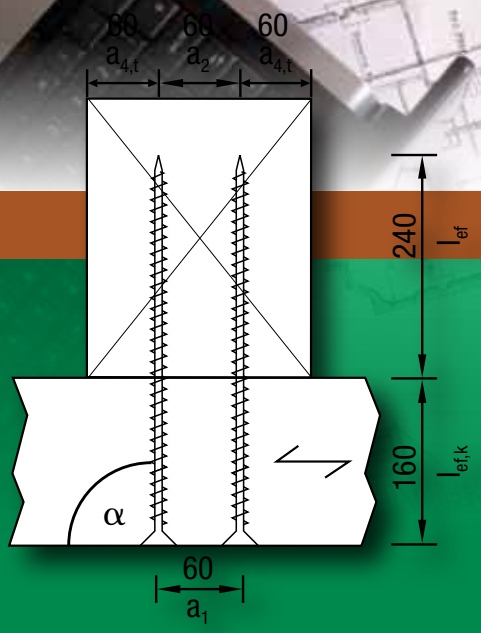
SPAX®
Die Schraube

EC5 + NA
Versión 09.2015

Construcción

Guía de diseño

Recomendaciones para el diseño y cálculo de uniones estructurales con tornillos SPAX.



Índice

1. Introducción 3

2. Definiciones y nomenclatura

Símbolos de las ecuaciones 4

Determinación de los grosores y longitudes de penetración t_1 y t_2 5

Determinación de las longitudes de rosca efectiva l_{ef} y $l_{ef,k}$ 5

3. Valor de cálculo de la resistencia

3.1 Valor de cálculo de la resistencia al cizallamiento 6

3.2 Valor de cálculo de la resistencia a la extracción 6

4. Factores de modificación

4.1 Factor de modificación de resistencia k_{mod} 7

Clase de servicio 7

Clase de tiempo de carga 8

Valores de los factores de modificación de Resistencia k_{mod} 9

4.2 Coeficientes parciales para los materiales γ_M 10

5. Valor de cálculo de la resistencia al cizallamiento

5.1 Resistencia al cizallamiento

Dimensionamiento de uniones SPAX según NFEN 1995-1-1, §8 11

Efecto de cuerda ΔR_k 13

Número eficaz de sujeciones 14

5.2 Resistencia axial y a la extracción

Valor característico de resistencia a la extracción de la rosca $F_{ax,\alpha,Rk}$ 15

Resistencia característica a la tracción $f_{tens,k}$ del acero SPAX 15

Resistencia característica al cruce de la cabeza 16

Número eficaz de sujeciones 17

6. Recomendaciones de aplicación

6.1 Características generales 18

6.2 Taladro previo 19

6.3 Grosor mínimo para evitar que se raje la madera 19

6.4 Espaciamiento y distancias mínimos 20

7. Tablas de dimensionamiento

Cizallamiento: madera-madera 25

Extracción 28

8. Descripción de la gama 30

1. Introducción

Esta guía trata el dimensionamiento y la colocación de uniones estructurales mediante tornillos SPAX según la norma UNE-EN 1995-1-1:2006-10 (Euro código 5 o EC5) y su Anexo Nacional UNE-EN 1995-1-1/2006/A1/2010-06, y de conformidad con la Autorización Técnica Europea (ATE) ATE-12/0114.

Sirve como ayuda al dimensionamiento previo y rápido de las uniones estructurales SPAX, aunque no exime de la realización de una nota de cálculo por un profesional y del estudio de estructura.

A falta de disposiciones específicas en la Autorización Técnica Europea (ATE), el EC5 y sus Anexos Nacionales son aplicables a la concepción, al dimensionamiento y a la realización de las uniones. También se deberán cumplir las normas nacionales.

Sólo se tendrán en cuenta los requisitos de capacidad de carga y los criterios de servicio de las uniones.

Además del EC5, en las secciones correspondientes se presentan recomendaciones específicas que forman requisitos mínimos. Si resulta necesario se deberán extender a los casos de uniones particulares.

Los elementos de madera maciza, madera laminada encolada, LVL, compuestos de madera y plástico (según su ATE o autorización nacional) o piezas metálicas se podrán unir a otros elementos de madera maciza, madera laminada encolada, LVL o compuestos de madera y plástico (según su ATE o autorización nacional).

Las uniones a los elementos en panel de partículas, de fibras, OS8 o contrachapado se podrán dimensionar de acuerdo con las recomendaciones de la ATE o de la autorización nacional del panel del que se trate, siempre que se contemple o permita la sujeción mediante tornillos según la ATE.

Esta guía ha sido redactada de buena fe e incluyendo todos los conocimientos con los que contamos. No nos hacemos responsables de cualquier fallo o error patente.

Les agradecemos que envíen cualquier propuesta de corrección, pregunta o sugerencia a technik@spax.com.

2. Definiciones y nomenclatura

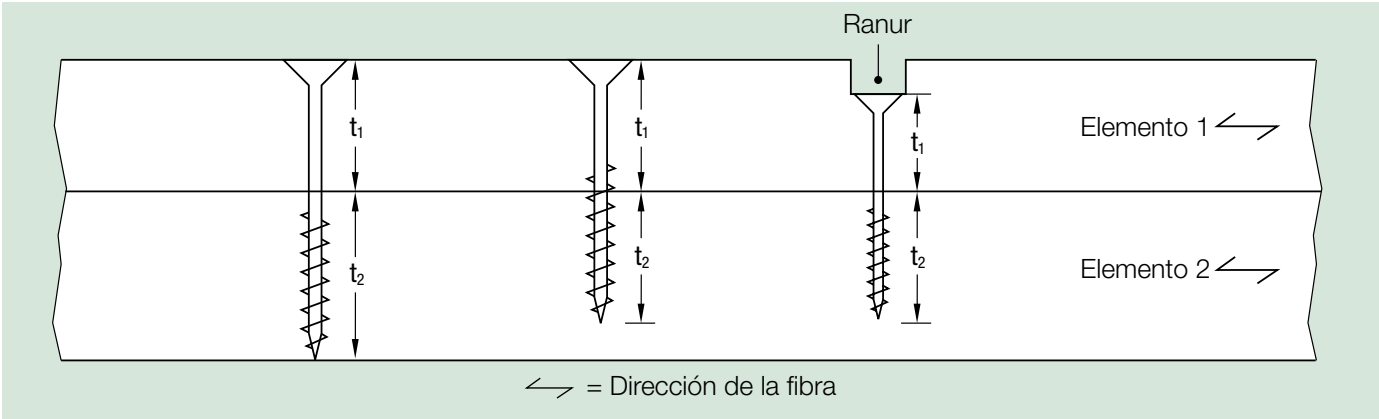
Símbolos de las ecuaciones

$F_{v,Ed}$	Valor de cálculo del esfuerzo de cizallamiento que actúa sobre la sujeción	[N]	
$F_{v,Ek,}$	Valor característico del esfuerzo de cizallamiento que actúa sobre la sujeción	[N]	
$F_{ax,\alpha,Ed}$	Valor de cálculo del esfuerzo axial que actúa sobre la sujeción	[N]	
$F_{ax,\alpha,Ek}$	Valor característico del esfuerzo axial que actúa sobre la sujeción	[N]	
$M_{y,k}$	Valor característico del momento de derramamiento plástico de la sujeción	[Nm]	ATE
$F_{v,Rd}$	Valor de cálculo de la resistencia al cizallamiento de la sujeción, por plano de cizallamiento y por sujeción	[N]	
$F_{v,Rk}$	Valor característico de la resistencia al cizallamiento de la sujeción, por plano de cizallamiento y por sujeción	[N]	EC5 ; §8.2.2 (1)
ΔR_k	Valor característico de la resistencia al cizallamiento adicional debida al efecto de cuerda	[N]	EC5 ; §8.2.2 (2)
$F_{ax,\alpha,Rd}$	Valor de cálculo de la resistencia axial a la extracción de la sujeción	[N]	
$F_{ax,\alpha,Rk}$	Valor característico de la resistencia axial y a la extracción de la sujeción	[N]	ATE
$f_{tens,d}$	Valor de cálculo de la resistencia a la tracción del acero	[N]	
$f_{tens,k}$	Valor característico de la resistencia a la tracción del acero	[N]	ATE
d_1	Diámetro exterior de la rosca	[mm]	ATE anexos
d_h	Diámetro de la cabeza	[mm]	ATE anexos
$f_{ax,k}$	Valor característico del parámetro de extracción	[N/mm²]	ATE
$f_{head,k}$	Valor característico del parámetro de cruce de la cabeza	[N/mm²]	ATE
$f_{h,k}$	Valor característico de la carga local	[N/mm²]	ATE
k_{mod}	Factor de modificación de la resistencia (consideración de la clase de servicio y de la clase de tiempo de carga)		
l_{ef}	Longitud de rosca eficaz en el elemento 2 hacia la punta	[mm]	
$l_{ef,k}$	Longitud de rosca eficaz en el elemento 1 hacia la cabeza	[mm]	
l_g	Longitud de rosca del tornillo	[mm]	ATE anexos
n_{ef}	Número eficaz de sujeciones	[ ]	EC5 ; §8.7, ATE
t	Grosor (p.ej. de un elemento)	[mm]	
t_1	Grosor o longitud de penetración en el elemento 1 hacia el cabeza	[mm]	
t_2	Grosor o longitud de penetración en el elemento 2 hacia la punta	[mm]	
t_{req}	Grosor o longitud de penetración requerida	[mm]	
u_{gl}	Humedad de equilibrio de la madera	[%]	
α	Ángulo entre el eje del tornillo y la fibra de la madera	[°]	ATE
α'	Ángulo entre la dirección del esfuerzo resultante y la fibra de la madera	[°]	
β	Relación de las cargas locales $f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$	[ ]	EC5 ; §8.2.2
γ_M	Coeficiente parcial sobre los materiales (esfuerzo estático o cuasi-estático)		
ρ_k	Valor característico de la densidad de la madera o material a base de madera	[kg/m³]	

2. Definiciones y nomenclatura

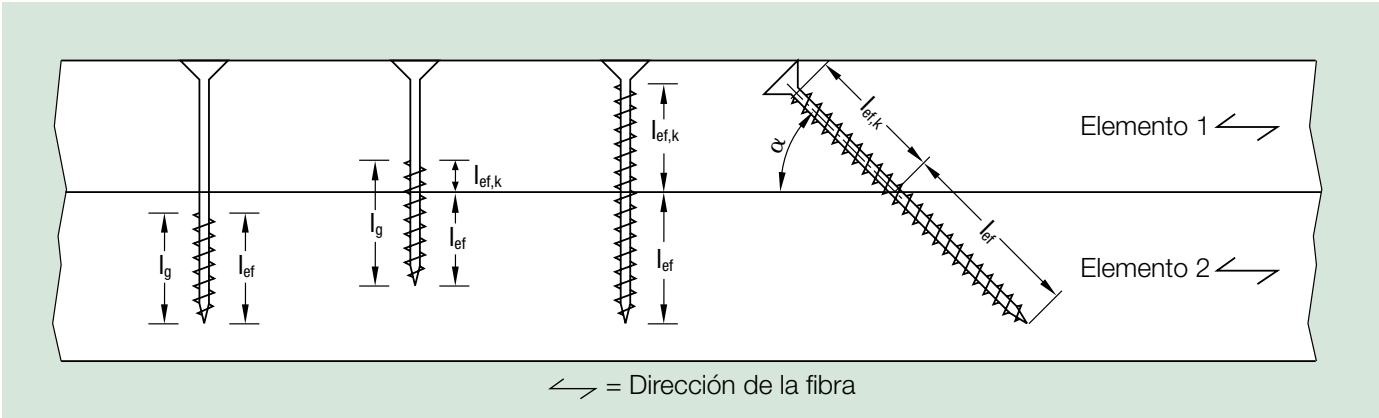
Dimensionamiento bajo esfuerzo perpendicular al eje del tornillo - Cizallamiento

Figura 2.1 Determinación de los grosores o longitudes de penetración t_1 y t_2



Dimensionamiento bajo esfuerzo paralelo al eje del tornillo - Extracción

Figura 2.2 Determinación de las longitudes de rosca eficaces l_{ef} y $l_{ef,k}$



3. Valor de cálculo de la resistencia

3.1 Valor de cálculo de la resistencia al cizallamiento

Valor de cálculo de la resistencia perpendicular al eje del tornillo

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M}$$ [N] $\gamma_M = 1{,}3$

Para la determinación del valor característico de la resistencia, véase §5.1

3.2 Valor de cálculo de la resistencia a la extracción

Valor de cálculo de la resistencia paralela al eje del tornillo

La resistencia a la extracción se determina comparando los valores de cálculo correspondientes a los tres modos de rotura posibles de los tornillos SPAX.
Se conserva el valor más bajo.

$$R_{ax,d} = \text{mín} \begin{cases} \text{Valor de cálculo } R_{ax,d} \text{ del modo de rotura a la extracción de la rosca} \\ \text{Valor de cálculo } R_{t,u,d} \text{ del modo de rotura a la extracción del acero} \\ \text{Valor de cálculo } R_{ax,d} \text{ del modo de rotura por cruce de la cabeza} \end{cases}$$

Valor de cálculo –Extracción de la rosca:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M}$$ [N] $\gamma_M = 1{,}3$ EC5 ; §2.4.3

Valor de cálculo – Tracción del acero:

$$R_{t,u,d} = \frac{R_{t,u,k}}{\gamma_M}$$ [N] $\gamma_M = 1{,}3$

Valor de cálculo – Cruce de la cabeza:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{ax,k}}{\gamma_M}$$ [N] $\gamma_M = 1{,}3$

4. Factor de modificación k_{mod}

4.1 Factor de modificación de resistencia k_{mod}

El factor de modificación de resistencia k_{mod} tiene en cuenta la influencia de la clase de servicio y la clase de tiempo de carga en las propiedades mecánicas de la madera o material a base de madera.

EC5 ; Tab. 3.1

La determinación del factor de modificación de resistencia k_{mod} se realiza en 3 etapas:

1. Determinación de la clase de servicio
2. Determinación de la clase de tiempo de carga según la combinación de acciones más desfavorable
3. Determinación del valor del factor de modificación de resistencia k_{mod} en función de la Clase de Servicio y de la clase de tiempo de carga determinados previamente.

Clase de servicio

Debido a las propiedades físicas de los materiales a base de madera, las estructuras de madera se deberán asignar a una clase de servicio, que caracteriza las condiciones climáticas de la estructura en servicio.

EC5 ; §2.3.1.3

Clase de servicio 1: se caracteriza por una humedad de materiales correspondiente a una temperatura de 20°C y una humedad relativa ambiente que sólo pasa del 65% durante unas semanas al año, p.ej. un obra situada en un volumen interior caldeado.

Clase de servicio 2: se caracteriza por una humedad de materiales correspondiente a una temperatura de 20°C y una humedad relativa ambiente que sólo pasa del 85% durante unas semanas al año, p.ej. un obra exterior cubierta y protegida de las inclemencias meteorológicas.

Clase de servicio 3: cubre las condiciones climáticas que conducen a una humedad de los materiales superior a la de la Clase de Servicio 2, p.ej. para obras sometidas directamente a las inclemencias meteorológicas.

Tabla 4.1 Síntesis de la asignación de las clases de servicio

	A	B	C	D
1	**Cl.S.**	Clima ambiental[a]	Situación de aplicación	Humedad media u_{gl}
2	**1**	20 °C / Humedad Rel. ≤ 65 %	Volumen interior caldeado	5 % – 15 %[b]
3	**2**	20 °C / Humedad Rel. ≤ 85 %	Exterior cubierto, protegido de las inclemencias meteorológicas	10 % – 20 %[c]
4	**3**	Humedades superiores al Cl.S. 2	Expuesto a las inclemencias meteorológicas	12 % – 24 %

Observación:
Algunas configuraciones de obras en exterior cubierto necesitan además ser asignadas a la clase de servicio 3.

Hay elementos situados en exteriores que se pueden asignar a la clase de servicio 2 mediante una protección adaptada contra las inclemencias.

[a] Las condiciones de clima ambiental se pueden superar durante unas semanas al año.
[b] En la clase de servicio 1 el contenido de humedad medio en la mayoria de las coniferas no excede el 12%.
[c] En la clase de servicio 2 el contenido de humedad medio en la mayoria de las coniferas no excede el 20%.

4. Factor de modificación k_{mod} y coeficientes parciales γ_M

4.1 Factor de modificación de resistencia k_{mod}

Clase de tiempo de carga

Tabla 4.2 Asignación de las acciones a las clases de tiempo de carga según UNE-EN 1995-1-1:2006

EC5 ; Tab. 2.2

	A	B
1	**Clase de duración de la carga**	**Ejemplos de carga**
2	**Permanente**	peso propio
3	**Larga**	almacenamiento
4	**Media**	sobrecarga de uso, nieve
5	**Corta**	nieve, viento
6	**Instantánea**	viento, acciones accidentales

Las acciones inducidas por un asentamiento diferencial se asignan a la clase de duración Permanente.

Se puede prescindir de la influencia de los cambios de temperatura para los materiales a base de madera.

En el caso de una combinación de acciones asignadas a clases de tiempo de carga diferentes, se puede utilizar el factor de modificación de k_{mod} correspondiente a la clase de tiempo más corta.

EC5 ; §3.1.3 (2)

4. Factor de modificación k_{mod} y coeficientes parciales γ_M

4.1 Factor de modificación de resistencia k_{mod}

Tabla 4.3 Valores de los factores de modificación de resistencia k_{mod}

EC5 ; Tab. 3.1

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Material**	**Norma**	**Clase de servicio**	**Clase de tiempo de carga**				
				Acción permanente	**Acción de larga duración**	**Acción de media duración**	**Acción de corta duración**	**Acción instantánea**
2	Madera maciza	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
3			2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
4			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
5	Madera laminada encolada	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
6			2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
7			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
8	Madera microla-minada, LVL	EN 14374, EN14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
9			2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
10			3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
11	Tablero contrachapado	EN 636						
12		Parte 1, Parte 2, Parte 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
13		Parte 2, Parte 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
14		Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
15	Tablero de virutas orientadas, OSB	EN 300						
16		OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
17		OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
18		OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
19	Tablero de partículas	EN 312						
20		Parte 4, Parte 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
21		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
22		Parte 6, Parte 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
23		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
24	Tablero de fibras, duro	EN 622-2						
25		HB.LA, HB.HLA1 ó 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
26		HB.HLA1 ó 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
27	Tablero de fibras, medio	EN 622-3						
28		MBH.LA1 ó 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MBH.HLS1 ó 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
29		MBH.HLS1 ó 2	2	–	–	–	0,45	0,80
30	Tablero de fibras, de densidad media, MDF	EN 622-5						
31		MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
32		MDF.HLS	2	–	–	–	0,45	0,80

En caso de valores diferentes de los factores de modificación de resistencia de los dos elementos unidos ($k_{mod,1}$ y $k_{mod,2}$), se puede utilizar el factor único determinado de la siguiente manera:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$$

EC5 ; §2.3.2.1(2) Equ. (2.6)

[a] Únicamente clase de servicio 1

4. Factor de modificación k_{mod} y coeficientes parciales γ_M

4.2 Coeficientes parciales para los materiales γ_M

Tabla 4.5 Coeficientes parciales para los materiales γ_M bajo esfuerzo estático o cuasi-estático

EC5 ; §2.4.1(1) Tab. 2.3

	A	B
1	**Material**	γ_M
	Combinaciones fundamentales:	
2	Madera maciza	1,3
3	Madera laminada encolada	1,25
4	LVL, tablero contrachapado, OSB	1,2
5	Tablero de partículas	1,3
6	Tablero de fibras, duro	1,3
7	Tablero de fibras, medio	1,3
8	Tablero de fibras, MDF	1,3
9	Tablero de fibras, blando	1,3
10	Uniones	1,3
11	Herrajes de placas dentadas	1,25
12	Combinaciones accidentales	1,0

Para el dimensionamiento de elementos metálicos, véanse los coeficientes parciales de los materiales recomendados en la NF EN 1993-1-1.

Para las combinaciones de acciones accidentales se utiliza el coeficiente parcial γ_M.

5.1 Resistencia al cizallamiento

5.1.1 Dimensionamiento de uniones SPAX según NF EN 1995-1-1, §8

El dimensionamiento de las uniones en el Euro código 5 tienen en cuenta los distintos modos de rotura según la capacidad de carga local de los elementos a base de madera y el momento de derramamiento plástico del órgano de sujeción.

EC5; 8.2.2 (1)

La determinación del valor característico de resistencia al cizallamiento de una unión SPAX en el Euro código 5 se hace comparando 6 modos de rotura:

$$F_{v,Rk} = \text{mín} \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d_1 & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_2 d_1 & \text{(b)} \\ \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d_1}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \dfrac{t_2}{t_1} + \left(\dfrac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\dfrac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \dfrac{t_2}{t_1} \right) \right] + \dfrac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} & \text{(c)} \\ 1{,}05 \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d_1}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \dfrac{4\beta(2+\beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d_1 t_1^2}} - \beta \right] + \dfrac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 1{,}05 \dfrac{f_{h,1,k} t_2 d_1}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \dfrac{4\beta(1+2\beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d_1 t_2^2}} - \beta \right] + \dfrac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ 1{,}15 \sqrt{\dfrac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d_1} + \dfrac{F_{ax,\alpha,Rk}}{4} & \text{(f)} \end{cases}$$

$F_{v,Rk}$ = valor característico de la carga local en cizallamiento + efecto soga

Siendo

$M_{y,Rk}$ = valor característico del momento de derramamiento plástico del tornillo SPAX según su ATE

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = valor característico de resistencia a la extracción del tornillo

β = $f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$

siendo

$f_{h,1,k}$ = valor característico de carga local del elemento de madera 1 hacia la cabeza

$f_{h,2,k}$ = valor característico de carga local del elemento de madera 2 hacia la punta

t_1 / t_2 = longitud de penetración en el elemento 1 / el elemento 2

5.1 Resistencia al cizallamiento

5.1.1 Dimensionamiento de uniones SPAX según NF EN 1995-1-1, §8

ATE

La carga local de tornillos en orificios no perforados dispuestos en un ángulo entre el eje del tornillo y el sentido de la fibra, $0° \leq \alpha \leq 90°$, es:

$$f_{h,k} = \frac{0{,}082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}}{2{,}5 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \qquad [\text{MPa}]$$

para tornillos en orificios perforados:

$$f_{h,k} = \frac{0{,}082 \cdot \rho_k \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot d)}{2{,}5 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \qquad [\text{MPa}]$$

Para varillas roscadas en orificios perforados:

$$f_{h,k} = \frac{0{,}082 \cdot \rho_k \cdot (1\text{-}0{,}01 \cdot d)}{\left(2{,}5 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha\right) \cdot \left(k_{90} \cdot \sin^2 \varepsilon + \cos^2 \varepsilon\right)} \qquad [\text{MPa}]$$

siendo

ρ_k densidad característica de la madera [kg/m³];
d diámetro de la fibra exterior [mm];
α ángulo entre el eje del tornillo y el sentido de la fibra;
ε ángulo entre la fuerza y el sentido de la fibra;
k_{90} según la ecuación (8.33) en EN 1995-1-1.

La carga local para tornillos dispuestos en paralelo al plano de la madera laminada cruzada, independiente del ángulo entre el eje del tornillo y el sentido de la fibra, $0° \leq \alpha \leq 90°$, se deberá calcular a partir de:

$$f_{h,k} = 20 \cdot d^{-0,5} \qquad [\text{N/mm}^2]$$

Salvo indicación contrario en la especificación técnica (ATE o hEN) para la madera laminada cruzada.

siendo

d diámetro de la rosca exterior [mm]
(d_1 en los croquis del anexo)

La carga local de tornillos o de varillas en la superficie del plano de la madera laminada cruzada deberá ser igual a la de la madera maciza, sobre la base de la densidad característica de la capa exterior. Si ese parámetro es pertinente, se deberá tener en cuenta el ángulo entre la fuerza y el sentido de la fibra de la capa exterior.

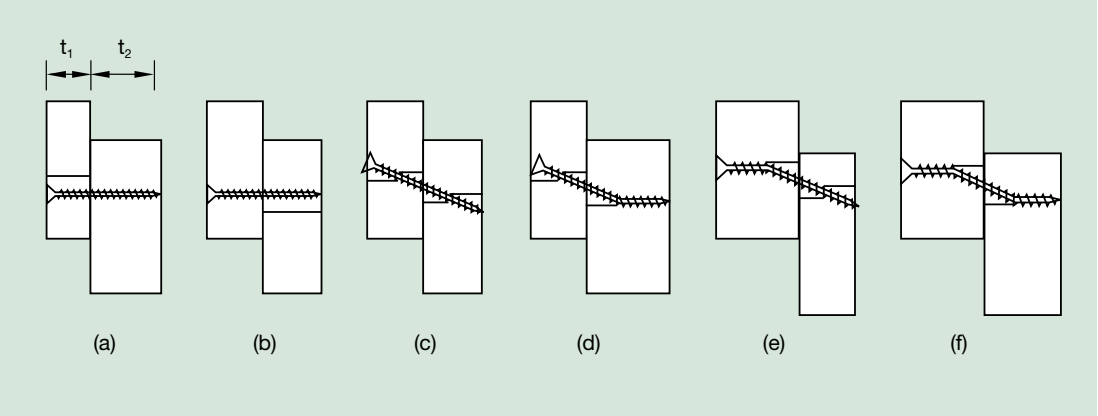
El sentido de la fuerza de cizallamiento deberá ser perpendicular al eje del tornillo y paralelo a la superficie del plano de madera laminada cruzada.

Para ángulos $45° \leq \alpha < 90°$ entre la fuerza y el sentido de la fibra de la capa exterior, el valor característico de resistencia puede ser igual a 2/3 del valor correspondiente para $\alpha = 90°$, si sólo se tiene en cuenta la longitud de penetración perpendicular a la superficie ancha.

5.1 Resistencia al cizallamiento

5.1.1 Dimensionamiento de uniones SPAX según NF EN 1995-1-1, §8

Figura 5. 1 Modos de ruptura



(a) carga local del elemento 1, (b) carga local del elemento 2, (c) carga local de los elementos 1 y 2, (d) carga local y rótula plástica en el elemento 2, (e) carga local y rótula plástica en el elemento 1, (f) distintas rótulas plásticas en el órgano de unión

Los modos de ruptura se correlacionan con el grosor de los elementos de madera que influye en la carga local. La capacidad de carga máxima de una unión en cizallamiento simple se obtiene cuando predomina el modo de ruptura (f) con rótulas plásticas del tornillo SPAX. Para ello se necesita un grosor mínimo de los elementos de madera (esto es, una carga local mínima).

La utilización de este grosor mínimo tiene la ventaja de determinar la capacidad de carga en cizallamiento a partir de una sola ecuación en lugar de seis. Al estar los grosores mínimos basados el momento del derramamiento plástico de los tornillos SPAX, es evidente que los valores indicados sólo son válidos para los tornillos SPAX.

Las siguientes tablas muestran que por lo general se alcanzan los valores de grosores mínimos que hacen que predomine el modo de ruptura por rótulas plásticas múltiples dado el dimensionamiento de los elementos de madera.

5.1.2 Contribución del efecto de cuerda ΔR_k

ΔR_k = mín. $\{F_{v,Rk}$; $0{,}25 \cdot F_{ax,\alpha,Rk}\}$

Para los tornillos SPAX, se puede tener en cuenta la contribución del efecto de cuerda hasta el 100% del valor característico de la resistencia en cizallamiento (siempre que la resistencia característica a la extracción sea 4 veces mayor que la resistencia característica en cizallamiento).

Por consiguiente, el valor característico de la resistencia en cizallamiento se puede aumentar hasta en un 100% debido al efecto de cuerda.

5.1 Resistencia al cizallamiento

5.1.3 Número eficaz de sujeciones

Cuando un número n de tornillos SPAX están alineados en una fila paralela a la fibra, el número eficaz de sujeciones a tener en cuenta se reduce al valor $n_{ef} = n^{kef}$. Esa reducción se puede ignorar ($n_{ef} = n$) cuando los tornillos SPAX se desplazan un diámetro a ambos lados del ángulo de la fila.

EC5 ; 8.3.1.1 (8)

Figura 5.2 Número eficaz de sujeciones n_{ef}

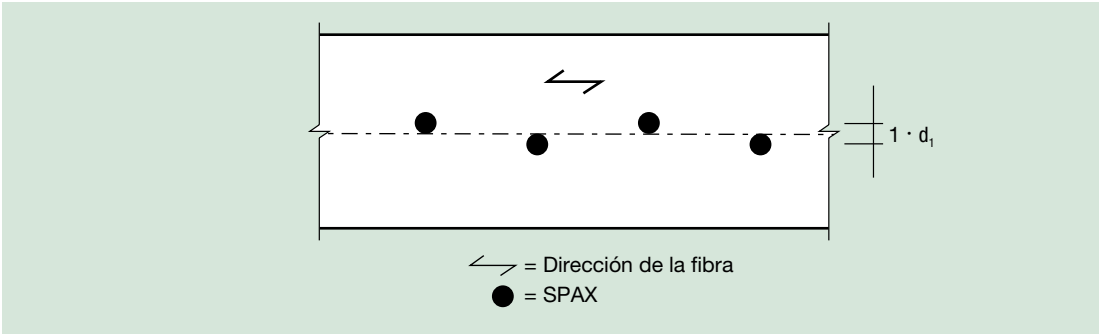


Tabla 5.1 Número eficaz de sujeciones n_{ef} en función de su espaciamiento a_1 y de las condiciones de perforación (perforado o no)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SPAX®	número eficaz n_{ef}		número eficaz n_{ef}		número eficaz n_{ef}		número eficaz n_{ef}	
2		$k_{ef} = 0,5$		$k_{ef} = 0,7$		$k_{ef} = 0,85$		$k_{ef} = 1,0$	
3		$a_1 = 4 \cdot d_1$		$a_1 = 7 \cdot d_1$		$a_1 = 10 \cdot d_1$		$a_1 = 14 \cdot d_1$	
4		perforación		perforación, sin perforación		perforación, sin perforación		perforación, sin perforación	
5	n	$\alpha' = 0°$	$\alpha' = 90°$	$\alpha' = 0°$	$\alpha' = 90°$	$\alpha' = 0°$	$\alpha' = 90°$	$\alpha' = 0°$	$\alpha' = 90°$
6	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7	2	1,4	2,0	1,6	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0
8	3	1,7	3,0	2,2	3,0	2,5	3,0	3,0	3,0
9	4	2,0	4,0	2,6	4,0	3,2	4,0	4,0	4,0
10	5	2,2	5,0	3,1	5,0	3,9	5,0	5,0	5,0
11	6	2,4	6,0	3,5	6,0	4,6	6,0	6,0	6,0
12	7	2,6	7,0	3,9	7,0	5,2	7,0	7,0	7,0
13	8	2,8	8,0	4,3	8,0	5,9	8,0	8,0	8,0
14	9	3,0	9,0	4,7	9,0	6,5	9,0	9,0	9,0
15	10	3,2	10,0	5,0	10,0	7,1	10,0	10,0	10,0

EC5 ; Eq. (8.17)

5.2 Resistencia axial a la extracción

La determinación de la resistencia a la extracción de una unión SPAX se hace comparando 3 modos de ruptura:

mín.
- **1** ruptura al extraer la varilla del elemento 2, hacia la punta
- **2** ruptura en tracción $f_{tens,k}$ del acero SPAX -> tabla 7.14
- **3** ruptura por cruce de la cabeza en el elemento 1, hacia la cabeza, que es el máximo de los siguientes modos: -> tabla 7.15
  - máx.
    - cruce de la cabeza -> tabla 7.16
    - ruptura al extraer la varilla del elemento 1, hacia la cabeza -> tabla 7.14

La resistencia a la extracción de la unión es el mínimo del valor de cálculo de estos tres modos de ruptura.

5.2.1 Valor característico de resistencia a la extracción de la rosca $F_{ax,\alpha,Rk}$

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d_1 \cdot l_{ef}}{1{,}2 \cdot \cos^2\alpha + \sin^2\alpha} \cdot \left(\frac{\rho_k}{350}\right)^{0,8}$$ ATE

siendo

$F_{ax,\alpha,Rk}$ resistencia característica a la extracción del tornillo a un ángulo α con la fibra [N]

n_{ef} $n_{ef} = n^{0,9}$ v $n_{ef} = \text{máx}\{n^{0,9}\ ;\ n \cdot 0{,}9\}$ EC5 v ATE

$f_{ax,k}$ valor característico del parámetro de extracción ATE
- 2,5 mm ≤ d ≤ 5,0 mm: $f_{ax,k} = 14{,}0$ N/mm²
- 6,0 mm < d < 8,0 mm: $f_{ax,k} = 12{,}0$ N/mm²
- d = 10,0 mm: $f_{ax,k} = 11{,}5$ N/mm²
- d = 12,0 mm: $f_{ax,k} = 11{,}0$ N/mm²
- d = 16,0 mm: $f_{ax,k} = 10{,}0$ N/mm²

d_1 Diámetro exterior de la rosca [mm] (d_1 en las figuras en anexo)

l_{ef} Longitud de penetración de la parte roscada según NF EN 1995-1-1 [mm]

α Ángulo entre la fibra y el eje del tornillo ($\alpha > 15°$)

ρ_k Densidad característica [kg/m³]

5.2.2 Resistencia característica a la tracción $f_{tens,k}$ del acero SPAX

El valor característico de la resistencia à la tracción $f_{tens,k}$ se define en la ATE de tornillos SPAX.

Véase Tabla 7.15

5.2 Resistencia axial a la extracción

5.2.3 Resistencia característica al cruce de la cabeza

ATE

Máximo entre

$$\begin{cases} n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^{\,2} \cdot \left(\dfrac{\rho_k}{350}\right)^{0,8} \\[2ex] \dfrac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d_1 \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2\alpha + \sin^2\alpha} \cdot \left(\dfrac{\rho_k}{350}\right)^{0,8} \end{cases}$$

$f_{head,k}$ Valor característico del parámetro de cruce de la cabeza [N/mm²]

Tabla 5.2 Valores de $f_{head,k}$ para uniones de madera

	A	B
1	Cabeza embutida	
2	d_h	$f_{head,k}$
3	≤ 16 mm	27,0 - d_h
4	16 < d_h ≤ 32 mm	11,0 - 0,2 · (d_h - 16)
5	Cabeza disco, cabeza redondo, cabeza embutida con arandela	
6	d_h	$f_{head,k}$
7	≤ 16 mm	29 - d_h
8	16 mm < d_h ≤ 22 mm	13,0
9	22 mm < d_h ≤ 32 mm	16,0 - 0,5 · (d_h - 16)

d_h Diámetro exterior de la cabeza de tornillo o de las arandelas [mm].
Se utilizará un diámetro nominal de 32 mm cuando d_h > 32 mm
(d_k en las figuras del anexo de la ATE).

ρ_k Densidad característica [kg/m³], para los paneles a base de madera utilice ρ_k = 380 kg/m³

5.2 Resistencia axial a la extracción

5.2.4 Número eficaz de sujeciones

Se deberá utilizar el número eficaz de tornillos n_{ef} para tener en cuenta los efectos de grupo de órganos de sujeción EC5 ; §8.7.2 (8)

$n_{ef} = n^{0,9}$

Para tornillos con esfuerzo axial, donde la fuerza externa es paralela al eje de los tornillos, se deberán aplicar las reglas de la norma EN 1995 – 1 - 1,8.7.2 (8). ATE

En el caso de tornillos inclinados en uniones en cizallamiento madera-madera o metal-madera, en el que los tornillos están dispuestos según un ángulo $30° \leq \alpha \leq 60°$ entre el plano de cizallamiento y el eje de los tornillos, el número de tornillos efectivo n_{ef} se determinará de la siguiente manera:

Para una fila de n tornillos paralelos a la carga, la resistencia se deberá calcular mediante un número efectivo de sujeciones n_{ef}, siendo

$n_{ef} = \text{máx}\{n^{0,9} ; 0,9 \cdot n\}$

y n es el número de tornillos inclinados en una fila. Si se utilizan pares cruzados de tornillos en uniones madera-madera, n es el número de pares cruzados de tornillos en una fila.

Observación: en el caso de tornillos utilizados como refuerzo de compresión o de tornillos inclinados utilizados como sujeciones en vigas o postes unidos mecánicamente o para fijar material de aislamiento térmico, $n_{ef} = n$.

Tabla 5.3 Número eficaz de sujeciones $n_{ef} = n^{0,9}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	n	n_{ef}	n	n_{ef}	n	n_{ef}	n	n_{ef}	n	n_{ef}	n	n_{ef}
2	1	1,0	6	5,0	11	8,7	16	12,1	21	15,5	26	18,8
3	2	1,9	7	5,8	12	9,4	17	12,8	22	16,2	27	19,4
4	3	2,7	8	6,5	13	10,1	18	13,5	23	16,8	28	20,1
5	4	3,5	9	7,2	14	10,8	19	14,2	24	17,5	29	20,7
6	5	4,3	10	7,9	15	11,4	20	14,8	25	18,1	30	21,4

6. Recomendaciones de aplicación

La ATE de tornillos SPAX contiene las disposiciones relativas a la aplicación de las uniones de madera estructurales. Al igual que para el dimensionamiento, la EC5 y su anexo nacional se aplican también para la aplicación, salvo recomendación restrictiva indicada en la ATE.

En el caso de elementos a base de madera que dependan de una autorización nacional o europea, también se acatarán las recomendaciones de aplicaciones contenidas en ella.

Las recomendaciones de aplicación buscan evitar la rajadura prematura de la unión con respecto al elemento de madera considerado, incluso antes de alcanzar la capacidad de carga determinada para la configuración dimensionada.

De acuerdo con esto, no hay que confundir el grosor mínimo t_{min} que se define a continuación con el grosor mínimo exigido t_{req}.
El grosor mínimo exigido t_{req} es un requisito previo para simplificar la comprobación del cizallamiento de los tornillos, asegurando que el modo de rotura preponderante será el de las rótulas plásticas múltiples en el tornillo.

6.1 Características generales

Las longitudes de penetración $l_{ef} < 4 \cdot d_1$ no se deberán tener en cuenta ni en cizallamiento ni en extracción.	ATE
La rosca del tornillo puede estar parcialmente presente en el elemento fijado.	ATE
Los tornillos de cabeza embutida se pueden utilizar con arandelas.	ATE
En caso de refuerzo mediante tornillos SPAX de rosca total de un elemento solicitado en compresión perpendicular con un ángulo de $45° \leq \alpha \leq 90°$ con la fibra, habrá que comprobar el reparto uniforme del esfuerzo de compresión en cada tornillo de refuerzo, así como la capacidad del material de refuerzo para soportar el esfuerzo de compresión transmitido por las cabezas de tornillos. (elija tornillos de una longitud idéntica y un plato metálico de grosor suficiente)	ATE
En caso de sujeción en la punta, la madera maciza no deberá tener una humedad de más del 18% en el momento de la realización de la unión.	Recomendación
Las reducciones de sección se deberán tener en cuenta en el dimensionamiento. Para los tornillos SPAX se utilizará a tal efecto el diámetro nominal del tornillo (diámetro de la rosca d_1) a falta de perforación, y en caso contrario el diámetro de la perforación. Esto no es aplicable a los tornillos SPAX de diámetro de rosca $d_1 \leq 6$ mm insertados sin perforación.	EC5 ; §5.2
En el Douglas y el Pin Maritime, las distancias mínimas paralelas a la fibra se deberán aumentar un 50%.	ATE
Los tornillos SPAX se podrán insertar en las maderas resinosas sin perforación. La falta de perforación para $d_1 \geq 8$ mm sólo está permitida para la picea, el pino y el abeto.	ATE

6. Recomendaciones de aplicación

6.2 Perforación

Resinosos: se autoriza la perforación de los elementos de madera.
Sólo se autoriza la falta de perforación para $d_1 \geq 8$ mm para la para la picea, el pino y el abeto.
Caducifolios: la perforación de los elementos de madera **es obligatoria**.

ATE

Para la perforación de los elementos de madera unidos con tornillos SPAX, la siguiente tabla indica los diámetros de broca recomendados.

Tabla 6.1 Diámetro de broca recomendado para la perforación de los elementos de madera en función del diámetro nominal SPAX

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SPAX®	Ø nominal d_1 [mm]						
2		4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	Resinosos	2,5	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
4	Caducifolios	3,0	3,0	3,5	4,0	6,0	7,0	8,0

En la ficha SPAX Holzbau-Report n°6 se ofrece información complementaria sobre este tema.

Caducifolios: Madera maciza de Haya o Roble
Madera laminada encolada de haya, roble o fresno según la autorización nacional o europea.

ATE

Recomendaciones de aplicación complementarias:

Las perforaciones en las piezas metálicas deberán tener un diámetro adaptado.

Las perforaciones en las places de fibrocemento se deberán realizar con un diámetro de $0{,}7 \cdot d_1$.

Para los tornillos SPAX de cabeza embutida, mecanice previamente las piezas metálicas y placas de fibrocemento con una herramienta adecuada.

6.3 Grosor mínimo t_{min} para evitar que se raje la madera

Para evitar que se rajen los elementos de madera maciza en las uniones por punta o por tornillo sin perforación, se deberá respetar un grosor mínimo de t_{min}.

EC5 ; §8.3.1.2

Respetando los espaciamientos y las distancias mínimas recomendados en la Tabla M8.2 de la EC5, (véase Tabla 6.3, C-E), los grosores mínimos son:

Madera maciza resinosa $t_{min} = \text{máx}\{14 \cdot d_1 ; (13 \cdot d_1 - 30) \cdot \frac{\rho_k}{200}\}$ EC5 ; Eq. (8.19)

Madera maciza de de pino $t_{min} = \text{máx}\{ 7 \cdot d_1 ; (13 \cdot d_1 - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400}\}$ EC5 ; Eq. (8.18)

Los tornillos SPAX con punta 4CUT o CUT reducen significativamente el riesgo de que se raje la madera, por lo que se permite reducir el grosor mínimo recomendado.

ATE

Véase Tabla 6.3 b para estas recomendaciones.

Las recomendaciones de grosor mínimo no se aplican a los elementos de madera con perforación.

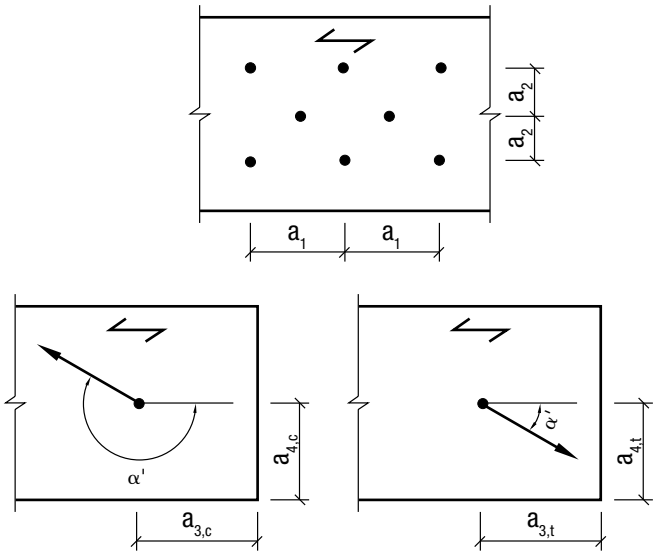
6. Recomendaciones de aplicación

6.4 Espaciamientos y distancias mínimos

Tabla 6.2 Definición de espaciamientos y distancias mínimos según la EC5 y la ATE de tornillos SPAX

EC5 ; Figura 8.7

ATE

	A	B
1		EC5 resp. SPAX®
2		
3	espaciamiento paralelo a la fibra $0° \leq \alpha' \leq 360°$	a_1
4	espaciamiento perpendicular a la fibra $0° \leq \alpha' \leq 360°$	a_2
5	distancia de extremo con carga $-90° \leq \alpha' \leq 90°$	$a_{3,t}$
6	distancia de extremo sin carga $90° \leq \alpha' \leq 270°$	$a_{3,c}$
7	distancia de borde con $0° \leq \alpha' \leq 180°$	$a_{4,t}$
8	distancia de borde sin carga $180° \leq \alpha' \leq 360°$	$a_{4,c}$

6. Recomendaciones de aplicación

6.4 Espaciamientos y distancias mínimos

Tabla 6.3 a Espaciamiento y distancias mínimos en cizallamiento y esfuerzo combinado para unión madera-madera según EC5

	A	B	C	D	E
1	SPAX®		Cizallamiento o extracción o esfuerzo combinado		
2			Espaciamientos y distancias mínimos según EC5, Tabla 8.2		
3					Sin exigencia de grosor mínimo, al haber perforación
4					
5			Tornillo SPAX $d_1 \leq 6$ mm: véase Tabla 6.3b C2-C5 ou D2-D5, Tornillo SPAX $d_1 \geq 8$ mm: véase Tabla 6.3b E2-E5		
6			sin perforación		con perforación
7			$\rho_k \leq 420$ kg/m³	420 kg/m³ $< \rho_k <$ 500 kg/m³	
8	a_1	espaciamiento paralelo a la fibra $0° \leq \alpha' \leq 360°$	$d_1 < 5$ mm : $(5 + 5 \lvert \cos \alpha' \rvert) \cdot d_1$	$(7 + 8 \lvert \cos \alpha' \rvert) \cdot d_1$	$(4 + \lvert \cos \alpha' \rvert) \cdot d_1$
9			$d_1 \geq 5$ mm : $(5 + 7 \lvert \cos \alpha' \rvert) \cdot d_1$		
10	a_2	espaciamiento perpendic. a la fibra $0° \leq \alpha' \leq 360°$	$5 \cdot d_1$	$7 \cdot d_1$	$(3 + \lvert \sin \alpha' \rvert) \cdot d_1$
11	$a_{3,t}$	distancia de extremo con carga $-90° \leq \alpha' \leq 90°$	$(10 + 5 \cos \alpha') \cdot d_1$	$(15 + 5 \cos \alpha') \cdot d_1$	$(7 + 5 \cos \alpha') \cdot d_1$
12					
13	$a_{3,c}$	distancia de extremo sin carga $90° \leq \alpha' \leq 270°$	$10 \cdot d_1$	$15 \cdot d_1$	$7 \cdot d_1$
14	$a_{4,t}$	distancia de borde con carga $0° \leq \alpha' \leq 180°$	$d_1 < 5$ mm : $(5 + 2 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$	$d_1 < 5$ mm : $(7 + 2 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$	$d_1 < 5$ mm : $(3 + 2 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$
15			$d_1 \geq 5$ mm : $(5 + 5 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$	$d_1 \geq 5$ mm : $(7 + 5 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$	$d_1 \geq 5$ mm : $(3 + 4 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$
16	$a_{4,c}$	distancia de bordes con carga $180° \leq \alpha' \leq 360°$	$5 \cdot d_1$ [a)]	$7 \cdot d_1$ [a)]	$3 \cdot d_1$

α' = ángulo entre la dirección del esfuerzo y la fibra
A_{min} = sección de madera (área) mínima de los elementos de madera a unir
En el douglas y el pin maritime, las distancias mínimas paralelas a la fibra se deberán aumentar un 50%.
[a)] Para los tornillos SPAX: cuando se respetan a_1 y $a_{3,c} \geq 25 \cdot d_1$, se puede utilizar $a_{4,c} = 3 \cdot d_1$

Para las uniones metal-madera:

Los espaciamientos a1 y a2 se pueden multiplicar por un factor 0,7.

6. Recomendaciones de aplicación

6.4 Espaciamientos y distancias mínimos

ATE

Tabla 6.3 b Espaciamiento y distancias mínimos en cizallamiento y esfuerzo combinado para unión madera-madera según ATE de tornillos SPAX, §4.2.4

	A	B	C	D	E	F
1	SPAX®		Cizallamiento o extracción o esfuerzo combinado			Extracción
2			$A_{min} \geq 40 \cdot d_1^2$			
3			SPAX $d_1 \leq 6$ mm		SPAX $d_1 \geq 8$ mm	SPAX $d_1 \leq 12$ mm
4			Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT o CUT	Punta 4CUT o CUT [b]
5			$t_{min} = \text{máx} \begin{cases} 6 \cdot d_1 \\ 20 \text{ mm} \end{cases}$	$t_{min} = \text{máx} \begin{cases} 5 \cdot d_1 \\ 20 \text{ mm} \end{cases}$	$t_{min} = 7 \cdot d_1$	$t_{min} = 12 \cdot d_1$ pour Kerto-Q et Kerto-S $t_{min} = 6 \cdot d_1$
6			sin perforación	sin perforación	sin perforación	sin perforación
7						
8	a_1	espaciamiento paralelo a la fibra $0° \leq \alpha' \leq 360°$	$5 \cdot d_1$			$5 \cdot d_1$
9						
10	a_2	espaciamiento perpendicular a la fibra $0° \leq \alpha' \leq 360°$	$(3 + \lvert \sin \alpha' \rvert) \cdot d_1$			$5 \cdot d_1$ resp. $2{,}5 \cdot d_1$ (lorsque $a_1 \cdot a_2 = 25 \cdot d_1^2$)
11	$a_{3,t}$	distance d'extrémité chargée $-90° \leq \alpha' \leq 90°$	$12 \cdot d_1$			[c]
12						
13	$a_{3,c}$	distancia de extremo sin carga $90° \leq \alpha' \leq 270°$	$12 \cdot d_1$			$5 \cdot d_1$
14	$a_{4,t}$	distancia de borde con carga $0° \leq \alpha' \leq 180°$	$d_1 < 5$ mm : $(3 + 2 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$			[c]
15			$d_1 \geq 5$ mm : $(3 + 4 \cdot \sin \alpha') \cdot d_1$			
16	$a_{4,c}$	distancia de borde sin carga $180° \leq \alpha' \leq 360°$	$3 \cdot d_1$			$3 \cdot d_1$

A_{min} = sección de madera (área) mínima de los elementos de madera a unir

En el douglas y el pino marítimo, las distancias mínimas paralelas a la fibra se deberán aumentar un 50%.

[b] Hace falta una forma de punta específica para el Kerto-Q y Kerto-S

[c] En caso de tornillos SPAX concebidos para un esfuerzo sólo de extracción, se podrán considerar todos los bordes como no cargados.

Para las uniones metal-madera:

Los espaciamientos a_1 y a_2 se pueden multiplicar por un factor 0,7.

6. Recomendaciones de aplicación

6.4 6.4 Espaciamientos y distancias mínimos para tornillos SPAX con esfuerzo axial

ATE

El espaciamiento mínimo a_2 entre dos tornillos cruzados puede ser igual a:

$$a_2 = \text{máx} \begin{cases} 1{,}5 \cdot d_1 \\ 2{,}5 \cdot \left(1 - \dfrac{\alpha_k}{180°}\right) \cdot d_1 \quad \text{con } 0° \leq \alpha_k \leq 90° \end{cases}$$

α_k = ángulo entre tornillos cruzados

Se deberán respetar los espaciamientos mínimos a_1 y a_2 entre tornillos paralelos de pares de tornillos cruzados.

Diagrama 6.1 Espaciamiento mínimo a_2 en función del ángulo entre dos tornillos cruzados α_k

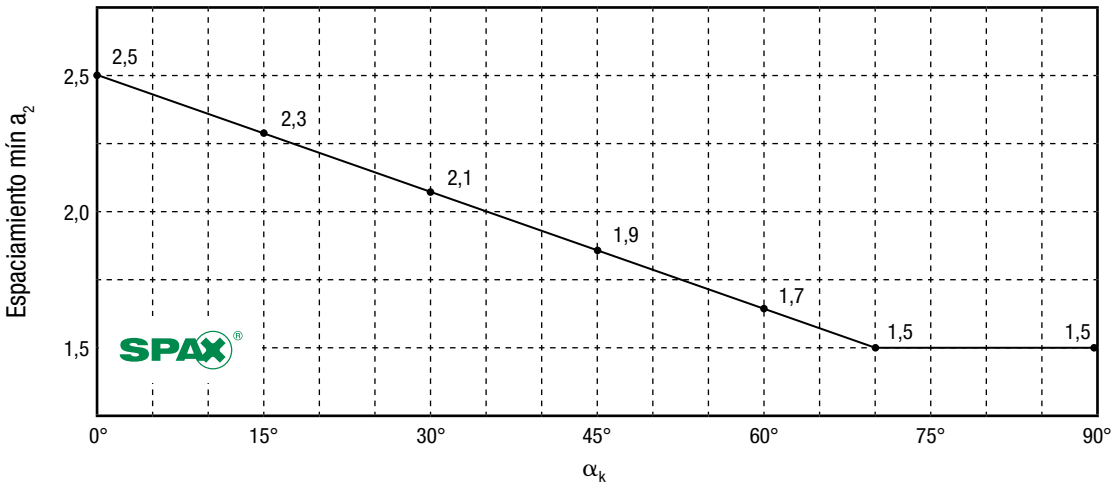
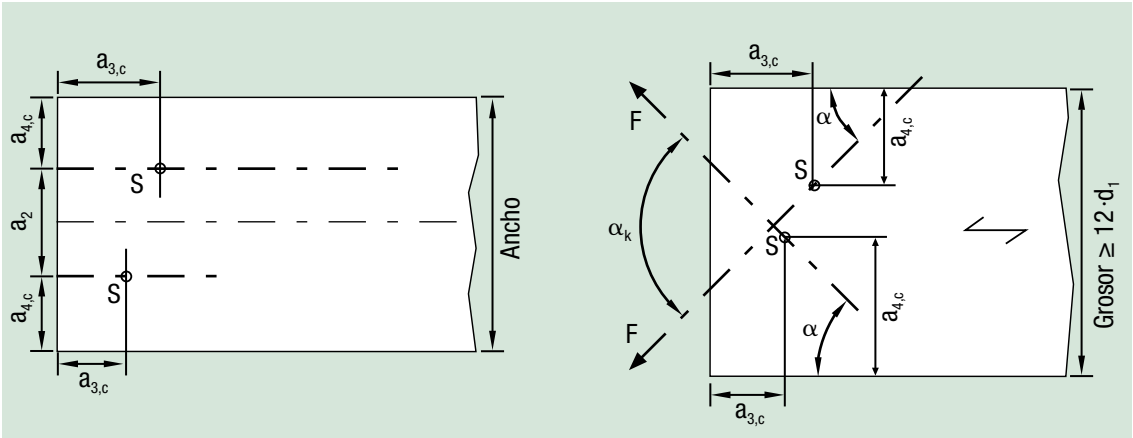


Figura 6.1 Configuración cruzada (ej. para un par de tornillos)

Vista en planta **Vista frontal**



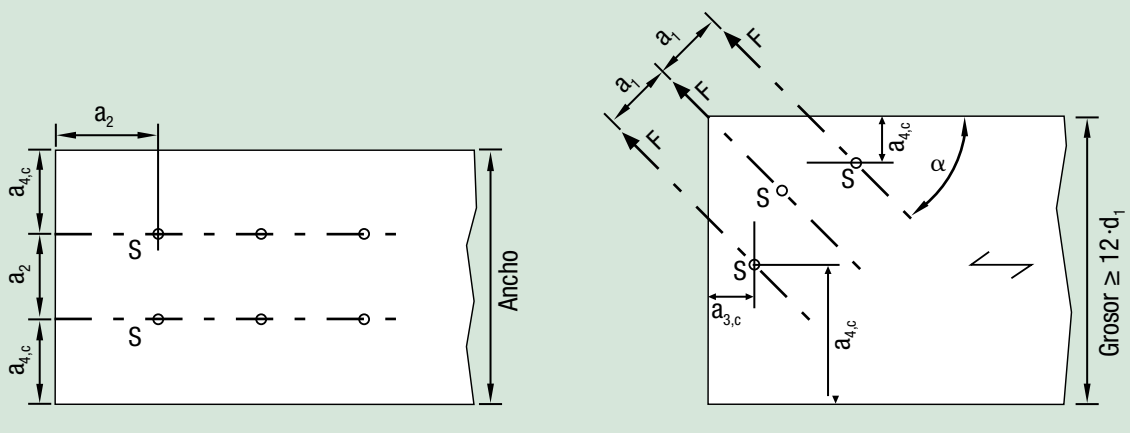
S = Centro de gravedad de la parte roscada que penetra el elemento de madera.
El grosor mínimo exigido $\geq 12 \cdot d_1$ no se aplica en caso de perforación.

6. Recomendaciones de aplicación

6.4 Espaciam. y distancias mínimos para tornillos SPAX con esfuerzo axial

Figura 6.2 Configuración paralela (ej. para 3 pares de tornillos)

Vista en planta **Vista frontal**



S = Centro de gravedad de la parte roscada que penetra el elemento de madera.
El grosor mínimo exigido ≥ 12 · d_1 no se aplica en caso de perforación.

7. Cizallamiento: madera - madera

Longitud de penetración mínima

Tabla 7.2 Grosor mínimo $t_{1,req}$ longitud de penetración mínima $t_{2,req}$ para unión madera-madera sin perforación para una unión de materiales de madera de la misma densidad (β = 1), con $t_{1,req}$ = $t_{2,req}$ [mm], aplicable a los tornillos SPAX de acero al carbono

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SPAX®			Diámetro nominal d_1 [mm]						
2	Clase de resistencia		ρ_k [kg/m³]	4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	C16		310	28	31	35	41	54	66	79
4	C24	GL24c	350	26	30	33	39	51	62	74
5	C30	GL24h, GL28c	380	25	28	31	37	49	60	71
6	C35		400	25	28	31	36	47	58	69
7		GL28h, GL32c	410	24	27	30	36	47	58	69
8	C40		420	24	27	30	35	46	57	68
9		GL32h, GL36c	430	24	27	29	35	46	56	67
10		GL36h	450	23	26	29	34	45	55	65

Según el anexo nacional alemán del EC5:

Si el grosor t_1 resp. t_2 es inferior al grosor mínimo $t_{1,req}$ resp. $t_{2,req}$, se puede determinar la resistencia característica en cizallamiento $F_{v,Rk}$ multiplicando el valor $F_{v,Rk}$ por la menor de las ratios $t_1/t_{1,req}$ et $t_2/t_{2,req}$.

DIN NA ; §8.2.4 (NA.2)

Tabla 7.2 a Factor de ajuste para tornillos SPAX

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SPAX®	Diámetro nominal d_1 [mm]						
2		4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	Acero inoxidable	0,846	0,839	0,839	0,833	0,830	0,828	0,831
4	con perforación	0,846	0,839	0,828	0,806	0,766	0,759	0,743

7. Cizallamiento: madera - madera

Capacidad de carga

Tabla7.3 Resistencia característica en cizallamiento simple por plan de cizallamiento $F_{v,Rk}$ para unión madera-madera sin perforación [N] aplicable a los tornillos SPAX de acero al carbono

EC5; Eq. (8.6 f)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SPAX®			Diámetro nominal d_1 [mm]						
2	Clase de resistencia		ρ_k [kg/m³]	4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	C16		310	766	931	1.107	1.496	2.404	3.475	4.694
4	C24	GL24c	350	814	989	1.176	1.589	2.555	3.692	4.988
5	C30	GL24h, GL28c	380	848	1.030	1.226	1.656	2.662	3.847	5.197
6	C35		400	870	1.057	1.258	1.699	2.731	3.947	5.332
7		GL28h, GL32c	410	881	1.070	1.273	1.720	2.765	3.996	5.399
8	C40		420	892	1.083	1.289	1.741	2.799	4.045	5.464
9		GL32h, GL36c	430	902	1.096	1.304	1.762	2.832	4.092	5.529
10		GL36h	450	923	1.121	1.334	1.802	2.867	4.186	5.656

n_{ef} → 5.1.3 Número eficaz de sujeciones

Tabla 7.3 a Factor de ajuste para tornillos SPAX de otro material

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SPAX®	Diámetro nominal d_1 [mm]						
2		4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	Acero inoxidable	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
4	con perforación	1,206	1,223	1,240	1,268	1,310	1,340	1,362

Se puede seleccionar el valor característico de carga local $f_{h,k}$ correspondiente a la mayor densidad característica ρ_k de los materiales de madera unidos.

DIN NA; §8.3.1.2

ΔR_k - En cizallamiento simple la resistencia característica R_k se deberá aumentar con la contribución ΔR_k.
ΔR_k = mín $\{F_{v,Rk}$; $0{,}25 \cdot F_{ax,\alpha,k}\}$

EC5; §8.2.2 (2)

Véanse páginas siguientes para información complementaria relativa a $\Delta R_k = 0{,}25 \cdot F_{ax,\alpha,k}$ →

7. Cizallamiento: madera - madera

Capacidad de carga

Tabla 7.3 b Valores de $\Delta R_k = 0{,}25 \cdot F_{ax,\alpha,Rk}$ [N] para una rotura por cruce de la cabeza según la forma de cabeza de tornillo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SPAX®		Diámetro nominal d_1 [mm]						
2			4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3			Cabeza embutida, d_k [mm]						
4	Clase de resistencia		8,0	8,8	9,7	11,6	15,1	18,6	22,6
5	C24	GL24c	304	352	407	518	678	906	1.236
6	C30	GL24h, GL28c	325	376	435	553	724	968	1.320
7	C35		338	392	453	576	755	1.009	1.375
8		GL28h, GL32c	345	400	462	588	770	1.029	1.403
9	C40		352	408	471	599	785	1.049	1.430
10		GL32h, GL36c	358	415	480	611	800	1.069	1.457
11		GL36h	372	431	498	633	829	1.108	1.511
12	con $l_{ef,k} \leq$ [mm]		22	22	23	29	28	32	37
13	con $l_{ef} >$ [mm]		22	22	23	29	32	40	48
14			Cabeza disco, d_k [mm]						
15			9,6	10,6	11,6	13,6	20,0	25,0	
16	C24	GL24c	447	517	585	712	1.300	1.797	
17	C30	GL24h, GL28c	477	552	625	761	1.388	1.919	
18	C35		497	575	651	792	1.447	1.999	
19		GL28h, GL32c	507	587	664	808	1.475	2.039	-
20	C40		517	598	677	824	1.504	2.079	
21		GL32h, GL36c	527	609	690	840	1.533	2.119	
22		GL36h	547	632	716	871	1.589	2.197	
23	con $l_{ef,k} \leq$ [mm]		32	33	33	40	54	63	
24	con $l_{ef} >$ [mm]		32	33	33	40	54	63	

Cuando la longitud de rosca eficaz $l_{ef,k}$ hacia la cabeza o l_{ef} hacia la punta es mayor que la longitud tabulada, se puede determinar y tener en cuenta un valor mayor de ΔR_k.

Para los tornillos de rosca total de longitud de rosca eficaz $l_{ef,k}$ y l_{ef} más elevadas, se puede determinar y tener en cuenta un valor mayor de ΔR_k.

7. Extracción

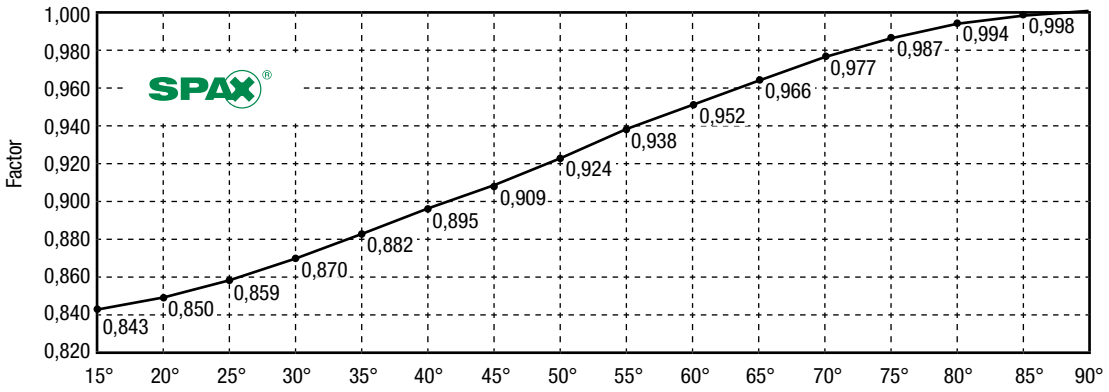
Resistencia característica a la extracción de la rosca $F_{ax,\alpha,Rk}$

Tabla 7.14 Resistencia característica $F_{ax,\alpha,Rk}$ para un ángulo α = 90° entre la fibra y el eje del tornillo [N por mm de longitud de rosca efectiva l_{ef}], aplicable a los tornillos SPAX de acero al carbono y acero inoxidable

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SPAX®			Diámetro nominal d_1 [mm]						
2	Clase de resistencia		ρ_k [kg/m³]	4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	C16		310	50,8	57,2	63,5	65,3	87,1	104,4	119,8
4	C24	GL24c	350	56,0	63,0	70,0	72,0	96,0	115,0	132,0
5	C30	GL24h, GL28c	380	59,8	67,3	74,8	76,9	102,5	122,8	141,0
6	C35		400	62,3	70,1	77,9	80,1	106,8	128,0	146,9
7		GL28h, GL32c	410	63,6	71,5	79,4	81,7	109,0	130,5	149,8
8	C40		420	64,8	72,9	81,0	83,3	111,1	133,1	152,7
9		GL32h, GL36c	430	66,0	74,3	82,5	84,9	113,2	135,6	155,6
10		GL36h	450	68,5	77,0	85,6	88,0	117,4	140,6	161,4

n_{ef} → 5.2.4 Número efectivo de sujeciones

Diagrama 7.1 Factor de ajuste k_{ax} según el ángulo α entre la fibra y el eje del tornillo



El diagrama representa: $\dfrac{1}{1{,}2 \cdot \cos^2\alpha + \sin^2\alpha}$

Tabla 7.15 Valores característicos y valores de cálculo de la resistencia a la tracción del acero [N] aplicable a los tornillos SPAX de acero al carbono y acero inoxidable

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SPAX®		d_1 [mm]						
2			4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
3	Acero al carbono	$f_{tens,k}$	5.000	6.400	7.900	11.000	17.000	28.000	38.000
4		*$f_{tens,d}$*	*3.846*	*4.923*	*6.077*	*8.462*	*13.077*	*21.538*	*29.231*
5	Acero inoxidable	$f_{tens,k}$	3.200	4.200	4.900	7.100	13.000	20.000	28.000
6		*$f_{tens,d}$*	*2.462*	*3.231*	*3.769*	*5.462*	*10.000*	*15.385*	*21.538*

El máximo esfuerzo axial de un tornillo SPAX (extracción) está limitado por el valor de cálculo de la resistencia a la tracción del acero $f_{tens,d}$.

7. Extracción

Resistencia característica al cruce de la cabeza

Tabla7.16 Resistencia característica $F_{ax,\alpha,Rk}$ [N]
aplicable a los tornillos SPAX de acero al carbono y acero inoxidable

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SPAX®		d_1 [mm]							
2			4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	
3									Rosca parcial	Rosca total
4	Cabeza embutida		d_h [mm]							
5			8,0	8,8	9,7	11,6	15,1	18,6	22,6	18,6
6	Madera	ρ_k = 350 kg/m³	1.216	1.409	1.628	2.072	2.713	3.626	4.944	3.626
7	Paneles a base de madera	ρ_k = 380 kg/m³	1.299	1.505	1.738	2.213	2.898	3.872	5.280	3.872
8	parar los paneles a base de madera de un grosor t ≤ 20 mm :									
9	12 mm ≤ t ≤ 20 mm		547	662	804	1.150	1.948	2.956	4.364	2.956
10	t < 12 mm		400					-		
11	Cabeza de disco		d_h [mm]							
12			9,6	10,6	11,6	13,6	20,0	25,0	-	
13	Madera	ρ_k = 350 kg/m³	1.788	2.067	2.341	2.848	5.200	7.188	-	
14	Paneles a base de madera	ρ_k = 380 kg/m³	1.909	2.208	2.501	3.042	5.554	7.676	-	
15	parar los paneles a base de madera de un grosor t ≤ 20 mm :									
16	12 mm ≤ t ≤ 20 mm		787	960	1.150	1.580	3.418	5.340	-	
17	t < 12 mm		400					-		
18	Arandelas		d [mm]							
19			-				25	32	40[1)]	
20	Madera	ρ_k = 350 kg/m³	-				7.188	8.192	8.192	
21	Paneles a base de madera	ρ_k = 380 kg/m³					7.676	8.749	8.749	
22	parar los paneles a base de madera de un grosor t ≤ 20 mm :									
23	12 mm ≤ t ≤ 20 mm		-				5.340	8.749	8.749	
24	t < 12 mm						400	-		

[1)] Se utilizará un diámetro nominal de 32 mm cuando d_h > 32 mm.

Tabla 7.16 a Factor de ajuste de la resistencia al cruce de la cabeza en función de la densidad característica para una unión madera-madera según la tabla 7.16

	A	B	C	D	E	F	G	H	H
1	SPAX®	ρ_k [kg/m³]							
2		310	350	380	400	410	420	430	450
3		0,907	1,000	1,068	1,113	1,135	1,157	1,179	1,223

Para una unión panel a base de madera – madera la densidad característica ρ_k se limita a 380 kg/m³

El cruce de la cabeza no se aplica a las uniones metal-madera.

8. Descripción de la gama

Las siguientes tablas presentan solo una parte de la variedad de tornillos SPAX.
Hay más referencias, formas y dimensiones disponibles en www.spax.com → Búsqueda de tornillos

Descripción y definición

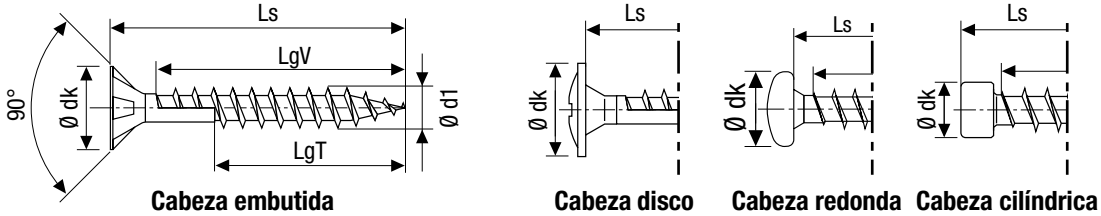


Tabla 8.1 Rosca total

	A	B	C		D	E	F	G
1	Rosca total						Rosca total	
2	Acero al carbono						Acero inoxidable	
3		ATE-12/0114					ATE-12/0114	
4	d_1	6,0	8,0		10,0	12,0	10,0	12,0
5	Forma de la cabeza	Cabeza cilíndrica	Cabeza embutida				Cabeza embutida	
6	d_k	8,4	10,0	15,1	18,6	18,6	18,6	18,6
7	Punta	Punta 4CUT	Punta CUT	Punta CUT	Punta CUT	Punta CUT	Punta CUT	Punta CUT
8	Sin longitud Ls	Ls					Ls	
9	cada 20mm	80 - 200	200 - 300	160 - 300	200 - 300	200, 240, 280, 300	160, 200 - 300	-
10	cada 50mm	-	350 - 450	350 - 600	350 - 600	350 - 600	350 - 400	400 - 550
11					800			

Tabla 8.2 Cabeza redonda

	A	B	C	D	E	F	G
1	Acero al carbono					Acero inoxidable	
2	Cabeza redonda					Cabeza redonda	
3		ATE-12/0114				ATE-12/0114	
4	d_1	4,0	4,5	5,0	6,0	4,0	5,0
5	d_k	8,0	9,0	9,9	11,9	8,0	9,9
6	Punta	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT
7	Ls	lg	lg	lg	lg	lg	lg
8	20	18				16	
9	25	23	22	22		21	20
10	30	27	27	27	27	25	25
11	35	32	32	32	32	30	
12	40	37	37	37	37	35	35
13	45	42	42	41	41	40	
14	50	47	47	46	46	45	44
15	60	50	57	56	56		
16	70			61	61		
17	80			61	61		
18	90			61	61		
19	100				61		

lg = longitud de rosca
Para los tornillos SPAX de diámetro de rosca $d_1 < 4{,}0$ mm véase la ATE.

8. Descripción de la gama

Tabla 8.3 Cabeza embutida de acero al carbono

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Acero al carbono											
2	Cabeza embutida											
3		ATE-12/0114								ATE-12/0114		
4	d_1	4,0		4,5		5,0		6,0		8,0	10,0	12,0
5	d_k	8,0		8,8		9,7		11,6		15,1	18,6	22,6
6	Punta	Punta 4CUT		Punta 4CUT		Punta 4CUT		Punta 4CUT		Punta 4CUT	Punta 4CUT	
7	Ls	lgV	lgT	lgV	lgT	lgV	lgT	lgV	lgT	lgT	lgT	lgT
8	20	16										
9	25	21		20		20						
10	30	25	18	25		25		24				
11	35	30	23	30	25	30	25	29				
12	40	35	23	34	25	35	27	34	24			
13	45	40	30	39	30	39	30	38				
14	50	45	32	44	32	44	32	43	32			
15	55	50	32	49	37	49	37	48				
16	60	50	35	54	37	54	37	53	37			
17	70	50	37	59	42	61	41	61	41			
18	80	50	37	59	47	61	46	61	46	47	50	
19	90						61		61			
20	100						61		61	57	60	60
21	110						69		68			
22	120						69		68	70	70	80
23	130								68			
24	140								68	80	80	80
25	150								68			
26	160								65	80	80	100
27	180								65	80	80	100
28	200								65	80	80	100
29	220								65	80	80	100
30	240								65	80	80	100
31	260								65	80	80	100
32	280								65	80	80	100
33	300								65	80	80	100
34	320									80	80	
35	340									80	80	
36	350											100
37	360									80	80	
38	380									80	80	
39	400									80	80	100
40	450									80	80	100
41	500											100
42	550											100
43	600											100

lgV = rosca total
lgT = rosca parcial
Para los tornillos SPAX de diámetro de rosca $d_1 < 4{,}0$ mm véase la ATE.

8. Descripción de la gama

Tabla 8.4 a Cabeza embutida de acero inoxidable

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Acero inoxidable								
2	Cabeza embutida								
3		ATE-12/0114							
4	d_1	4,0		4,5		5,0		6,0	
5	d_k	8,0		8,8		9,7		11,6	
6	Punta	Punta 4CUT		Punta 4CUT		Punta 4CUT		Punta 4CUT	
7	Ls	lgV	lgT	lgV	lgT	lgV	lgT	lgV	lgT
8	20	16							
9	25	21		20					
10	30	25	18	25		25			
11	35	30	23	30	25	30			
12	40	35	23	34	25	35	27	34	
13	45	40	30	39	30	39	30		
14	50	45	32	44	32	44	32	43	
15	60	50		54	37	54	37	53	37
16	70			59	42	61	41	61	41
17	80					61	46	61	46
18	90						61		61
19	100						61		61
20	120						69		68
21	140								68
22	160								65

lgV = rosca total
lgT = rosca parcial

Tabla 8.4 b Cabeza embutida de acero inoxidable con punta CUT

	A	B	C	D	E
1	Acero inoxidable				
2	Cabeza embutida				
3		ATE-12/0114			
4	d_1	4,5		5,0	
5	d_k	8,8		9,7	
6	Punta	Punta CUT		Punta CUT	
7	Ls	lgT		lgT	
8	35	25			
9	40	25			
10	45	30			
11	50	32			
12	60	37		37	
13	70	42		52	
14	80			61	

lgT = rosca parcial

8. Descripción de la gama

Tabla 8.5 Cabeza de disco

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Acero al carbono							Acero inoxidable
2	Cabeza redonda ancha plana resp. cabeza disco							Cabeza disco
3		ATE-12/0114				ATE-12/0114		ATE-12/0114
4	d_1	4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	8,0
5	d_k	9,6	10,6	11,6	13,6	20,0	25,0	20,0
6	Punta	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT	Punta 4CUT
7	Ls	lg	lg	lg	lg	lg	lg	lg
8	20	18						
9	25	23	22	22				
10	30	27	27	27				
11	35	32	32	32				
12	40	37	37	37				
13	45	42	42	41				
14	50		47	46		46		46
15	60			56	56			56
16	80				61	70	70	70
17	100				61	80	80	80
18	120				68	80	80	80
19	140				68	80	80	80
20	160				65	80	80	80
21	180				65	80	80	80
22	200					80	80	80
23	220					80	80	
24	240					80	80	
25	260					80	80	
26	280					80	80	
27	300					80	80	
28	320					80	80	
29	340					80	80	
30	360					80	80	
31	380					80	80	
32	400					80	80	
33	450					80	80	

lg = longitud de rosca
Para los tornillos SPAX de diámetro de rosca $d_1 < 4{,}0$ mm véase la ATE.

8. Descripción de la gama

Figura 8.1 Arandelas para tornillos de cabeza embutida

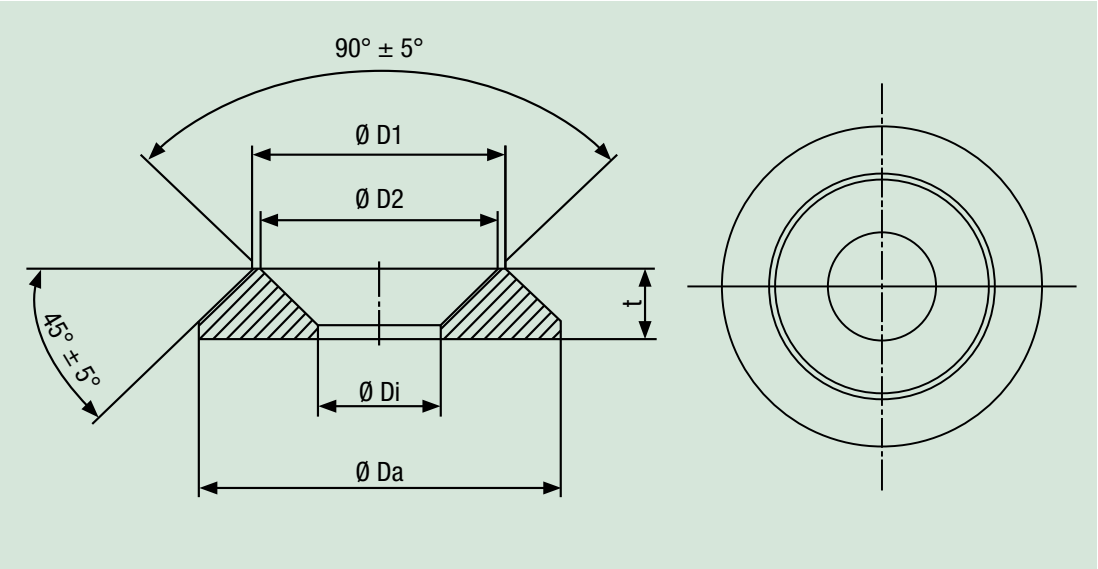


Tabla 8.6 Arandelas para tornillos de cabeza embutida

ATE

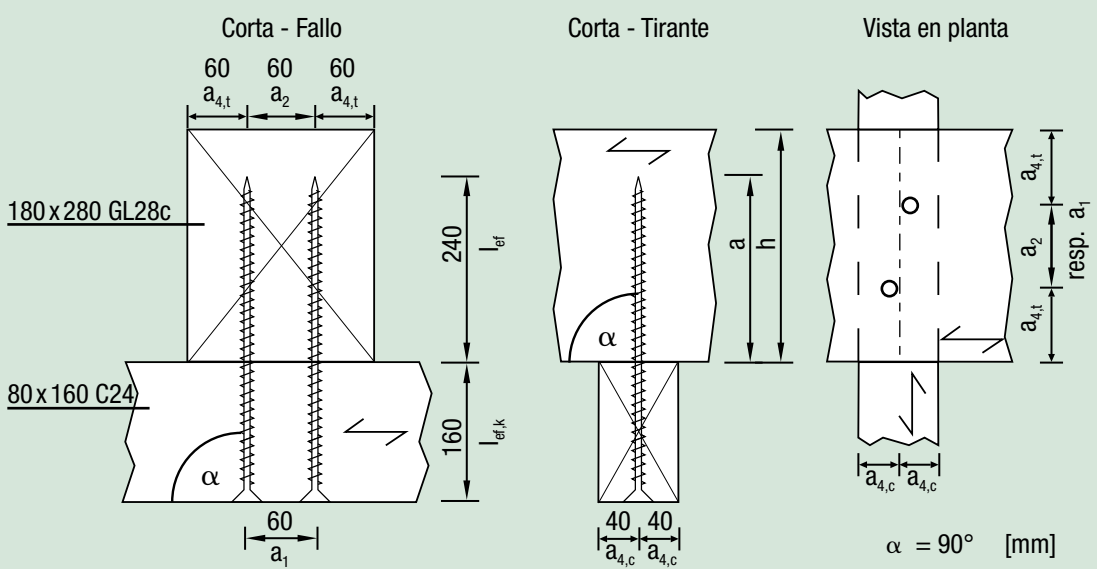
	A	B	C	D	E	F
1	Dimensione	6,0	8,0	10,0	12,0	Tolerancia
2	Ø Da	18,0	25,0	32,0	40,0	± 0,3
3	Ø Di	6,5	8,5	11,0	13,0	
4	Ø D1	13,5	17,5	22,5	27,0	
5	Ø D2	12,5	16,5	21,5	26,0	
6	t	3,5	5,0	5,6	7,0	

9. Ejemplo de dimensionamiento Madera-Madera n° 1

Fijación de un tirante con fallo con tornillo de rosca total

Hay información complementaria sobre este tema en la ficha SPAX Holzbau-Report Nr.2

ATE



Cl. Servicio = 1, Cl.de tiempo = Medio plazo -> k_{mod} = 0,8 (Tab. 4.3; F2+F5)

Sujeción elegida: SPAX 8,0 x 400 de cabeza embutida, rosca total, con punta CUT, según ATE-12/0114 sin perforación
Esfuerzo en cizallamiento y extracción (combinada)

Dimensiones mínimas de los elementos para evitar que se raje la madera (Tab. 6.3 b; E)

Tornillos SPAX con d_1 = 8,0 mm: sección mínima $A_{min} = 40 \cdot d_1^2 = 40 \cdot 8{,}0\ mm^2 = 2.560\ m^2$

Tirante:	section A = 80 mm · 160 mm	= 14.400 mm²	> 2.560 mm²	-> conforme
Fallo:	section A = 180 mm · 280 mm	= 54.000 mm²	> 2.560 mm²	-> conforme

Grosor mínimo $t_{min} = 7 \cdot d_1 = 7 \cdot 8{,}0$ mm = 56 mm (Tab. 6.3 b; E5)

Tirante	t_{vorh} = 160 mm > 56 mm	-> conforme
Fallo	t_{vorh} = 280 mm > 56 mm	-> conforme

Espaciamientos y distancias mínimos bajo esfuerzo combinado (Tab. 6.3 b; E)

a_1 =	$5 \cdot d_1$ = 5 · 8,0 mm = 40 mm	eligiendo a_1	= 60 mm	-> conforme
a_2 =	$3 \cdot d_1$ = 3 · 8,0 mm = 24 mm	eligiendo a_2	= 60 mm	-> conforme
$a_{3,t}$ y $a_{3,c}$ =	$12 \cdot d_1$ = 12 · 8,0 mm = 96 mm	real $a_{3,c}$	> 96 mm	-> conforme
$a_{4,t}$ =	$7 \cdot d_1$ = 7 · 8,0 mm = 56 mm	eligiendo $a_{4,t}$	= 60 mm	-> conforme
$a_{4,c}$ =	$3 \cdot d_1$ = 3 · 8,0 mm = 24 mm	eligiendo $a_{4,c}$	= 40 mm	-> conforme

Resistencia en cizallamiento - mediante tornillos

1. Grosor resp. longitud de penetración mínima t_{req} para rótulas plásticas múltiples
   t_1 = 160 mm > $t_{1,req}$ = 50,5 mm -> conforme (Tab. 7.1; E5)
   t_2 = 240 mm > $t_{2,req}$ = 47,6 mm -> conforme (Tab. 7.1; F4)
   -> ¡Sin reducción de la resistencia característica $F_{v,Rk}$ necesaria!

2. 2. Resistencia característica $F_{v,Rk}$
   $F_{v,Rk}$ = 2.662 N (Tab. 7.3; H5)
   γ_M = 1,3
   $F_{v,Rd} = \frac{0{,}8 \cdot 2.662\ N}{1{,}3} =$ 1.638 N

9. Ejemplo de dimensionamiento Madera-Madera n° 1

Fijación de un tirante con fallo con tornillo de rosca total

3. Aumento posible por contribución del efecto de cuerda ΔR_k

$$\Delta R_k = \text{mín} \begin{cases} 2.662 \text{ N (predominante)} \\ 0{,}25 \cdot 15.360 \text{ N} = 3.840 \text{ N} \quad \text{(véase más adelante)} \end{cases}$$

$F_{v,Rk}$ = 2.662 N + 2.662 N = 5.324 N

γ_M = 1,3

$F_{v,Rd} = \frac{0{,}8 \cdot 5.324 \text{ N}}{1{,}3} =$ 3.276 N (100% de aumento)

4. Número eficaz de sujeciones n_{ef}

Para una fila perpendicular a la fibra de la madera de tornillos SPAX desplazadas entre ellas $1 \cdot d_1$ el número de sujeciones eficaces n_{ef} = 2. (§5.1.3)

Resistencia a la extracción – mediante tornillos

1. Extracción de la rosca

l_{ef} = 240 mm

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = 102,5 N/mm · 240 mm = 24.600 N (Tab. 7.14; H5)

γ_M = 1,3

$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{0{,}8 \cdot 24.600 \text{ N}}{1{,}3} =$ 15.138 N

2. Tracción del acero

$f_{tens,k}$ = 17.000 N (Tab. 7.15; G3)

γ_M = 1,3

$f_{tens,d} = \frac{17.000 \text{ N}}{1{,}3} =$ 13.077 N (Tab. 7.15; G4)

3. Cruce de la cabeza

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \text{máx} \begin{cases} \text{3.1 Cruce de la cabeza} \\ \text{3.2 Extracción de la rosca hacia la cabeza} \end{cases}$$

3.1 Cruce de la cabeza

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = 2.713 N (Tab. 7.16; G6)

γ_M = 1,3

$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{0{,}8 \cdot 2.713 \text{ N}}{1{,}3} =$ 1.670 N

3.2 Extracción de la rosca hacia la cabeza

$l_{ef,k}$ = 160 mm

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = 96,0 N/mm · 160 mm = 15.360 N (Tab. 7.14; H4)

γ_M = 1,3

$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{0{,}8 \cdot 15.360 \text{ N}}{1{,}3} =$ 9.452 N (predominante)

Inspección del elemento

Siendo a/h > 0,7 (L_{ef} = 240 mm > $t_2 \cdot 0{,}7$ = 196 mm) la inspección de la tracción perpendicular a la fibra bajo la acción de la sujeción en el elemento 2 no es necesaria. NA/A1; 8.1.4

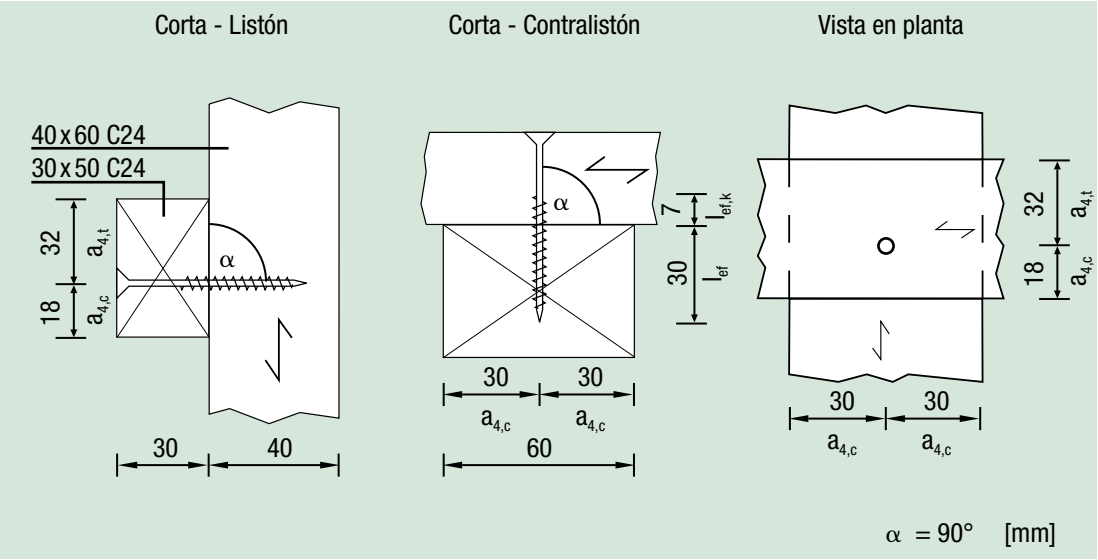
Espaciamiento y distancias mínimos para esfuerzo únicamente para la extracción (Tab. 6.3 b; F)

Si los tornillos SPAX se sometieran a un esfuerzo únicamente para la extracción, se podrían utilizar los siguientes espaciamientos y distancias mínimos:

$a_1 = 5 \cdot d_1 = 5 \cdot 8{,}0$ mm	= 40 mm	eligiendo a_1 = 60 mm	-> conforme
$a_2 = 5 \cdot d_1 = 5 \cdot 8{,}0$ mm	= 40 mm	eligiendo a_2 = 60 mm	-> conforme
$a_{3,c} = 5 \cdot d_1 = 5 \cdot 8{,}0$ mm	= 40 mm	real $a_{3,c}$ > 40 mm	-> conforme
$a_{4,c} = 3 \cdot d_1 = 3 \cdot 8{,}0$ mm	= 24 mm	eligiendo $a_{4,c}$ = 40 mm	-> conforme

9. Ejemplo de dimensionamiento Madera-Madera n° 2

Fijación de un listón en un contra-listón



ATE

Cl. Servicio = 2, Cl. de tiempo = corto plazo -> k_{mod} = 0,9 (Tab. 4.3; G3)

Sujeción elegida: SPAX 4,5 x 60 de cabeza embutida, rosca parcial, con punta 4CUT de acero inoxidable A2 según ATE-12/0114 sin perforación

Diámetro de la cabeza d_k = 8,8 mm (Tab. 8.4 a; E5)

Longitud de rosca parcial lgT = 37 mm (Tab. 8.4 a; E15)

Esfuerzo en cizallamiento y extracción (combinado)

Dimensiones mínimas de los elementos para evitar que se raje la madera (Tab. 6.3 b; C)

Tornillos SPAX con d_1 = 4,5 mm: sección mínima $A_{min} = 40 \cdot d_1^2 = 40 \cdot 4{,}5^2\ mm^2 = 810\ mm^2$ (Tab. 6.3 b; C3)

Listón: section A = 50 mm · 30 mm = 1.500 mm² > 810 mm² -> conforme

Contra listón: section A = 40 mm · 60 mm = 2.400 mm² > 810 mm² -> conforme

Grosor mínimo $t_{min} = 6 \cdot d_1 = 6 \cdot 4{,}5$ mm = 27 mm (Tab. 6.3 b; C5)

Listón t_{vorh} = 30 mm > 27 mm -> conforme

Contra listón t_{vorh} = 40 mm > 27 mm -> conforme

Resistencia al cizallamiento – mediante tornillos (Tab. 6.3 b; C)

$a_{4,t} = 7 \cdot d1 = 7 \cdot 4{,}5$ mm = 31,5 mm eligiendo $a_{4,t}$ = 32 mm -> conforme

$a_{4,c} = 3 \cdot d1 = 3 \cdot 4{,}5$ mm = 13,5 mm eligiendo $a_{4,c}$ = 18 mm -> conforme

Resistencia al cizallamiento - tornillo

1. Grosor resp. longitud de penetración mínima t_{req} para rótulas plásticas múltiples

   t_1 = 30 mm > $t_{1,req}$ = 30 mm · 0,839 = 25,2 mm -> conforme (Tab. 7.2; E4 · Tab. 7.2a; C3)

   t_2 = 60 mm - 30 mm = 30 mm > $t_{2,req}$ = 30 mm · 0,839 = 25,2 mm -> conforme (Tab. 7.2; E4 · Tab. 7.2a; C3)

   -> ¡Sin reducción de la resistencia característica $F_{v,Rk}$ necesaria!

2. Resistencia característica $F_{v,Rk}$

   $F_{v,Rk}$ = 989 N · 0,816 = 807 N (Tab. 7.3; E4 · Tab. 7.3a; C3)

   γ_M = 1,3

   $F_{v,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 807\ N}{1{,}3} =$ 559 N

9. Ejemplo de dimensionamiento Madera-Madera n° 2

Fijación de un listón en un contra-listón

3. Aumento posible por contribución del efecto de cuerda ΔR_k

$$\Delta R_k = \text{mín} \begin{cases} 807\ \text{N} \\ 0{,}25 \cdot 1.409\ \text{N} = 352\ \text{N (predominante) (véase más adelante)} \end{cases}$$ (Tab. 7.3b; D5)

$F_{v,Rk}$ = 807 N + 352 N = 1.159 N

γ_M = 1,3

$F_{v,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 1.159\ \text{N}}{1{,}3} =$ 802 N (43% de aumento)

Resistencia a la extracción – mediante tornillos

1. Extracción de la rosca

$$l_{ef} = \text{mín} \begin{cases} t_2 = 30\ \text{mm (predominante)} \\ \text{lgT} = 37\ \text{mm} \end{cases}$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = 63,0 N/mm · 30 mm = 1.890 N (Tab. 7.14; E4)

γ_M = 1,3

$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 1.890\ \text{N}}{1{,}3} =$ 1.308 N

2. Tracción del acero

$f_{tens,k}$ = 4.200 N (Tab. 7.15; D5)

γ_M = 1,3

$f_{tens,d} = \frac{4.200\ \text{N}}{1{,}3} =$ 3.231 N (Tab. 7.15; D6)

3. Cruce de la cabeza

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \text{máx} \begin{cases} \text{3.1 Cruce de la cabeza} \\ \text{3.2 Extracción de la rosca hacia la cabeza} \end{cases}$$

3.1 Cruce de la cabeza

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = 1.409 N (Tab. 7.16; D6)

γ_M = 1,3

$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 1.409\ \text{N}}{1{,}3} =$ 975 N (predominante)

3.2 Extracción de la rosca hacia la cabeza

$l_{ef,k}$ = 37 mm - 30 mm = 7 mm

$F_{ax,\alpha,Rk}$ = 63,0 N/mm · 7 mm = 441 N (Tab. 7.14; E4)

γ_M = 1,3

$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 441\ \text{N}}{1{,}3} =$ 305 N

Observaciones:

SPAX®
Die Schraube

¡NO ES QUE SPAX SE LLAME “INTERNACIONAL”, SINO QUE REALMENTE LO ES!

Producimos en nuestra fábrica de Ennepetal
y exportamos a más de 40 países,
en todos los continentes.

SPAX International GmbH & Co. KG
ALTENLOH, BRINCK & CO - GRUPPE

Kölner Straße 71–77 · 58256 Ennepetal · Germany
Tel.: +49-23 33-799-1967 · Fax: +49-23 33-799-199
info@spax.com · www.spax.com

También nos encuentra en:

- facebook.com/spax
- youtube.com/user/SPAXinternational
- twitter.com/SPAX_DE
- google.com/+SPAXcom
- xing.to/SPAX
- linkedin.com/company/spax-international