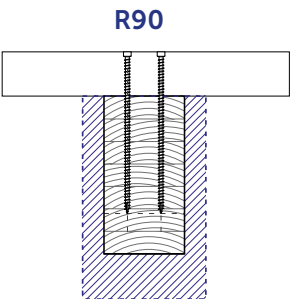
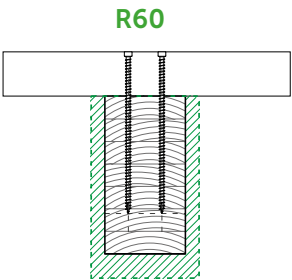
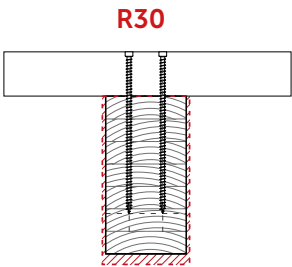
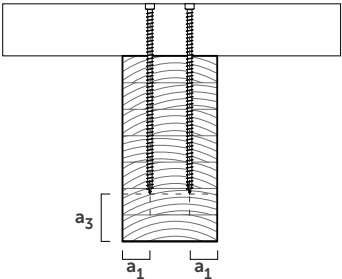
R90
 $a_1 = 82 \text{ mm}$

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN EN CONDICIONES DE INCENDIO⁽¹⁾

Tras determinar a_1 , es posible calcular la sección mínima en condiciones de incendio.

$$a_1 = a_{2,CG}$$

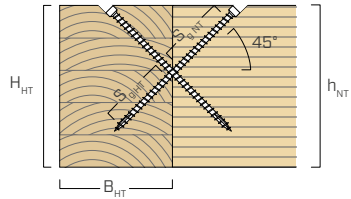
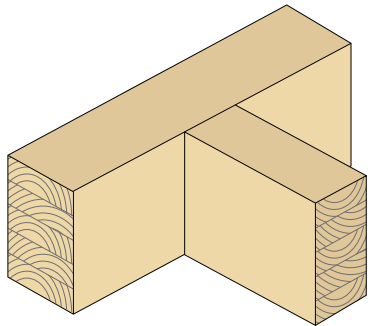
$$a_3 \geq a_1$$



⁽¹⁾ Nueva generación de Eurocódigos prEN 1995-1-2 (n.d.)

EJEMPLO DE CÁLCULO

DATOS DE PROYECTO



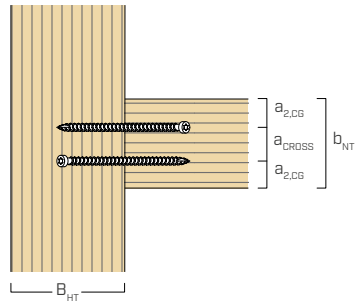
VIGA PRINCIPAL

B_{HT}	base viga principal	126 mm
H_{HT}	altura viga principal	245 mm
madera GL24h ($\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$)		

VIGA SECUNDARIA

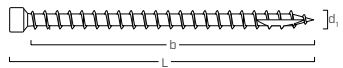
b_{NT}	base viga secundaria	105 mm
h_{NT}	altura viga secundaria	245 mm
madera GL24h ($\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$)		

Ángulo en el plano vertical $\alpha=0^\circ$
Ángulo en el plano horizontal $\beta=0^\circ$



CONECTOR TODO ROSCA DE CABEZA CILÍNDRICA

L	longitud tornillo	300 mm
b	longitud rosca	290 mm
d_t	diámetro nominal	11 mm



VERIFICACIÓN

Longitud de la rosca, lado cabeza: $S_{g,HT} = 135 \text{ mm}$;
Longitud de la rosca, lado punta: $S_{g,NT} = 135 \text{ mm}$;

ELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA

$\eta_{K,FI}$ elegido igual a **0,5**

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL CONECTOR EN CONDICIONES ESTÁNDARES:

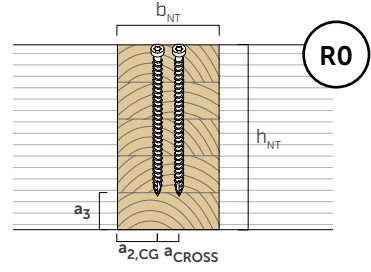
$F_{V,RK} = 26,52 \text{ kN}$

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL CONECTOR EN CONDICIONES DE FUEGO:

$F_{V,RK,FI} = \eta_{k,fi} \cdot F_{V,RK} = 0,5 \cdot 26,52 \text{ kN} = 13,26 \text{ kN}$

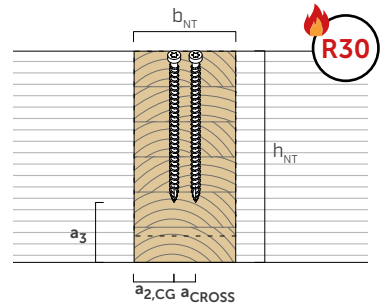
GEOMETRÍA “FRÍA” R0

b_{NT}	base viga secundaria	105 mm
h_{NT}	altura viga secundaria	245 mm
a_{CROSS}		17 mm
$a_{2,CG}$		44 mm
a_3		33 mm



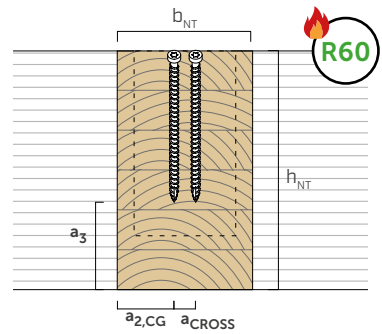
RESISTENCIA AL FUEGO R30

b_{NT}	base viga secundaria	+0 mm	105 mm
h_{NT}	altura viga secundaria	+11 mm	256 mm
a_{CROSS}			17 mm
$a_{2,CG}$	= a_1		44 mm
a_3	≥ a_1		44 mm



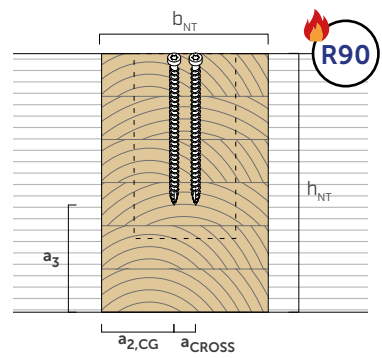
RESISTENCIA AL FUEGO R60

b_{NT}	base viga secundaria	+26 mm	131 mm
h_{NT}	altura viga secundaria	+24 mm	269 mm
a_{CROSS}			17 mm
$a_{2,CG}$	= a_1		57 mm
a_3	≥ a_1		57 mm



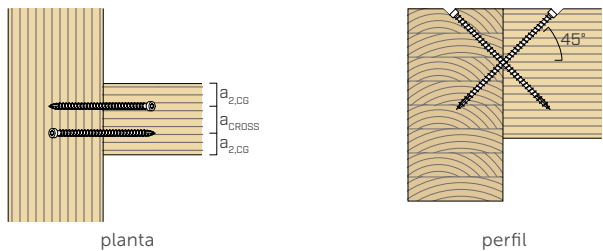
RESISTENCIA AL FUEGO R90

b_{NT}	base viga secundaria	+76 mm	181 mm
h_{NT}	altura viga secundaria	+49 mm	294 mm
a_{CROSS}			17 mm
$a_{2,CG}$	= a_1		82 mm
a_3	≥ a_1		82 mm



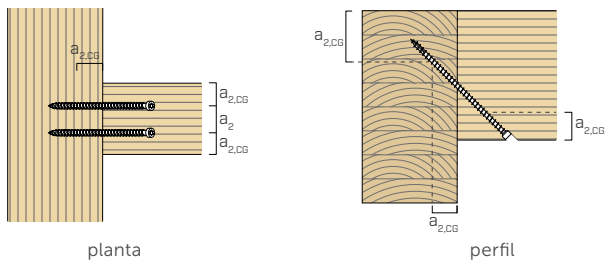
DISTANCIAS MÍNIMAS EN CASO DE INCENDIO

TORNILLOS CRUZADOS INSERTADOS CON UN ÁNGULO A CON RESPECTO A LA FIBRA⁽¹⁾



TORNILLOS INSERTADOS CON Y SIN PRE-AGUJERO					
	d_1	[mm]	7	9	11
R0	$a_{2,CG}$	[mm]	4·d	21 ⁽²⁾	36
	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	14	17
R30	$a_{2,CG}$	[mm]	-	32	36
	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	14	17
R60	$a_{2,CG}$	[mm]	-	57	57
	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	14	17
R90	$a_{2,CG}$	[mm]	-	82	82
	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	14	17

TORNILLOS EN TRACCIÓN INSERTADOS CON UN ÁNGULO A CON RESPECTO A LA FIBRA⁽¹⁾



TORNILLOS INSERTADOS CON Y SIN PRE-AGUJERO					
	d_1	[mm]	7	9	11
R0	$a_{2,CG}$	[mm]	4·d	21 ⁽²⁾	36
	a_2	[mm]	5·d	35	45
R30	$a_{2,CG}$	[mm]	-	32	36
	a_2	[mm]	5·d	35	45
R60	$a_{2,CG}$	[mm]	-	57	57
	a_2	[mm]	5·d	35	45
R90	$a_{2,CG}$	[mm]	-	82	82
	a_2	[mm]	5·d	35	45

Valores calculados utilizando $\eta_{k,fi} = 0,5 \mid a_{2,CG} = a_1$ según EN 1995-1-2

⁽¹⁾ Nueva generación de Eurocódigos prEN 1995-1-2 (n.d.)

⁽²⁾ Para uniones viga secundaria-viga principal con tornillos VGZ de $d = 7$ mm inclinados o cruzados, insertados con un ángulo de 45° con respecto a la cabeza de la viga secundaria, con una altura mínima de la viga secundaria igual a $18 \cdot d$, la distancia mínima $a_{2,CG}$ puede considerarse igual a $3 \cdot d_1$



ROTHOBLAAS LA ESCUELA PRÁCTICA, LAS GUÍAS ÚTILES

¿Deseas construir en madera?

Te ofrecemos la formación más actualizada,
las guías más inteligentes y los productos más
adecuados.

www.rothoblaas.es



rothoblaas

Solutions for Building Technology

APLICACIONES Y CONECTORES

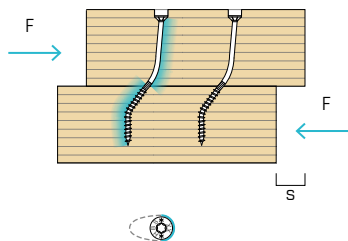
CONECTORES DE ROSCA PARCIAL

RESISTENCIA

Concentración de tensiones en un área localizada en la dirección de la carga. Las resistencias dependen del recalco de las paredes del agujero en la madera y al doblado del tornillo.

TORNILLOS SOLICITADOS AL CORTE

RESISTENCIA PROPORCIONAL AL DIÁMETRO



RIGIDEZ

- desplazamientos elevados
 - baja rigidez
 - elevada ductilidad



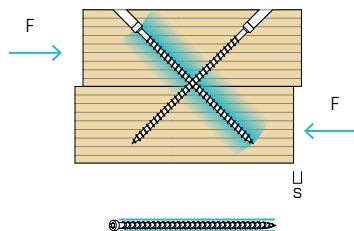
CONECTORES DE ROSCA TOTAL

RESISTENCIA

Solicitaciones distribuidas a lo largo de toda la superficie roscada. Resistencias elevadas relacionadas al cilindro de madera afectado por tensiones tangenciales.

CONECTORES SOLICITADOS AXIALMENTE

RESISTENCIA PROPORCIONAL A LA LONGITUD ROSCADA



RIGIDEZ

- desplazamientos limitados
 - elevada rigidez
 - reducida ductilidad



COMPARACIÓN CONECTORES

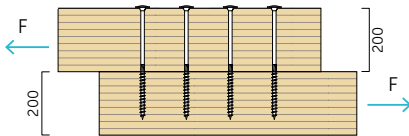
CONEXIONES VIGA-VIGA

Conexión de dos vigas de madera laminada (GL24h) de altura $H = 200$ mm solicitadas por una carga paralela a la fibra. Dimensionamiento según la norma EN 1995-1-1:2004/A2:2014.

SOLUCIÓN A

Tornillo con rosca parcial TBS Ø8 x 300 mm

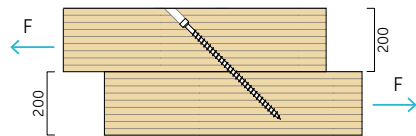
4 conectores



SOLUCIÓN B

Tornillo con rosca total VGZ Ø9 x 400 mm

1 conector



RESISTENCIA

$$R_{v,k} = 14,4 \text{ kN}$$

$\approx$

$$R_{v,k} = 14,9 \text{ kN}$$

Se requieren 4 conectores de rosca parcial para igualar la resistencia al desplazamiento de 1 tornillo de rosca total inclinado 45°.

RIGIDEZ

$$K_{ser} = 6,1 \text{ kN/mm}$$

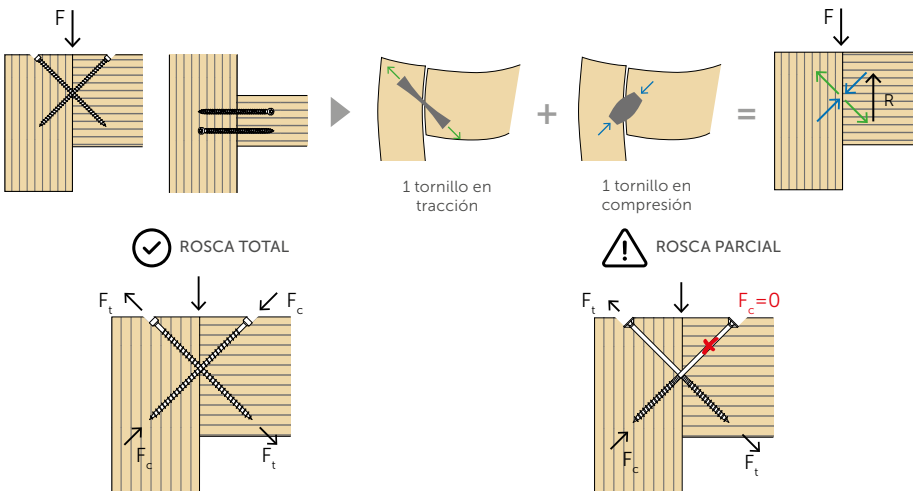
$<<$

$$K_{ser} = 29,4 \text{ kN/mm}$$

La unión realizada con conectores de rosca total es muy rígida: con la misma sollicitación, se producirán deformaciones inferiores a las de los conectores de rosca parcial.

CONEXIÓN CON CONECTORES CRUZADOS

La fuerza de corte vertical F se distribuye entre los conectores instalados a 45° y los solicita axialmente.



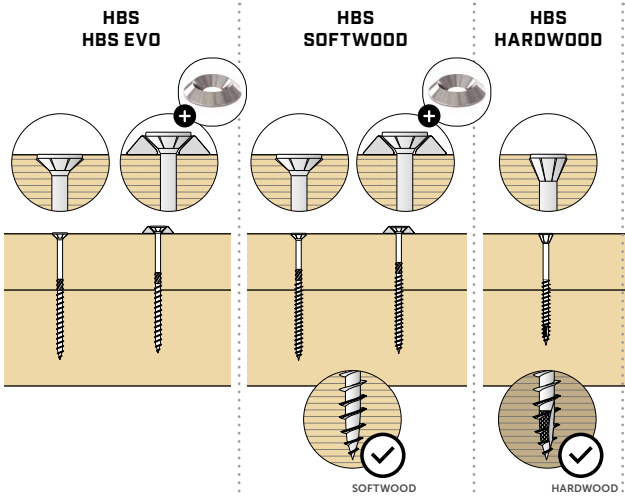
La parte roscada garantiza unas excelentes prestaciones tanto a la tracción como a la compresión y permite alcanzar una resistencia global elevada.

La cabeza del tornillo no resiste la compresión (se sale de la madera) y ofrece una resistencia limitada a la tracción (penetración < extracción de la rosca).

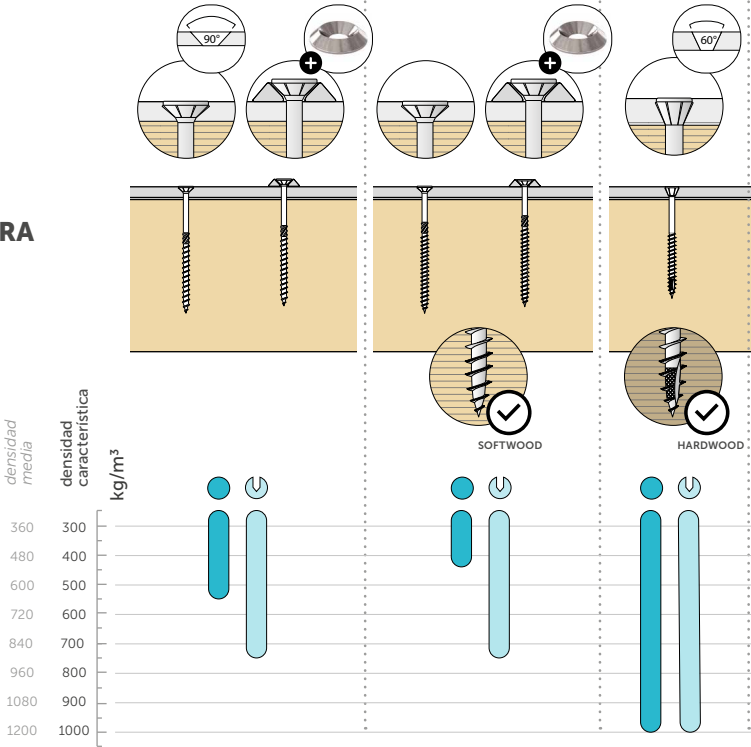
CONECTORES DE ROSCA PARCIAL

Tornillos solicitados al corte:
resistencia proporcional
al diámetro

CONEXIÓN MADERA-MADERA

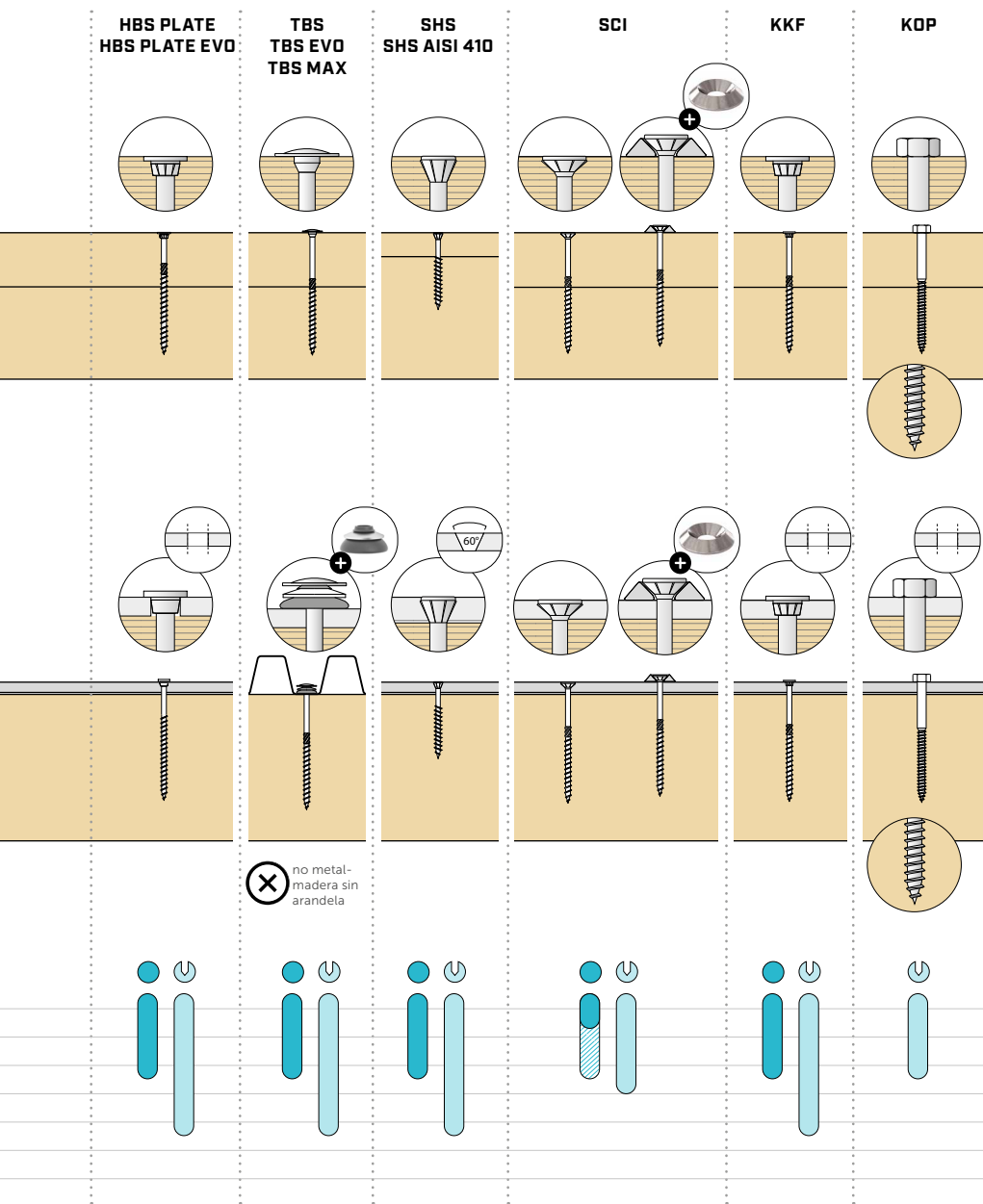


CONEXIÓN METAL-MADERA



LEYENDA:

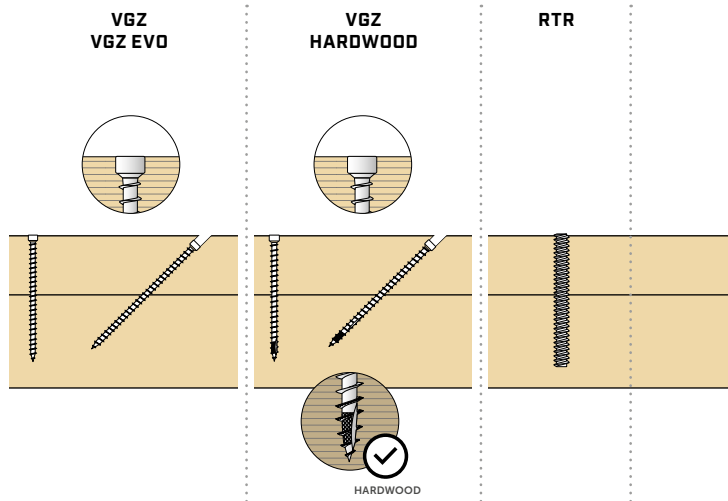
- inserción sin pre-agujero
- ⌋ inserción con pre-agujero
- ⦶ aplicación no recomendada pero posible con precauciones especiales



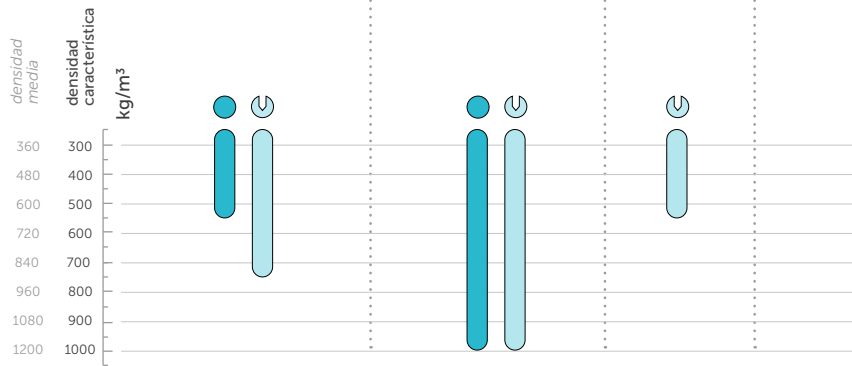
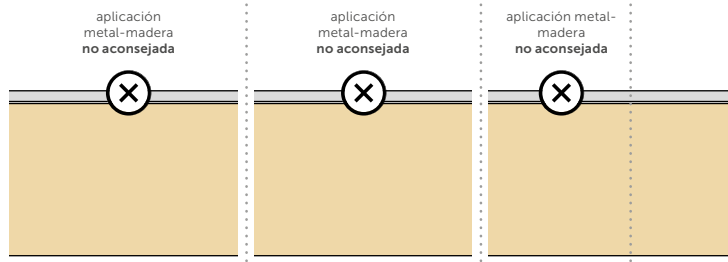
CONECTORES DE ROSCA TOTAL

Conectores solicitados axialmente: resistencia proporcional a la longitud

CONEXIÓN MADERA-MADERA

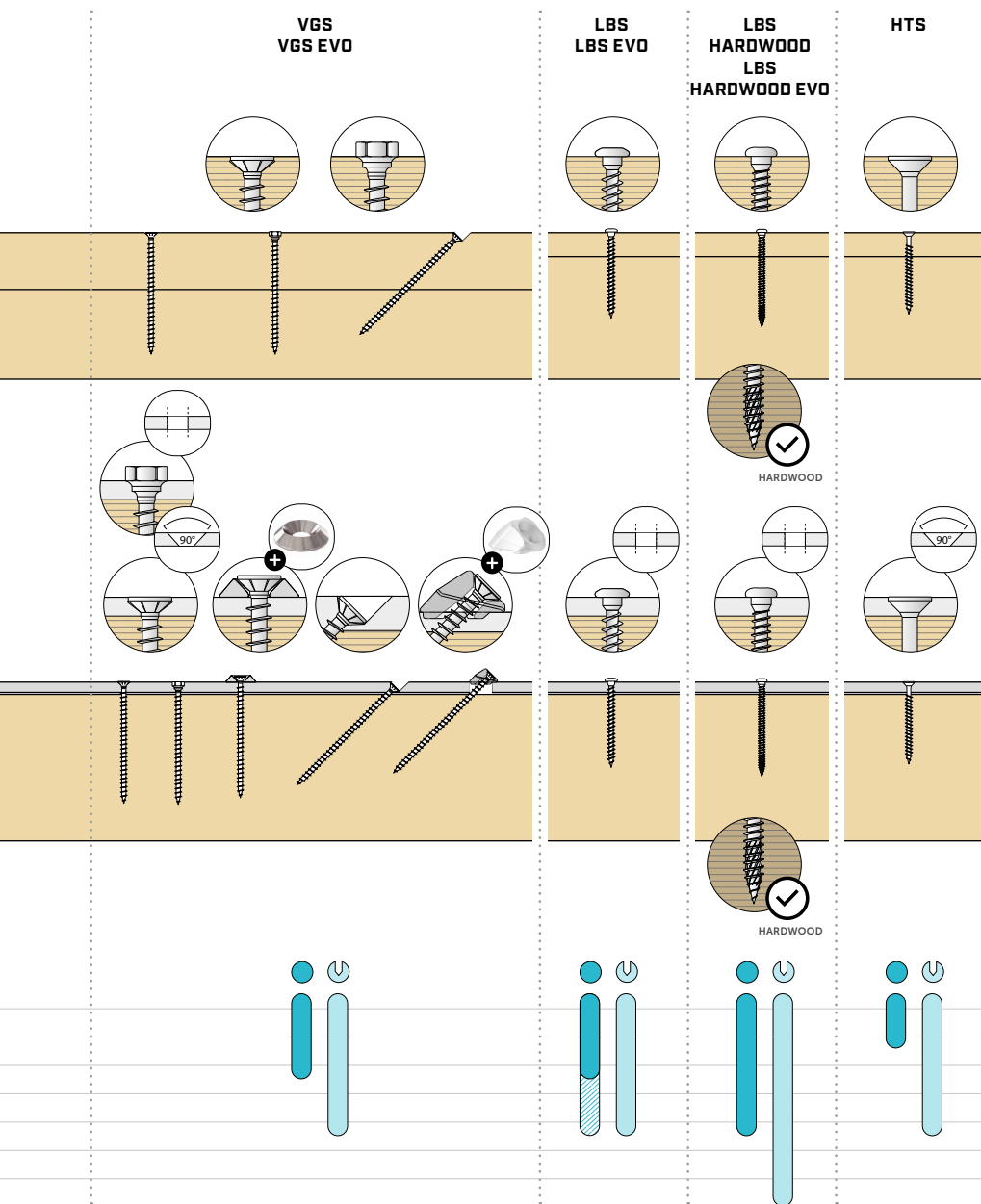


CONEXIÓN METAL-MADERA



LEYENDA:

- inserción sin pre-agujero
- inserción con pre-agujero
- aplicación no recomendada pero posible con precauciones especiales



Si se consideran tornillos estructurales ($\varnothing \geq 5 \text{ mm}$)

TORNILLOS PARA EXTERIOR

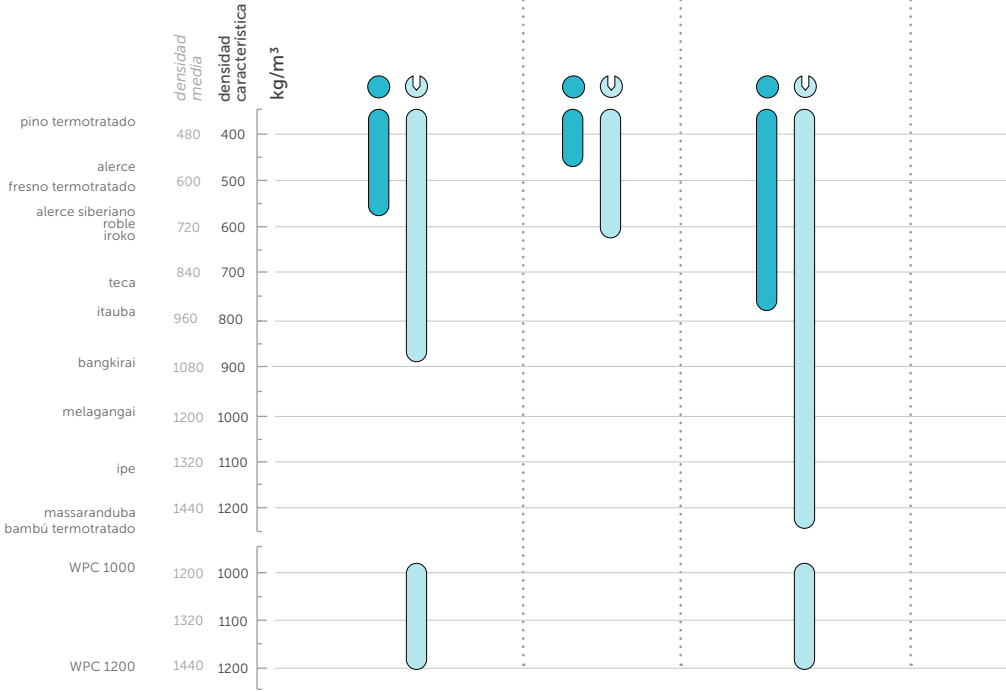
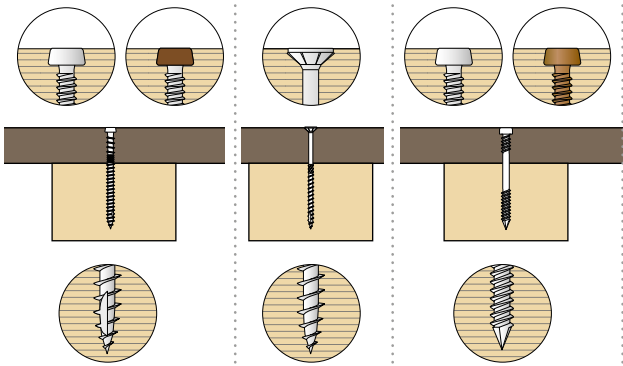
Soluciones adecuadas para numerosas combinaciones de materiales y densidades

CONEXIÓN MADERA-MADERA

KKT
A4 | AISI316

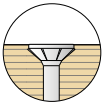
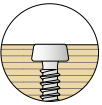
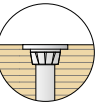
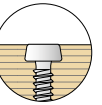
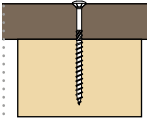
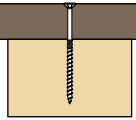
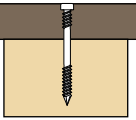
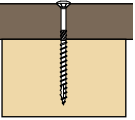
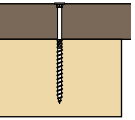
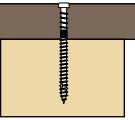
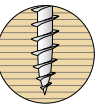
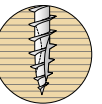
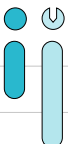
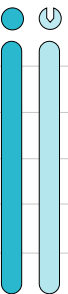
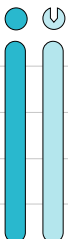
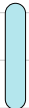
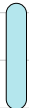
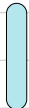
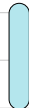
SCI
A4 | AISI316

KKZ
A2 | AISI304



LEYENDA:

- inserción sin pre-agujero
- ⌋ inserción con pre-agujero

EWS A2 AISI305	SCI A2 AISI305	KKZ C5 EVO	EWS AISI410	KKF AISI410	KKT COLOR
					
					
					
					
					

Si se consideran tornillos para decking ($\varnothing \leq 6 \text{ mm}$)

CONECTORES PARA CONEXIONES HÍBRIDAS

ARANDELA Y METAL-MADERA



HUS

VGU

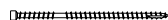


Arandelas certificadas para aplicaciones con tornillos de cabeza avellanada.

HORMIGÓN-MADERA



CTC

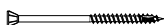


Conector certificado, software de cálculo disponible.

SOFTWOOD-HARDWOOD



HBS HARDWOOD

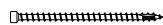


Tornillo certificado para conexiones híbridas entre elementos de softwood y BeechLVL.

SOFTWOOD-HARDWOOD

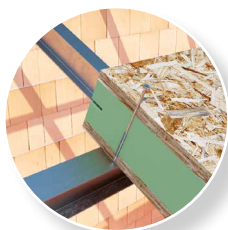


VGZ HARDWOOD



Tornillo certificado para conexiones híbridas entre elementos de softwood y BeechLVL.

MADERA-METAL



SBS-SPP



Permiten fijar elementos de madera a subestructuras metálicas.

MADERA-AISLANTE-MADERA



DGZ



Permite fijar tanto aislante rígido como blando.

MADERA-METAL-MADERA



SBD - SBD EVO



Pasador autoperforante: permite perforar placas de hasta 10 mm de espesor.



SBS-SPP



Ideales para fijar sistemas de forjado compuesto madera-metal-madera con chapa ondulada.

MATERIALES

Hasta hace 200 años, la madera era el material más utilizado para la construcción; posteriormente, fue en acero y hormigón. Como material de construcción, la madera ha evolucionado durante los últimos 100 años con la introducción de materiales encolados (GLT, CLT y LVL).

Se distinguen dos grandes categorías: maderas de coníferas (softwood) y maderas de latifoliadas (hardwood).

LEYENDA:

 **SOFTWOOD**
estructural

 **HARDWOOD**
estructural

Solid timber



GLT

Glued Laminated Timber



CLT

Cross Laminated Timber



LVL

Laminated Veneer Lumber



OSB

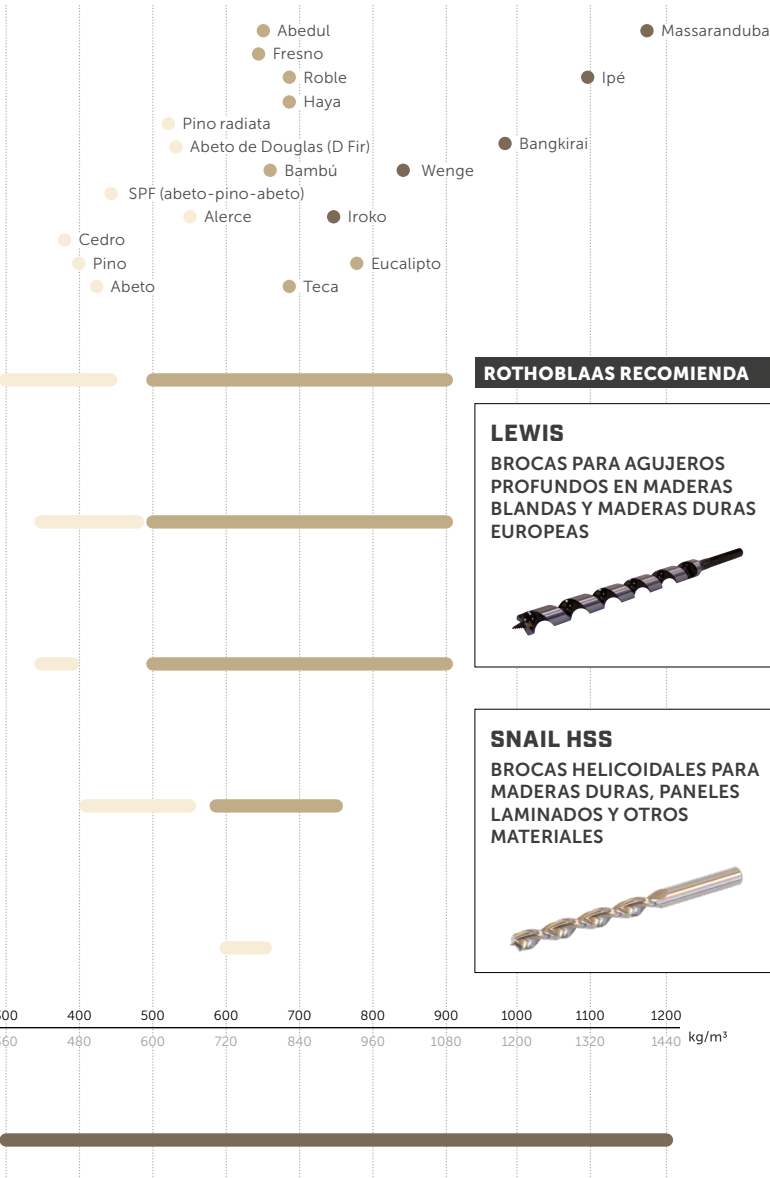
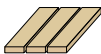
Oriented Strand Board



densidad característica
densidad media

Decking

Decking boards



ROTHOBLAAS RECOMIENDA

LEWIS

BROCAS PARA AGUJEROS PROFUNDOS EN MADERAS BLANDAS Y MADERAS DURAS EUROPEAS



SNAIL HSS

BROCAS HELICOIDALES PARA MADERAS DURAS, PANELES LAMINADOS Y OTROS MATERIALES



*¿Cómo instalarlo
correctamente?*





PRÁCTICA

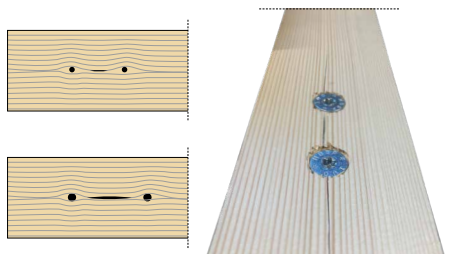
DISTANCIAS MÍNIMAS Y PRE-AGUJERO

DISTANCIAS Y ESPACIOS MÍNIMOS

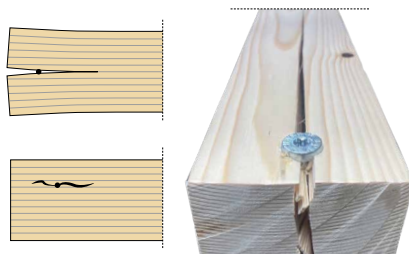
Los tornillos deben colocarse en el elemento de madera teniendo en cuenta la interacción que se produce entre los dos elementos.

El uso de distancias adecuadas y de espacios mínimos entre los tornillos evita el agrietamiento del elemento de madera y mecanismos de rotura frágiles de la conexión.

**espacio entre tornillos
insuficiente**



**distancias desde bordes y extremos
no adecuadas**



INDICACIONES SOBRE DISTANCIAS Y ESPACIOS MÍNIMOS para los tornillos, con o sin pre-agujero y en diferentes soportes, disponibles en el catálogo "Tornillos y conectores para madera" www.rothoblaas.es



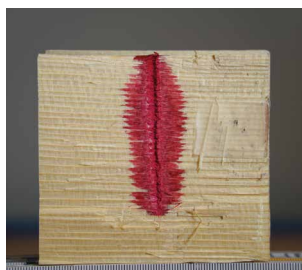
PRE-AGUJERO Y AGUJERO PILOTO

El **pre-agujero** permite insertar el tornillo con menos esfuerzo y dañar menos la madera.

El pre-agujero se realiza para toda la longitud del tornillo.

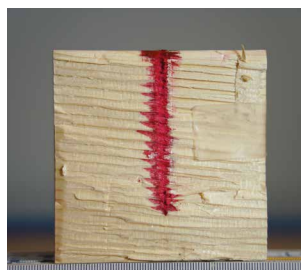
En general, la inserción con pre-agujero permite adoptar separaciones y distancias mínimas reducidas.

 **inserción sin pre-agujero**



La porción de madera afectada por la inserción del tornillo es mayor si no se realiza el pre-agujero.

 **inserción con pre-agujero**



Los tornillos se pueden colocar a menor distancia porque no interaccionan entre sí.

Los **agujeros piloto** o las guías que se hacen a la madera se utilizan para facilitar la inserción de los tornillos. Tienen una longitud limitada (generalmente 40-80 mm).

Están especialmente aconsejados cuando se usan tornillos largos o cuando es necesario asegurar una inclinación de inserción muy precisa.

DIÁMETRO DEL PRE-AGUJERO

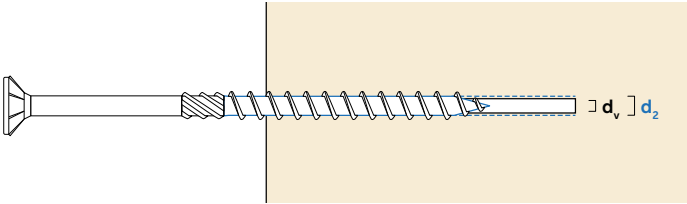
La **dimensión del pre-agujero** depende de la geometría del tornillo y del tipo de madera en el que se pone (para indicaciones más específicas sobre los materiales, véase la pág. 55).

$d_{v,rec}$ el diámetro aconsejado del pre-agujero
 d_v el diámetro pre-agujero

SOFTWOOD

d_2 el diámetro núcleo
 d_1 el diámetro nominal

$d_v \leq d_2$

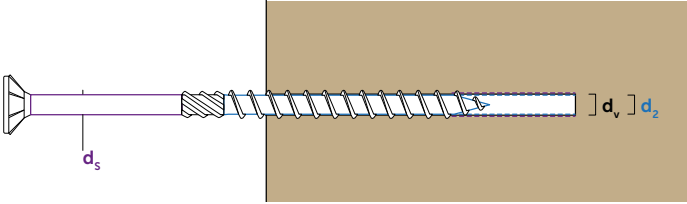


d_1	[mm]	3	3,5	4	4,5	5	5,3	5,6	6	7	8	9	10	11	12	13	16	20
$d_{v,rec}^{(1)}$	[mm]	2	2	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4	5	5	6	6	7	8	13	16

HARDWOOD

d_s el diámetro del cuello
 d_1 el diámetro nominal
 d_2 el diámetro núcleo

$d_s \geq d_v \geq d_2$

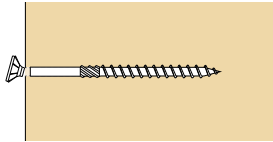


d_1	[mm]	3	3,5	4	4,5	5	5,3	5,6	6	7	8	9	10	11	12	13	16	20
$d_{v,rec}^{(1)}$	[mm]	-	-	-	-	3,5	4	4	4	5	6	6	7	7	8	9	-	-

LA IMPORTANCIA DEL PRE-AGUJERO CORRECTO

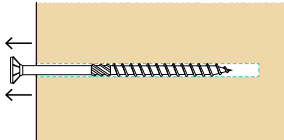
⚠ $d_v < d_{v,rec}$
▼
rotura

El esfuerzo en el tornillo durante la inserción supera la resistencia de torsión del tornillo.



⚠ $d_v > d_{v,rec}$
▼
 $F_{ax} <<$

Una parte de la rosca no está en contacto con la madera; la resistencia a la extracción disminuye.



⁽¹⁾ ETA-11/0030.

MOMENTO DE INSERCIÓN

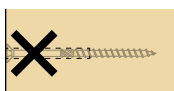
Para penetrar en la madera, el tornillo tiene que vencer su fuerza de resistencia.

El esfuerzo durante el atornillado (momento de inserción - R_{tor}) está relacionado con la geometría del conector y el material del soporte. Para evitar roturas, es necesario que el esfuerzo en el tornillo no iguale ni supere la resistencia intrínseca a la torsión (f_{tor}). De acuerdo con la norma⁽¹⁾ es necesario garantizar una relación de torsión del atornillado mínima igual a 1,50 ($f_{tor,k} / R_{tor,mean} \geq 1,5$).

En los siguientes gráficos se ilustra la evolución del momento de inserción para los tornillos aplicados en condiciones diferentes, tanto en función de la madera utilizada como del tipo de pre-agujero.

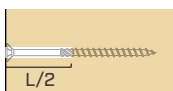
inserción tipo A

SIN pre-agujero
(LV = 0 mm)



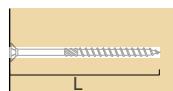
inserción tipo B

CON pre-agujero
de longitud LV = L/2

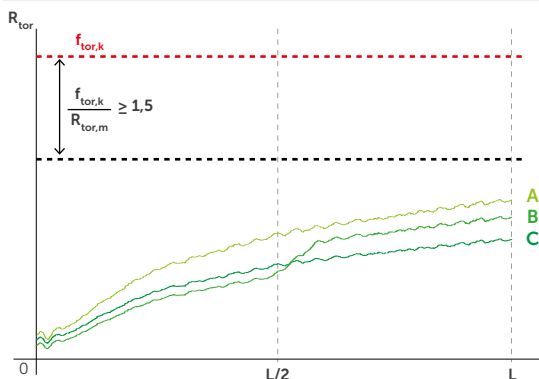


inserción tipo C

CON pre-agujero
de longitud LV = L



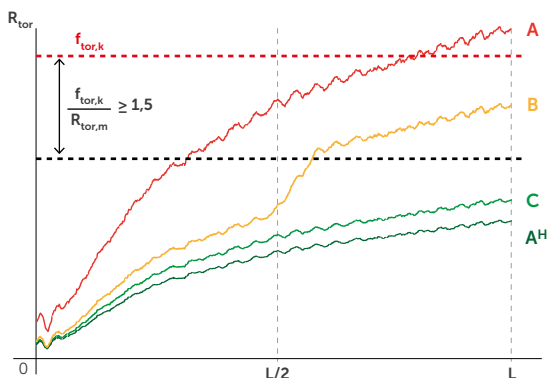
SOFTWOOD



Los conectores también se pueden insertar en soportes con densidad limitada sin pre-agujero. De hecho, el esfuerzo en el tornillo se mantiene siempre dentro de los límites de seguridad [A-B-C].

El uso de un agujero piloto facilita la inserción y asegura que el tornillo penetre en la dirección correcta.

HARDWOOD



Para poder insertar tornillos estándares en maderas duras, se requiere pre-agujero [C]; en caso contrario, existe el riesgo de rotura [A].

Un pre-agujero [B] de longitud limitada permite reducir el esfuerzo en el tornillo, pero no excluye la posibilidad de que se rompa.

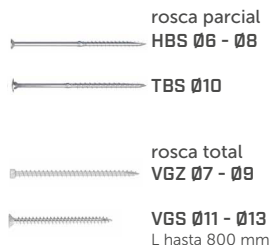
Los tornillos con geometría específica para maderas duras (tornillos HARDWOOD) se pueden aplicar sin pre-agujero [AH].

⁽¹⁾ EN 14592:2022 | EAD 130118-01-0603

IMPULS e IMPACT : YES or NO?

Rothoblaas, en colaboración con la Universidad de Innsbruck, ha realizado una campaña experimental con el objetivo de evaluar la influencia de los diferentes atornilladores en las propiedades mecánicas de los tornillos (por ejemplo, resistencia a la tracción) y en el momento de inserción.

TORNILLOS PROBADOS



MATERIALES



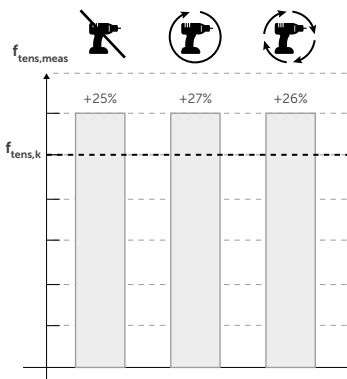
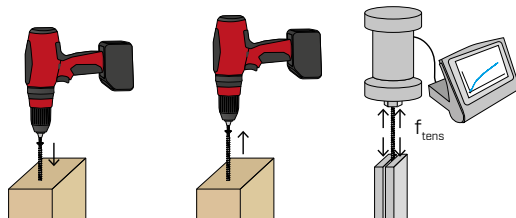
ATORNILLADORES



RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

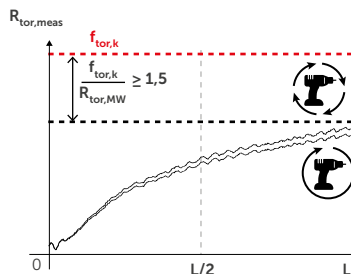
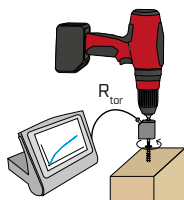
Se han comparado las resistencias a la tracción de tornillos nuevos (muestras de referencia) con las de tornillos que se habían ya instalados en elementos de madera (insertados y extraídos con diferentes atornilladores).

La resistencia a la tracción no depende del tipo de instalación: como se muestra en el gráfico al lado, las divergencias, inferiores al 2 %, probablemente son debidas a la variabilidad intrínseca de los elementos de madera utilizados y no al atornillador utilizado.



MOMENTO DE INSERCIÓN

El uso de un atornillador de impacto/de percusión no provoca variaciones importantes en la resistencia de inserción en comparación con la instalación con un atornillador estándar. La relación característica de torsión ($f_{tor,k} / R_{tor,MW}$) se mantiene siempre dentro de los límites previstos por la norma.



ACCREDITED TEST REPORT (202011-0088) "Influence on the tension strength of screws type HBS, TBS, VGS and VGZ by the use of different screw-in devices" disponible en el sitio web www.rothoblaas.es

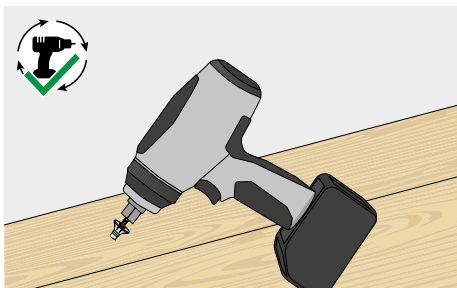
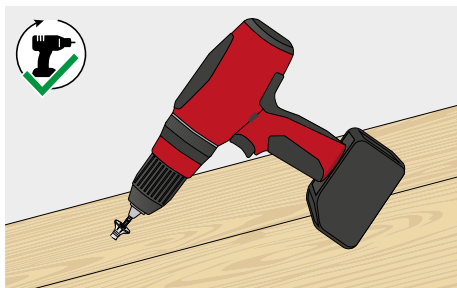


CONEXIÓN

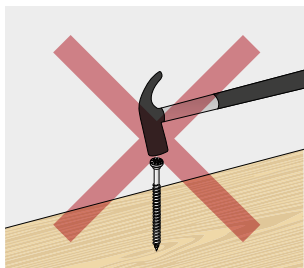
MADERA-MADERA



En el caso de tornillos utilizados en conexiones estructurales madera-madera (softwood), también es posible utilizar un atornillador de impacto/de percusión para instalarlos.

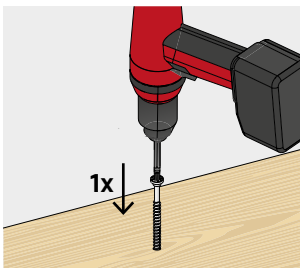


La correcta instalación de los tornillos autoperforantes de rosca parcial o total garantiza buenas prestaciones estructurales y resistencia de las conexiones madera-madera y metal-madera.

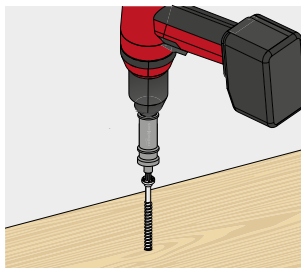


No golpear los tornillos con un martillo para introducir la punta en la madera.

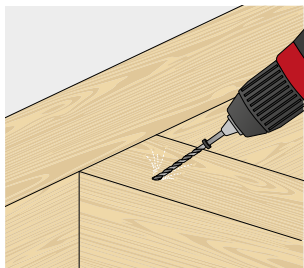
El tornillo no se puede reutilizar.



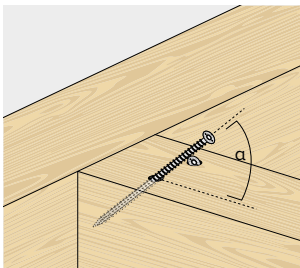
En general, se aconseja insertar el conector en una sola operación, sin realizar paradas ni reinicios, que podrían crear estados una sollicitación excesiva en el tornillo.



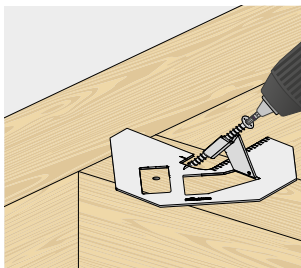
Seleccionar el tamaño y el tipo de punta más adecuados. Es posible utilizar el soporte para tornillo CATCH o CATCHL de Rothoblaas para garantizar que la punta permanezca en el hueco de la cabeza del tornillo cuando se inserta.



Se aconseja un agujero piloto para garantizar la dirección de instalación correcta.



Respetar el ángulo de inserción.

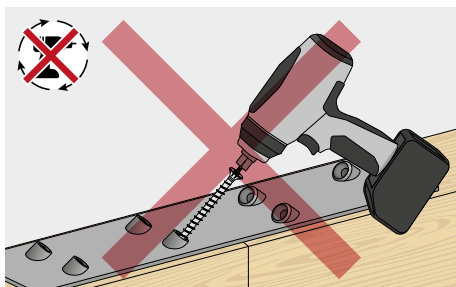
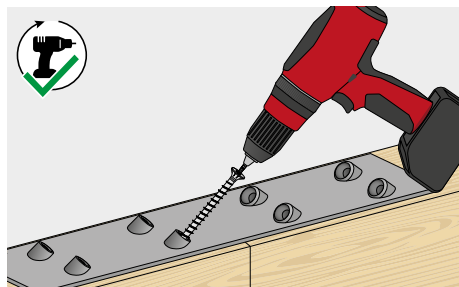


Se aconseja usar la plantilla de instalación JIG VGZ 45°.

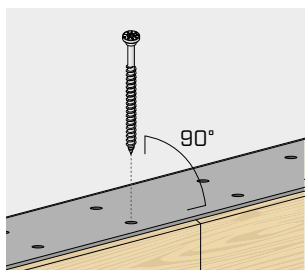
CONEXIÓN METAL-MADERA



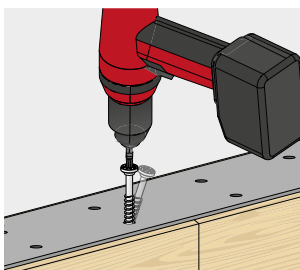
El tornillo no debe sufrir solicitaciones extremas y, por lo tanto, no debe entrar en contacto con la placa de forma violenta. Se producen estados de sobretensión que pueden provocar roturas también después de la instalación.



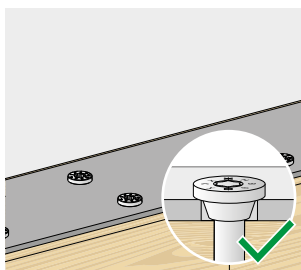
Con el atornillador de impacto/de percusión, no es fácil determinar con precisión en qué momento parar. El tornillo sufre solicitaciones de forma discontinua y, por esto, se desaconseja usar atornilladores de impacto/percusión.



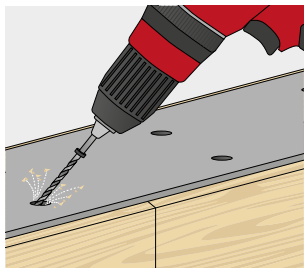
Respetar el ángulo de inserción.



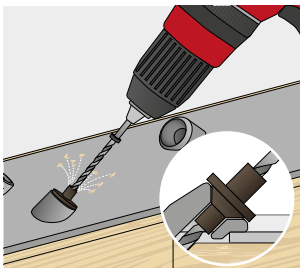
Evitar el plegado.



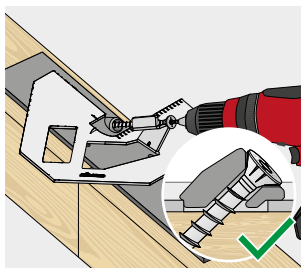
Asegurar el contacto completo entre toda la superficie de la cabeza del tornillo y el elemento metálico.



Se aconseja un agujero piloto para garantizar la dirección de instalación correcta.



Se aconseja utilizar la plantilla VGU JIG junto con la arandela VGU.



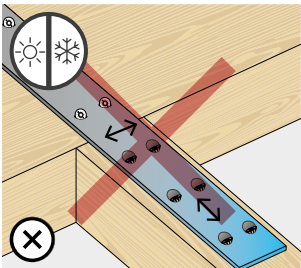
Se aconseja usar la plantilla de instalación JIG VGZ 45°.

CONEXIÓN METAL-MADERA

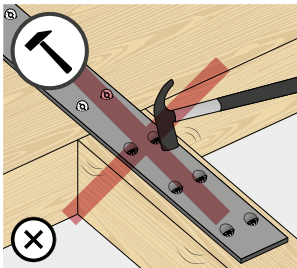


PRESCRIPCIONES DE INSTALACIÓN

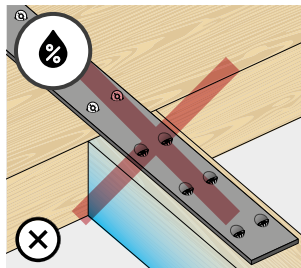
CONDICIONES DE USO



Evitar alteraciones dimensionales del metal relacionadas, por ejemplo, con fuertes variaciones de temperatura.

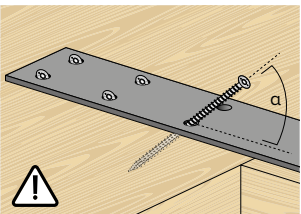


Evitar solicitaciones accidentales en la fase de instalación.

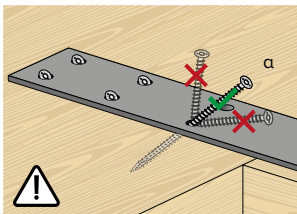


Evitar que se produzcan fenómenos de contracción o hinchazón en los elementos de madera debido a variaciones de humedad.

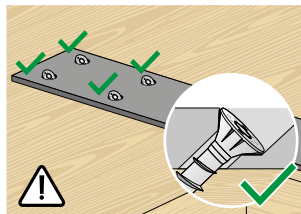
INSERCIÓN



Respetar el ángulo de inserción.



Evitar el plegado.



El montaje debe realizarse de manera que se garantice que las solicitaciones se distribuyan de manera uniforme en todos los tornillos instalados.

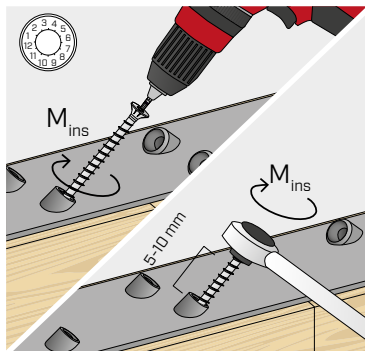
APRIETE

Se aconseja usar atornilladores estándares y asegurar el correcto apriete con una llave dinamométrica o bien usar atornilladores con control de par para evitar estados de tensiones puntuales y concentradas.

Pares de apriete aconsejados:

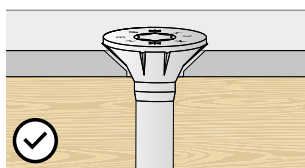
	VGS Ø9	VGS Ø11 L < 400 mm	VGS Ø11 L ≥ 400 mm	VGS Ø13
M_{ins} [Nm]	20	30	40	50

	HBSP Ø8	HBSP Ø10	HBSP Ø12
M_{ins} [Nm]	18	25	40

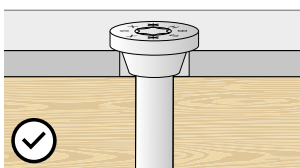


ACABADOS

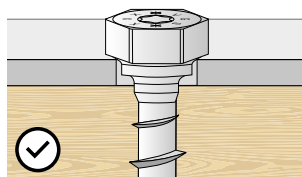
Garantizar el contacto completo entre toda la superficie de la cabeza del tornillo y el elemento metálico es una buena regla de construcción.



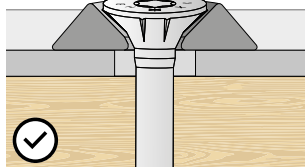
Agujero avellanado.



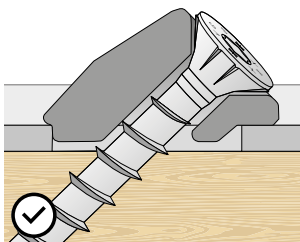
Agujero cilíndrico.



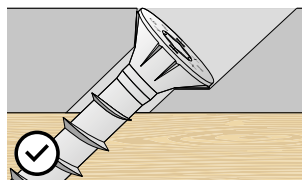
Agujero cilíndrico.



Arandela avellanada.



Arandela VGU inclinada

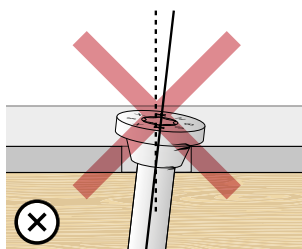
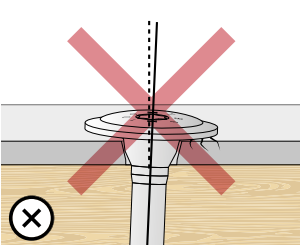


Agujero avellanado inclinado

DÓNDE HAY QUE PRESTAR ESPECIAL ATENCIÓN

La cabeza ancha representa un elemento crítico en la aplicación metal-madera y, por lo tanto, se aconseja su uso.

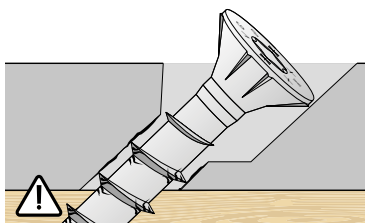
Una coplanaridad imperfecta entre el alojamiento metálico y la cabeza del tornillo puede desarrollar concentraciones de esfuerzo puntuales con los consiguientes fenómenos de rotura localizados.



AGUJEROS EN LA PLACA

El diámetro del agujero de la placa siempre debe ser mayor que el diámetro exterior del tornillo para evitar que la rosca se dañe durante la inserción y el conector no ejerza la resistencia supuesta.

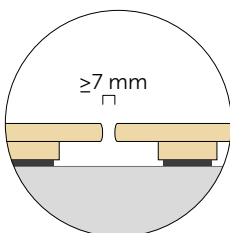
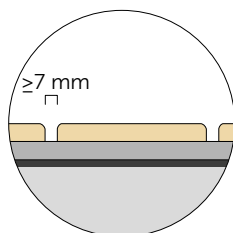
Asegurarse de que el tornillo no toque el elemento metálico durante la inserción.



PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS: DECKING

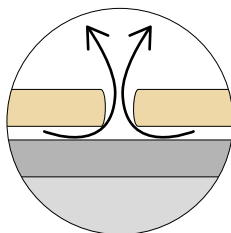
La atención al detalle garantiza la durabilidad, la estética y la estabilidad del revestimiento. Además ayuda a evitar problemas de pudrición, agrietamiento y deformación.

DISTANCIA ENTRE LAS TABLAS



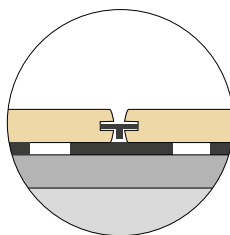
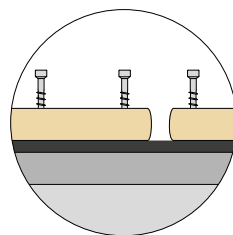
- permitir los movimientos de la madera
- evitar la acumulación de agua y pudrición en la cabeza de las tablas
- evitar la acumulación de suciedad

VENTILACIÓN BAJO RASTREL



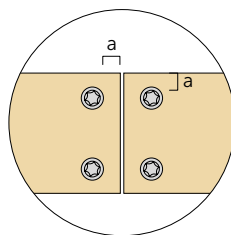
- evitar la acumulación de agua y de humedad
- permitir los movimientos de la madera
- evitar el contacto directo entre los elementos

ELECCIÓN DE LAS FIJACIONES



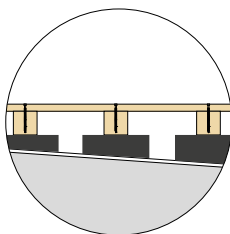
- garantizar la estética
- fijación a vista o bien oculta

POSICIONAMIENTO DE LAS FIJACIONES



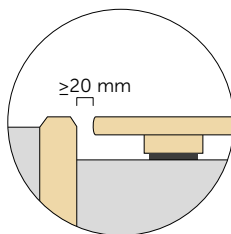
- evitar rajaduras en las tablas
- proporcionar un sellado estático

RESISTENCIA ESTÁTICA DEL REVESTIMIENTO



- garantizar seguridad y estabilidad
- proporcionar un oportuno intervalo entre los elementos de la subestructura (40-60 cm)
- verificar que exista una nivelación adecuada de la subestructura
- adoptar el mismo material para el revestimiento y la subestructura

DISTANCIA LATERAL



- permitir los movimientos de la madera
- evitar el estancamiento del agua
- evitar un aumento localizado de la humedad en la madera
- evitar la acumulación de suciedad

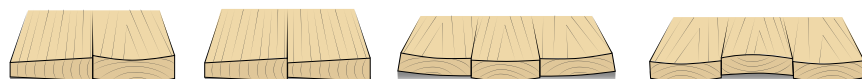
Seleccionar el tipo correcto de madera y la calidad del entablado sobre la base de los requisitos de proyecto evita contracciones o hinchazones o que haya deformaciones diferenciales entre los elementos y el alabeo. Estos factores pueden afectar al buen funcionamiento del sistema de fijación.

*Terrazas:
elegir el tornillo
adecuado y seguir las
instrucciones
de montaje*

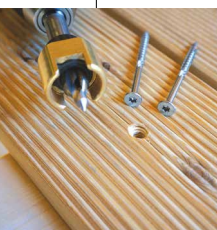
MOMENTO DE LA CONSTRUCCIÓN



3 AÑOS DESPUÉS



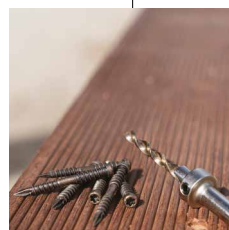
ROTHOBLAAS RECOMIENDA



DRILL STOP
SET DE BROCAS PARA TALA-
DRO Y AVELLANADOR CON
TOPE DE PROFUNDIDAD
GIRATORIO

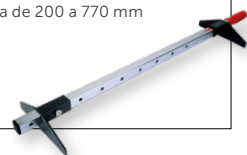


BROAD
BROCA CON AVELLANADOR
PARA KKT, KKZ, KKA



CRAB MAXI
SARGENTO PARA TECHOS

- Manija giratoria para regulaciones precisas
- Para colocar de una vez de 5 a 7 tablas
- Abertura de 200 a 770 mm



STAR
ESTRELLA PARA DISTANCIAS

- las 5 dimensiones más comunes en una única herramienta
- Creación de juntas uniformes
- Espesor de 4 a 8 mm



EXTERIORES. todo lo que necesitas para proyectar y construir exteriores. Descubre la guía para exteriores en nuestro sitio web o pide el catálogo a tu agente de confianza. www.rothoblaas.es



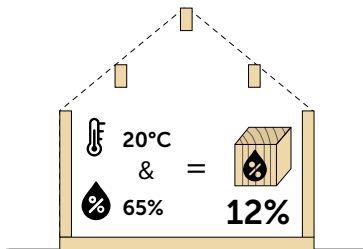
PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS: OBRAS

Obras: mejores prácticas para prevenir la humedad

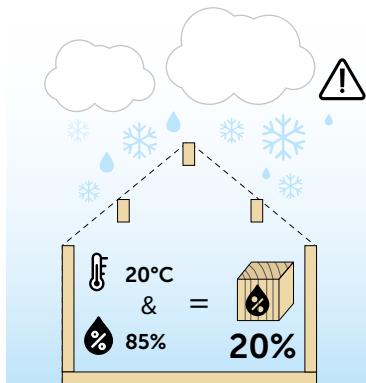
Durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, los elementos de madera deberían ser protegido para reducir al mínimo las variaciones de humedad residual.

FASE DE OBRA: construcción en curso

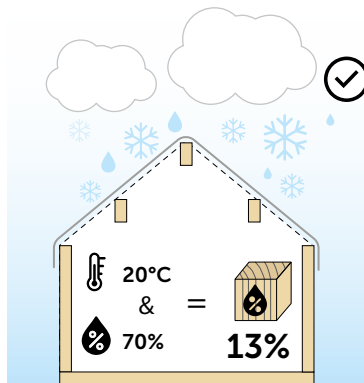
Durante la instalación, los elementos de madera presentan contenidos de humedad compatibles con los de la fábrica en la que se han producido.



FASE INTERMEDIA: la construcción está expuesta a la intemperie



sin los productos adecuados



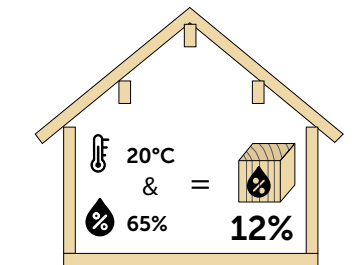
con los productos adecuados

Si no se protege correctamente, en caso de lluvia, el aumento de la humedad del aire provoca un aumento considerable de la humedad residual de los elementos de madera.

OBRA FINALIZADA: construcción terminada

Los elementos están en equilibrio con las condiciones ambientales finales.

Si se protege la estructura de la intemperie y se garantiza la protección, sobre todo de las uniones, durante la fase de construcción, no se perjudica la resistencia de la obra.



CAP TOP **LONA DE COBERTURA**



- ▶ Todos los tamaños están equipados con un gancho de elevación reforzada para facilitar la colocación.
- ▶ Gracias a los ojales metálicos de fijación cada metro, es posible fijar la lona a la cubierta.
- ▶ Su alto gramaje y el tipo de material utilizado garantizan una gran resistencia mecánica y durabilidad en el tiempo.
- ▶ Al fijar la lona al techo, es importante usar todos los ojales de manera que la carga del viento se distribuya entre la mayor cantidad posible de ojales.



TRASPIR ADHESIVE 260 **LÁMINA ALTAMENTE** **TRANSPIRABLE AUTOADHESIVA**



- ▶ **AUTOADHESIVO**
Gracias a la fórmula innovadora del adhesivo de nueva generación, la lámina asegura una buena adhesividad incluso sobre OSB áspero.
- ▶ **SELLADO SEGURO**
La superficie adhesiva evita la formación de flujos de aire detrás de la lámina en caso de roturas accidentales o de falta de sellado.
- ▶ **TRANSPIRABLE**
Gracias al adhesivo patentado, la lámina permanece perfectamente transpirable incluso si se adhiere completamente.



BYTUM SLATE 3500 **LÁMINA BITUMINOSA** **AUTOADHESIVA DE PIZARRA**



- ▶ **COLOCACIÓN FÁCIL**
El acabado de pizarra hace que BYTUM SLATE 3500 se pueda utilizar en pendientes de hasta 5° como bajo teja y sea compatible con mortero y espuma.
- ▶ **AMPLIA GAMA**
Disponible en 4 colores, para satisfacer diferentes campos de aplicación y necesidades estéticas.
- ▶ **FLEXIBILIDAD**
Flexibilidad y maleabilidad garantizadas incluso a bajas temperaturas gracias al compuesto bituminoso modificado con polímeros.



ATORNILLADORES

*¿Cuál es el
atornillador adecuado
para mis tornillos?*

El atornillador debe elegirse teniendo en cuenta el tipo y las dimensiones del tornillo, la aplicación y el tipo de material del soporte.

TORNILLOS PEQUEÑOS | Ø3,5-Ø10



- Uso universal para múltiples aplicaciones
- Ideal para su uso en las obras gracias al sistema de batería
- Función de percusión conmutable y regulación de la fuerza de torsión máxima para un trabajo preciso

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

ASB 18

ATORNILLADOR DE BATERÍA
CON 2 VELOCIDADES



TORNILLOS GRANDES | Ø8-Ø12



- Taladro atornillador potente para tornillos estructurales
- Con la primera velocidad, permite insertar conectores, incluso de longitud elevada
- Con la segunda velocidad (alta), permite taladrar tanto elementos de madera como de acero

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

B 13 B

TALADRO ATORNILLADOR CON
2 VELOCIDADES



CONECTORES | Ø11-Ø20



- Motor potente y robusto de 2000 W con rotación derecha/izquierda para una potencia de par muy elevada en 1.ª velocidad (> 250 Nm)
- Con el uso de adaptadores adecuados, permite insertar en la madera barras rosca-das o tornillos muy largos

ROTHOBLAAS RECOMIENDA

D 38 RLE

TALADRO ATORNILLADOR CON
4 VELOCIDADES



MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, todo lo que necesitas para trabajar mejor en las obras. Descúbrelas en nuestro sitio web o pide el catálogo a tu agente de confianza. www.rothoblaas.es



Rotho Blaas Srl no proporciona ninguna garantía sobre el cumplimiento legal ni sobre el proyecto de los datos y cálculos, pero proporciona herramientas para obtener un cálculo aproximado, como servicio técnico-comercial en el ámbito de la actividad de ventas.

Rotho Blaas Srl, que aplica una política de desarrollo continuo de los productos, se reserva el derecho de modificar sus características, especificaciones técnicas y cualquier otra documentación sin previo aviso.

Es deber del usuario o del proyectista responsable comprobar en cada uso que los datos sean conformes con la normativa vigente y con el proyecto. La responsabilidad final de elegir el producto adecuado para una aplicación específica recae en el usuario/proyectista.

Los valores derivados de "investigaciones experimentales" se basan en los resultados reales de las pruebas y solo son válidos para las condiciones de prueba indicadas.

Rotho Blaas Srl no ofrece ninguna garantía y en ningún caso podrá ser considerada responsable por daños, pérdidas y costes u otras consecuencias, bajo ningún concepto (garantía por vicios, garantía por mal funcionamiento, responsabilidad del producto o legal, etc.), relacionados con el uso o la imposibilidad de usar los productos para cualquier fin ni por el uso no conforme del producto;

Rotho Blaas Srl queda eximida de toda responsabilidad por posibles errores de impresión y/o escritura. En caso de diferencias de contenidos entre las versiones del catálogo en los distintos idiomas, el texto italiano es vinculante y prevalece con respecto a las traducciones.

Las ilustraciones se completan parcialmente con accesorios no incluidos. Las imágenes son meramente ilustrativas. Las cantidades de embalaje pueden variar.

El presente catálogo es de propiedad de Rotho Blaas Srl y no puede ser copiado, reproducido o publicado, ni tan siquiera parcialmente, sin su consentimiento previo por escrito. Toda violación será perseguida conforme a ley.

Las condiciones generales de compra de Rotho Blaas Srl se pueden consultar en el sitio web www.rothoblaas.es.

Todos los derechos están reservados.

Copyright © 2023 by Rotho Blaas Srl

Todos los renders © Rotho Blaas Srl

Rotho Blaas Srl

Via dell'Adige N.2/1 | 39040, Cortaccia (BZ) | Italia
Tel: +39 0471 81 84 00 | Fax: +39 0471 81 84 84
info@rothoblaas.com | www.rothoblaas.com

