

## ADHESIVO EPOXI BICOMPONENTE

### FIABLE

Eficacia confirmada por más de 35 años de uso en las construcciones de madera. Disponible en cartucho de 400 ml para un uso práctico y rápido y en formatos de 3 y 5 litros para uniones de mayor volumen.

### ALTO RENDIMIENTO

Adhesivo epoxi bicomponente de alto rendimiento. Permite realizar conexiones con una rigidez inalcanzable en los sistemas de conexión mecánicos.

### USO DIARIO

También es adecuado para el uso diario, por ejemplo, en reparaciones, tapado de agujeros o restauración de partes de madera dañadas.



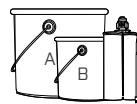
VIDEO



CALCULATION  
TOOL

CE  
EN 1504-4

### FORMATOS



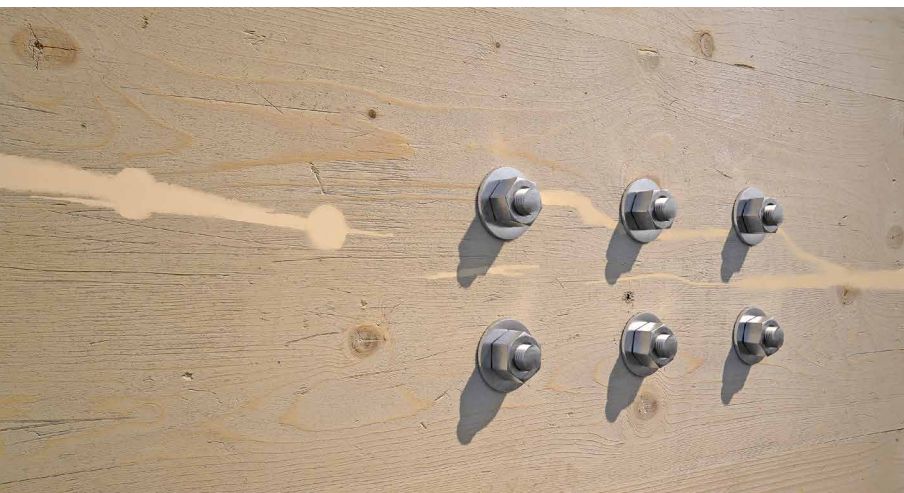
en bidones de 3 y 5 litros o en  
cartuchos de 400 ml

### APLICACIÓN

aplicable con pulverizado, pincel, pistola, espátula  
o por percolación en función de la viscosidad

### VÍDEO

Escanear el código QR y mira  
el vídeo en nuestro canal de  
YouTube



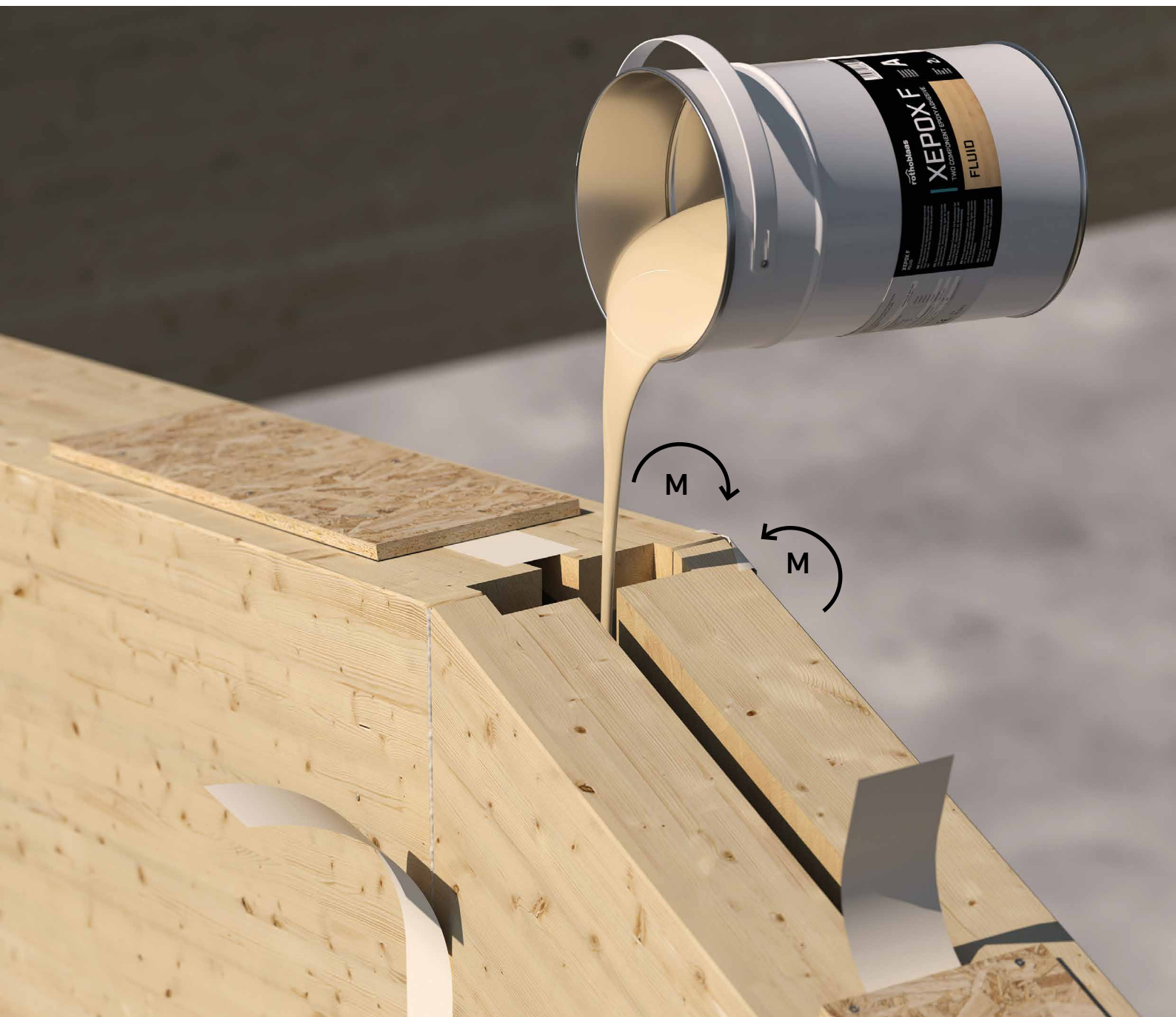
### CAMPOS DE APLICACIÓN

Uniones encoladas para paneles, vigas, pilares,  
tirantes y puntales.

Aplicación con barras encoladas.

Aplicación con placas encoladas para realizar  
uniones de corte, de momento y de acción  
axial rígidas.

Reparación o consolidación de elementos de  
madera dañados.



## ESTRUCTURAL

Excelente para realizar uniones rígidas pluri-direccionales, con placas o barras encoladas.

## CONSOLIDACIÓN ESTÁTICA

Se puede utilizar para reconstruir la materia leñosa en combinación con barras de metal y otros materiales.

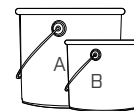
## CÓDIGOS Y DIMENSIONES

### XEPOX P - primer

Adhesivo epoxi bicomponente de baja viscosidad y elevado poder mojante para refuerzos estructurales de fibra de carbono o vidrio. Se utiliza para proteger chapas enarenadas SA2,5/SA3 (ISO 8501) y para construir insertos FRP (Fiber Reinforced Polymers). Aplicable con rodillo, pulverizado o pincel.

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	caja	unid.
<b>XEPOXP3000</b>	P - primer	A + B = 3000	tambores	1

Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2; Clasificación del componente B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

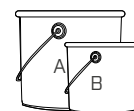


### XEPOX L - líquido

Adhesivo epoxi bicomponente para usos estructurales, muy fluido, aplicable por coladura en agujeros verticales muy profundos y para uniones con inserciones ocultas en fresados muy extendidos, o con espacios intermedios muy reducidos (1 mm o superiores), siempre previo atento sellado de las juntas. Colable e inyectable.

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	caja	unid.
<b>XEPOXL3000</b>	L - líquido	A + B = 3000	tambores	1
<b>XEPOXL5000</b>	L - líquido	A + B = 5000	tambores	1

Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2; Clasificación del componente B: Repr. 1B; Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1.



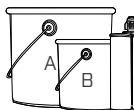
### XEPOX F- fluido

Adhesivo epoxi bicomponente fluido para usos estructurales, aplicable por inyecciones en agujeros y en fresados, previo sellado de las juntas. Ideal para la solidalización a la madera de los conectores plegados (sistema Turrini-Piazza) en forjados colaborantes de madera-hormigón, tanto en vigas nuevas como viejas; espacio entre el metal y la madera de unos 2 mm o superior. Colable e inyectable (con cartucho).

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	caja	unid.
<b>XEPOXF400<sup>(1)</sup></b>	F - fluido	400	cartucho	1
<b>XEPOXF3000</b>	F - fluido	A + B = 3000	tambores	1
<b>XEPOXF5000</b>	F - fluido	A + B = 5000	tambores	1

<sup>(1)</sup> 1 boquilla mezcladora STINGXP incluida para cada cartucho de XEPOXF400

Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1A; Aquatic Chronic 2; Clasificación del componente B: Repr. 1B; Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1A.



### XEPOX D - denso

Adhesivo epoxi bicomponente tixotrópico (denso) para usos estructurales, aplicable por inyección sobre todo en agujeros horizontales o verticales en las vigas de madera laminada, madera maciza, en obra y en hormigón armado. Inyectable (con cartucho).

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	caja	unid.
<b>XEPOXD400<sup>(1)</sup></b>	D - denso	400	cartucho	1

<sup>(1)</sup> 1 boquilla mezcladora STINGXP incluida para cada cartucho de XEPOXD400

Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2; Clasificación del componente B: Repr. 1B; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

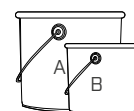


### XEPOX G - gel

Adhesivo epoxi bicomponente gel para usos estructurales, aplicable con espátula también en superficies verticales y en la formación de espesores consistentes o irregulares. Idóneo para sobreposiciones leñosas muy extendidas y al encolado de refuerzos estructurales con fibras de vidrio o carbono y para chapado de madera o metal. Aplicable con espátula.

CÓDIGO	descripción	contenido [ml]	caja	unid.
<b>XEPOXG3000</b>	G-gel	A + B = 3000	tambores	1

Clasificación del componente A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2; Clasificación del componente B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 4.





## PRODUCTOS ADICIONALES - ACCESORIOS

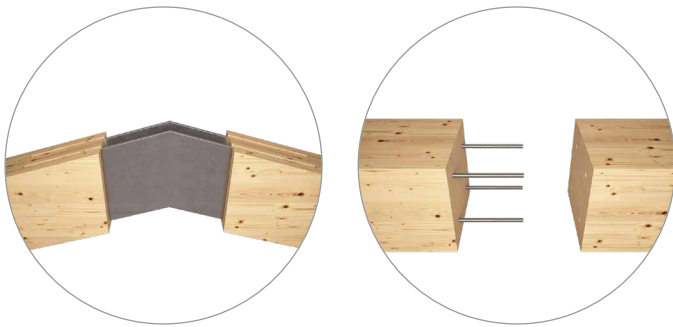
CÓDIGO	descripción	unid.
MAMDB	pistola especial para adhesivo bicomponente	1
STINGXP	boquilla de recambio para adhesivo bicomponente	1

## CAMPOS DE APLICACIÓN

La mezcla de los componentes A y B provoca una reacción exotérmica (desarrollo de calor) y, una vez endurecida, forma una estructura tridimensional con propiedades excepcionales, a saber: durabilidad en el tiempo, sin interacción con la humedad, óptima estabilidad térmica y elevada rigidez y resistencia.

Los productos XEPOX, al tener diferentes viscosidades, son muy versátiles y se pueden usar en cualquier tipo de unión, tanto en las nuevas construcciones como en las recuperaciones estructurales. Cuando se usa con acero, en particular en placas enarenadas o perforadas y en barras, proporciona resistencias altas en espesores reducidos.

### 1. UNIONES DE CONTINUIDAD A MOMENTO



### 2. CONEXIONES DE DOS O TRES VÍAS



### 3. UNIÓN EN MEDIO DE MADERA



### 4. REHABILITACIÓN DE PARTES DETERIORADAS

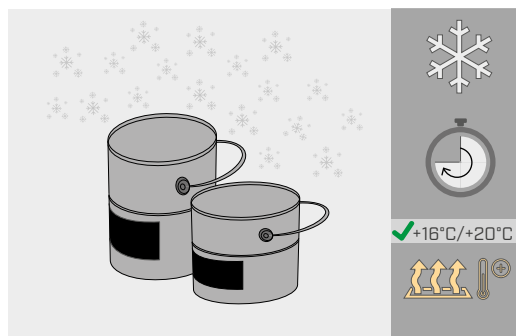


## MEJORAS ESTÉTICAS

El formato en cartucho permite usar el producto también en reparaciones estéticas y para encolados en pequeñas cantidades.



## ■ TEMPERATURAS DE APLICACIÓN Y CONSERVACIÓN

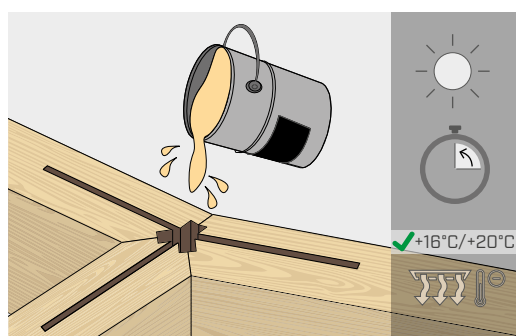


### ALMACENAMIENTO DE ADHESIVOS

Los adhesivos epoxi deben almacenarse y conservarse a temperatura moderada (alrededor de +16 °C/+20 °C), tanto en invierno como en verano, hasta el inmediato momento de su uso.

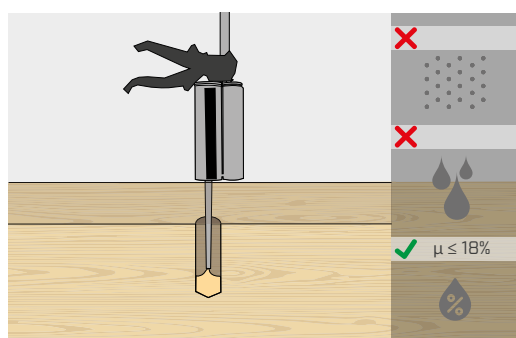
Las temperaturas extremas facilitan la separación de los componentes químicos individuales, lo que aumenta el riesgo de obtener una mezcla no adecuada. Si los envases se dejan expuestos al sol, el tiempo de polimerización del producto se reduce considerablemente.

Las temperaturas de almacenamiento inferiores a 10 °C aumentan la viscosidad de los adhesivos y esto hace muy difícil la extrusión o la percolación.



### APLICACIÓN DE ADHESIVOS

La temperatura ambiente influye considerablemente en los tiempos de endurecimiento. Se aconseja realizar los pegados estructurales a una temperatura ambiente  $T > +10$  °C, siendo ideal alrededor de 20 °C. Si la temperatura es demasiado baja, es obligatorio calentar los envases al menos una hora antes de usar el producto y prever tiempos superiores antes de aplicar la carga. En cambio, si las temperaturas son demasiado altas ( $> 35$  °C), los encolados deben realizarse en lugares frescos y evitar las horas más calurosas del día; además, los tiempos de endurecimiento serán menores. Si no se respetan las instrucciones anteriores, existe el riesgo de no lograr el rendimiento estático de la unión.



### AGUJEROS Y FRESADOS

Antes de aplicar el adhesivo, los agujeros y las cavidades de la madera deben protegerse contra el agua de lluvia o la humedad atmosférica alta y limpiarse con aire comprimido.

Si las partes sujetas a resinado fueran mojadas o muy húmedas, es obligatorio secarlas.

El uso de adhesivos XEPOX está indicado para maderas cuyo grado de humedad sea inferior a aproximadamente el 18 %.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Propiedad	Normativa		XEPOX P	XEPOX L	XEPOX F	XEPOX D	XEPOX G
Peso específico	ASTM D 792-66	[kg/dm <sup>3</sup> ]	≈ 1,10	≈ 1,40	≈ 1,45	≈ 2,00	≈ 1,90
Relación estequiométrica en volumen (A:B) <sup>(1)</sup>	-	-	100 : 50 <sup>(2)</sup>	100 : 50	100 : 50	100 : 50	100 : 50
Viscosidad (25 °C)	-	[mPa·s]	A = 1100 B = 250	A = 2300 B = 800	A = 14000 B = 11000	A = 300000 B = 300000	A = 450000 B = 13000
Pot life (23 °C ± 2°C) <sup>(3)</sup>	ERL 13-70	[min]	50 ÷ 60	50 ÷ 60	50 ÷ 60	50 ÷ 60	60 ÷ 70
Temperatura de aplicación	-	[°C]	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35
Temperatura de transición vítrea	EN ISO 11357-2	[°C]	66	61	59	57	63
Tensión normal de adherencia (val. promedio) $\sigma_0$	EN 12188	[N/mm <sup>2</sup> ]	21	27	25	19	23
Resistencia al corte oblicuo con compresión a 50° $\sigma_{0,50^\circ}$	EN 12188	[N/mm <sup>2</sup> ]	94	69	93	55	102
Resistencia al corte oblicuo con compresión a 60° $\sigma_{0,60^\circ}$	EN 12188	[N/mm <sup>2</sup> ]	106	88	101	80	109
Resistencia al corte oblicuo con compresión a 70° $\sigma_{0,70^\circ}$	EN 12188	[N/mm <sup>2</sup> ]	121	103	115	95	116
Resistencia a la compresión <sup>(4)</sup>	EN 13412	[N/mm <sup>2</sup> ]	95	88	85	84	94
Módulo elástico medio en compresión	EN 13412	[N/mm <sup>2</sup> ]	3438	3098	3937	3824	5764
Coefficiente de dilatación térmica <sup>(5)</sup>	EN 1770	[m/m°C]	7,0 x 10 <sup>-5</sup>	7,0 x 10 <sup>-5</sup>	6,0 x 10 <sup>-5</sup>	6,0 x 10 <sup>-5</sup>	5,0 x 10 <sup>-5</sup>
Carga unitaria de rotura por tracción <sup>(6)</sup>	ASTM D638	[N/mm <sup>2</sup> ]	40	36	30	28	30
Módulo elástico medio en tracción <sup>(6)</sup>	ASTM D638	[N/mm <sup>2</sup> ]	3300	4600	4600	6600	7900
Carga unitaria de rotura por flexión <sup>(6)</sup>	ASTM D790	[N/mm <sup>2</sup> ]	86	64	38	46	46
Módulo elástico medio en flexión <sup>(6)</sup>	ASTM D790	[N/mm <sup>2</sup> ]	2400	3700	2600	5400	5400
Carga unitaria de rotura por corte (punch tool) <sup>(6)</sup>	ASTM D732	[N/mm <sup>2</sup> ]	28	29	27	19	25

### NOTAS

<sup>(1)</sup> Los componentes están envasados en cantidades predosificadas, listos para usar. La relación se indica en volumen no en peso.

<sup>(2)</sup> Se recomienda no utilizar más de un litro de XEPOX P mezclado a la vez. La relación entre componentes A:B en peso es aproximadamente 100:44,4

<sup>(3)</sup> Con pot-life se entiende el tiempo necesario para que la viscosidad inicial de la mezcla se duplique o cuadruplique. Es el tiempo durante el cual la resina se puede utilizar después de mezclarse con el endurecedor. Se diferencia del tiempo de empleo útil, que es el tiempo del que dispone el operador para aplicar y manipular la resina (aproximadamente 25-30 min).

<sup>(4)</sup> Valor promedio (en 3 pruebas realizadas) al término de los ciclos de carga/descarga.

<sup>(5)</sup> Coeficiente de dilatación térmica en el intervalo de -20 °C a +40 °C, según UNI EN1770.

<sup>(6)</sup> Valor promedio según los ensayos realizados en la campaña de investigación: "Conexiones innovadoras para elementos estructurales de madera" - Politécnico de Milán.

• XEPOX está registrado como marca de la Unión Europea n.º 018146096.

## UNIONES CON BARRAS ENCOLADAS

A continuación se proporcionan las indicaciones de la norma DIN 1052:2008 y de las normas italianas CNR DT 207:2018.

### MÉTODO DE CÁLCULO | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La resistencia a la tracción de una barra de diámetro  $d$  es igual a:

$$R_{ax,d} = \min \begin{cases} f_{y,d} \cdot A_{res} & \text{rotura de la barra de acero} \\ \pi \cdot d \cdot l_{ad} \cdot f_{v,d} & \text{rotura de la interfaz madera - adhesivo} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{rotura lado madera} \end{cases}$$



donde:

$f_{yd}$  es la resistencia de proyecto al esfuerzo plástico de la barra de acero [N/mm<sup>2</sup>]

$A_{res}$  es el área resistente de la barra de acero [mm<sup>2</sup>]

$d$  es el diámetro nominal de la barra de acero [mm]

$l_{ad}$  es la longitud de pegado de la barra de acero [mm]

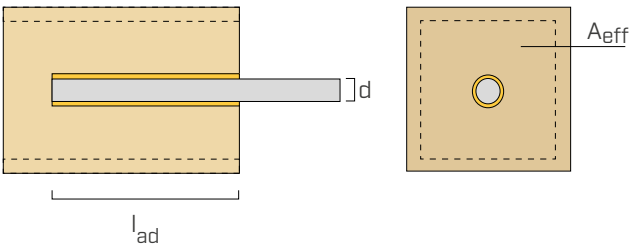
$f_{v,d}$  es la resistencia al corte de proyecto del pegado [N/mm<sup>2</sup>]

$f_{t,0,d}$  es la resistencia a la tracción de proyecto, paralela a la fibra de madera [N/mm<sup>2</sup>]

$A_{eff}$  es el área eficaz de rotura de la madera [mm<sup>2</sup>]



El área eficaz  $A_{eff}$  no puede suponerse mayor que la correspondiente a un cuadrado de madera con un lado  $6 \cdot d$  y, en todo caso, no mayor que la geometría efectiva.



La resistencia característica al corte  $f_{v,k}$  depende de la longitud de pegado:

$l_{ad}$ [mm]	$f_{v,k}$ [MPa]
$\leq 250$	4
$250 < l_{ad} \leq 500$	$5,25 - 0,005 \cdot l$
$500 < l_{ad} \leq 1000$	$3,5 - 0,0015 \cdot l$

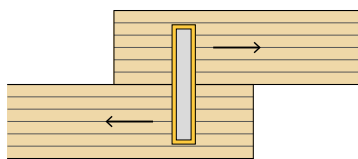
Para un ángulo de pegado  $\alpha$  respecto a la dirección de las fibras se obtiene:

$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1,5 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

## MÉTODO DE CÁLCULO | RESISTENCIA AL CORTE

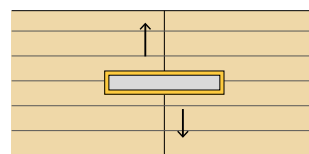
La resistencia al corte de una barra se puede calcular con las conocidas fórmulas de Johansen para pernos teniendo en cuenta las siguientes observaciones.

$$f_{h,k\perp} = f_{h,k} + 25\%$$



Para barras encoladas perpendicularmente a la fibra, la resistencia al recalcado se puede aumentar hasta un 25 %.

$$f_{h,k//} = 10\% f_{h,k\perp}$$



Para barras encoladas paralelamente a la fibra, la resistencia al recalcado es equivalente al 10 % del valor perpendicular a la fibra.

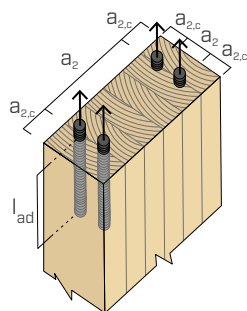
El efecto hueco se calcula como la resistencia dada por la interfaz madera-adhesivo. Para obtener la resistencia de una barra encolada con un ángulo  $\alpha$  respecto a la fibra, se permite la interpolación lineal entre los valores de resistencia para  $\alpha=0^\circ$  y  $\alpha=90^\circ$ .

## INSTALACIÓN

### DISTANCIA MÍNIMA PARA BARRAS SOLICITADAS A TRACCIÓN

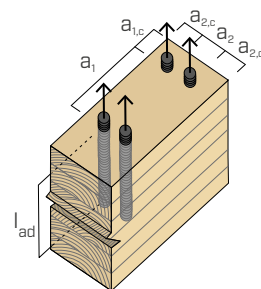
Barras encoladas // a la fibra

$a_2$	$5 \cdot d$
$a_{2,c}$	$2,5 \cdot d$



Barras encoladas  $\perp$  a la fibra

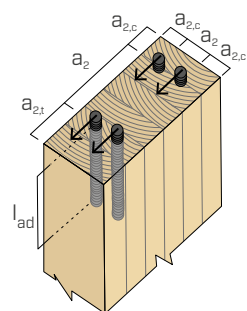
$a_1$	$4 \cdot d$
$a_2$	$4 \cdot d$
$a_{1,c}$	$2,5 \cdot d$
$a_{2,c}$	$2,5 \cdot d$



### DISTANCIA MÍNIMA PARA BARRAS SOLICITADAS AL CORTE

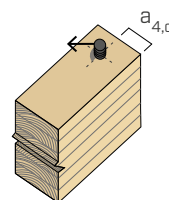
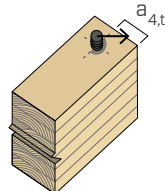
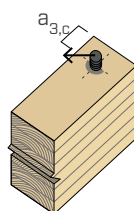
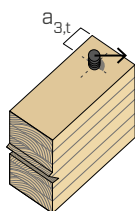
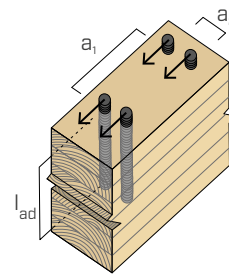
Barras encoladas // a la fibra

$a_2$	$5 \cdot d$
$a_{2,c}$	$2,5 \cdot d$
$a_{2,t}$	$4 \cdot d$



Barras encoladas  $\perp$  a la fibra

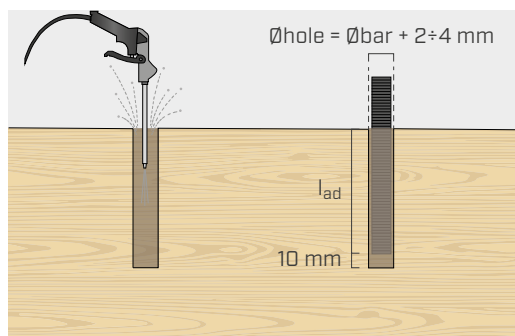
$a_1$	$5 \cdot d$
$a_2$	$3 \cdot d$
$a_{3,t}$	$7 \cdot d$
$a_{3,c}$	$3 \cdot d$
$a_{4,t}$	$3 \cdot d$
$a_{4,c}$	$3 \cdot d$





## BARRAS ENCOLADAS - INSTRUCCIONES DE COLOCACIÓN

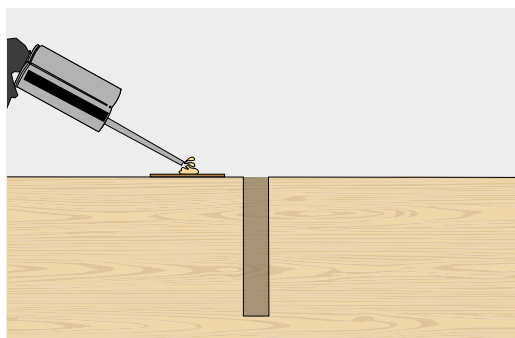
### OPCIÓN 1 (válida solo para pegados en vertical)



#### REALIZACIÓN DEL AGUJERO

Se aconseja realizar un agujero ciego con un diámetro igual al de la barra roscada aumentado en 2-4 mm. La punta de la broca debe estar limpia y seca, para descartar cualquier posible contaminación que pueda afectar el proceso de polimerización. Asimismo, la barra debe estar perfectamente limpia y su superficie no deben presentar restos de aceite o agua. Limpiar las virutas o el polvo del agujero con aire comprimido.

Considerar una longitud del agujero igual a la longitud de pegado determinada a partir de cálculos aumentada en 10 mm.

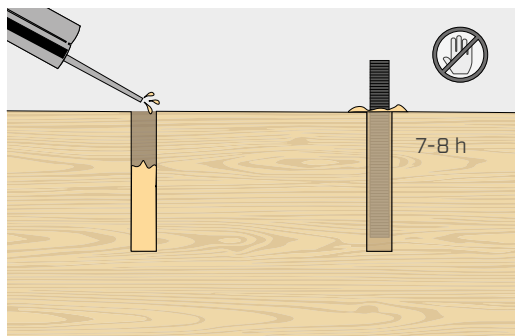


#### PREPARACIÓN DEL ADHESIVO

Después de ponerse todos los equipos de protección individual necesarios, quitar el anillo de cierre y el tapón de protección del cartucho, instalar la boquilla de mezcla STINGXP y fijarla poniendo de nuevo el anillo de cierre.

Se recomienda utilizar cartuchos almacenados correctamente, como se describe en las páginas anteriores.

Insertar el cartucho en la pistola MAMMOTH DOUBLE. Empezar a suministrar la resina. Hasta que la mezcla sea homogénea y sin estrías, la resina se debe desechar en un recipiente aparte. Solo cuando el color de la resina es homogéneo, se puede considerar que la mezcla de los dos componentes es correcta.



#### LLENADO DEL AGUJERO Y COLOCACIÓN DE LA BARRA

Llenar el agujero con la cantidad de adhesivo necesaria. Se aconseja superar la dosis de resina necesaria para asegurarse de que no queden burbujas de aire atrapadas. En caso de que falte un poco de resina, se puede añadir tras insertar la barra.

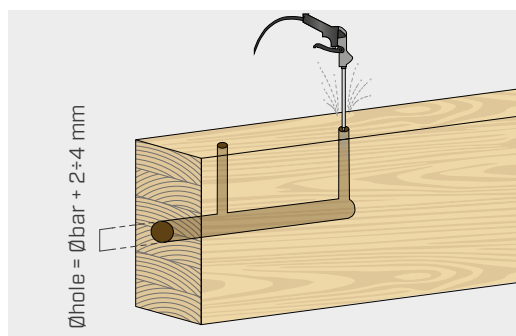
Introducir lentamente la barra, girándola en sentido horario, y hundirla en el agujero. Puede ser de ayuda marcar la profundidad de inserción en la barra con un rotulador. Lo ideal es que quede aproximadamente 1 cm entre el extremo de la barra y el fondo del agujero.

La rectitud de la barra se puede ajustar hasta 15 minutos después de su inserción. Para mantener la barra bloqueada, es posible utilizar un dispositivo de sujeción.

Durante las siguientes 7/8 horas, no se debe tocar la madera ni la barra, ni someterlas a solicitaciones.

Se aconseja dejar una pequeña cantidad de resina sobresaliendo del agujero para compensar la posible absorción de la madera. Si hay adhesivo en exceso, se puede limpiar con un paño o una espátula.

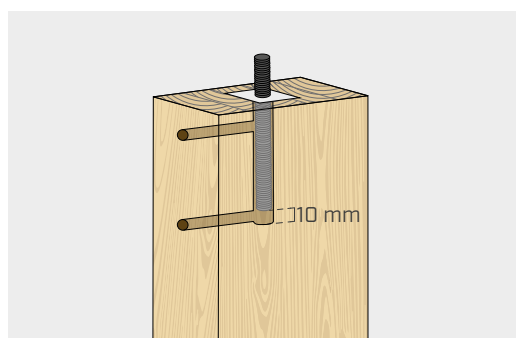
## OPCIÓN 2 - ACONSEJADA [válida para pegados en vertical u horizontal con sellado]



### REALIZACIÓN DEL AGUJERO

Se aconseja realizar un agujero ciego con un diámetro igual al de la barra roscada aumentado en 2-4 mm. La punta de la broca debe estar limpia y seca, para descartar cualquier posible contaminación que pueda afectar el proceso de polimerización. Asimismo, la barra debe estar perfectamente limpia y su superficie no deben presentar restos de aceite o agua. Realizar dos agujeros perpendiculares a cada agujero ciego, uno de inyección (en la base del agujero principal) y otro de ventilación (cerca de la parte superior del agujero principal). Los tres agujeros deben estar perfectamente limpios, sin virutas ni polvo. Se aconseja utilizar pistolas de aire comprimido para comprobar que están todos conectados entre sí.

Considerar una longitud del agujero principal igual a la longitud de pegado determinada a partir de cálculos aumentada en 10 mm.



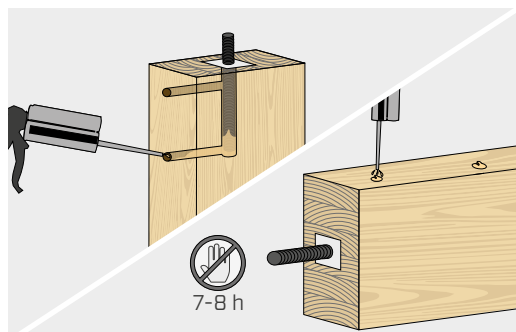
### COLOCACIÓN DE LA BARRA

Introducir la barra en el agujero. Lo ideal es que quede aproximadamente 1 cm entre el extremo de la barra y el fondo del agujero. Puede ser de ayuda marcar la longitud de inserción en la barra con un rotulador.

Para mantener la barra perfectamente centrada, es posible utilizar un dispositivo de sujeción.

Sellar la entrada del agujero alrededor de la barra roscada, prestando atención en no introducir material sellante en el agujero.

Prestar atención a las posibles grietas en la madera que podrían provocar fugas de resina antes de que esta se endurezca. Asimismo, el sellante no debe presentar fisuras que permitan fugas de resina.



### LLENADO DEL AGUJERO

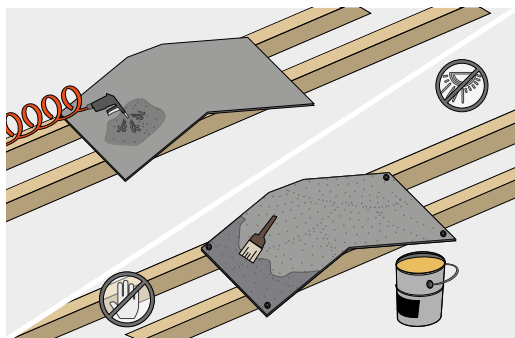
A través del agujero de inyección en la parte inferior, inyectar la resina hasta que salga por el agujero de ventilación. La inyección de resina por abajo permite llenar el agujero sin que se formen burbujas de aire.

Si la barra se mantiene en posición horizontal, el llenado debe realizarse inyectando la resina por el agujero superior.

Añadir adhesivo si se observa que el nivel disminuye (debido a una posterior liberación de aire o a fugas). Tapar los agujeros de ventilación y de inyección con tacos de madera tras quitar el exceso de resina.

La rectitud de la barra se puede ajustar hasta 15 minutos después de inyectar la resina.

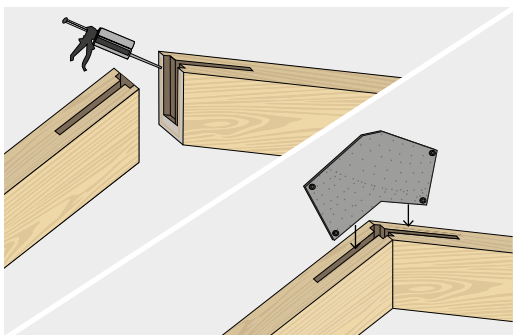
Durante las siguientes 7/8 horas, no se debe tocar la madera ni la barra, ni someterlas a solicitaciones.



### PREPARACIÓN DEL SOPORTE METÁLICO

Los insertos metálicos deben estar perfectamente limpios y en su superficie no debe haber grasa ni restos de aceite o agua.

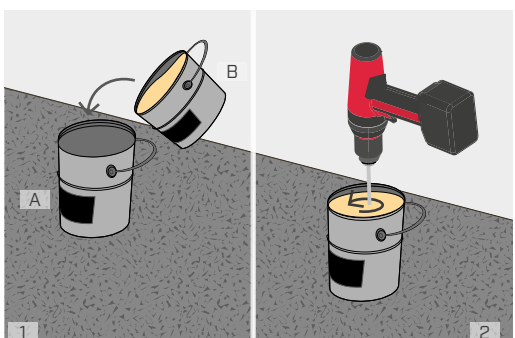
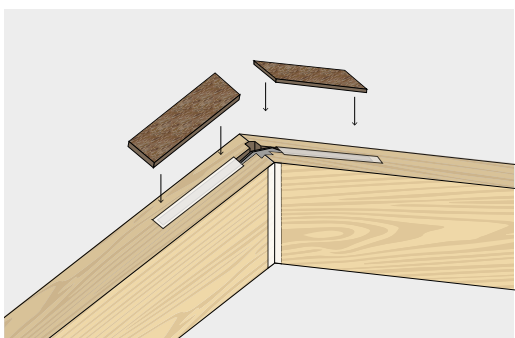
Las chapas lisas pueden perforarse o tratarse con un proceso de enarenado de grado SA2,5/SA3 y, luego, protegerse con una mano de XEPOX P para evitar que se oxiden. Con el fin de garantizar la correcta posición de los insertos dentro de los fresados, se aconseja colocar arandelas separadoras en los insertos metálicos durante la fase de polimerización de la capa de protección. Proteger las superficies metálicas de los rayos directos del sol.



### PREPARACIÓN DEL SOPORTE DE MADERA

Se aconseja realizar un fresado para cada soporte metálico con un espesor igual al de la placa aumentado en 4-6 mm (2-3 mm de cola por lado). El fresado debe estar perfectamente limpio, sin virutas ni polvo. Se sugiere dejar también un cojinete de adhesivo "extra", realizado con un adecuado fresado en el extremo de los elementos de madera, como garantía adicional de la funcionalidad del sistema de contacto.

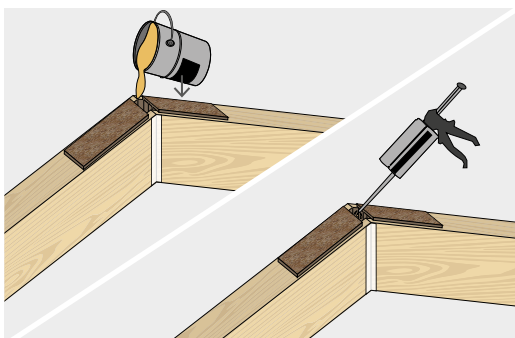
Cerca de aristas verticales, aplicar, aproximadamente a 2÷3 mm de estas, tiras continuas de cinta adhesiva de papel. Después de introducir la placa en el fresado, aplicar una tira continua de silicona acética y hacer que se adhiera también a las superficies protegidas por la cinta. Los fresados en el extradós de los elementos en pendiente deberán sellarse con tablas de madera antes de aplicar la resina. Solo se debe dejar descubierta la parte terminal de los fresados en el punto más alto, para poder realizar el pegado. Se debe evitar cualquier contaminación entre sellantes y resina.



### REALIZACIÓN DE LA UNIÓN

Antes de empezar las operaciones de mezcla, ponerse todos los equipos de protección individual necesarios.

**Producto en bidones:** si es necesario, mezclar el contenido de los envases individuales para mezclar las partes sólidas y líquidas de los componentes hasta obtener un producto homogéneo. Mezclar con un mezclador adecuado de doble hélice montado en una electroherramienta (o bien con una varilla metálica) hasta obtener una mezcla con un color homogéneo. El producto en el interior del envase no debe presentar estrías blancas ni partes de diferentes colores. A continuación, verter la mezcla obtenida en el fresado directamente desde el bidón de mezcla (vertido) o bien tomar el producto y aplicarlo con una espátula.

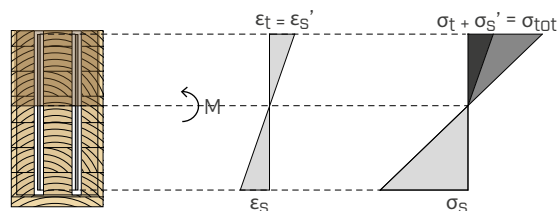


**Producto en cartuchos:** insertar el cartucho con la boquilla en la pistola MAMMOTH DOUBLE, teniendo cuidado de comprobar que quede bien sujeta en su alojamiento. Empezar a suministrar la resina. Hasta que la mezcla sea homogénea y sin estrías, la resina se debe desechar en un recipiente aparte. Solo cuando el color de la resina es homogéneo, se puede considerar que la mezcla de los dos componentes es correcta.

## UNIONES A MOMENTO CON PLACAS

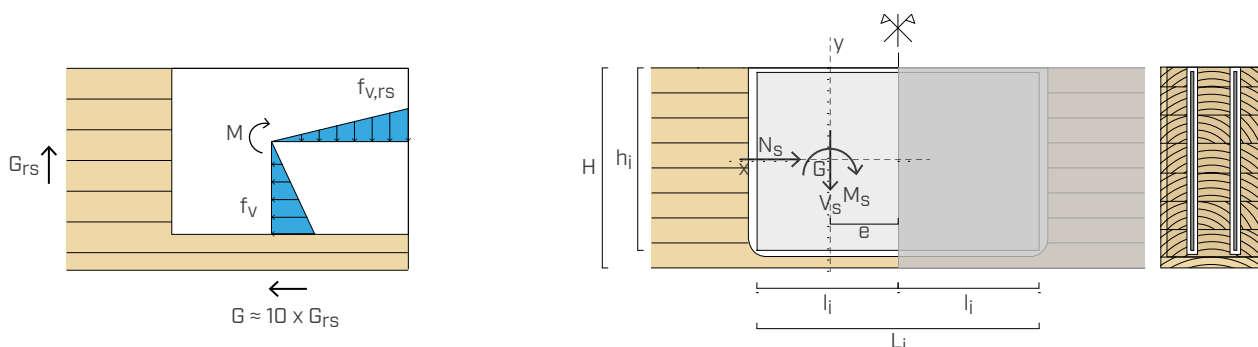
### MÉTODO DE CÁLCULO | SECCIÓN DEL EXTREMO

Los esfuerzos debidos al momento y a la fuerza axial se determinan homogeneizando los materiales de la sección, suponiendo que se conserven las secciones planas. La sollicitación de corte es absorbida solo por las placas. También es necesario verificar las sollicitaciones que actúan en la sección de madera al neto de los fresados.



### MÉTODO DE CÁLCULO | DISTRIBUCIÓN DEL MOMENTO EN LA INTERFAZ ACERO-ADHESIVO-MADERA

El momento se distribuye entre las superficies de interfaz (1 placa = 2 interfaz) y, luego, se descompone en esfuerzos, considerando tanto la inercia polar alrededor del baricentro como las diferentes rigideces de la madera. De esta manera, se obtienen las tensiones tangenciales máximas en dirección ortogonal y paralela a la fibra, que deben comprobarse en su interacción.



Momento de inercia polar de mitad inserto con respecto al baricentro, pesado sobre los módulos de corte de madera:

$$J_p^* = \frac{l_i \cdot h^3}{12} \cdot G + \frac{l_i^3 \cdot h}{12} \cdot G_{rs}$$

Cálculo de los esfuerzos tangenciales y verificación combinada:

$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

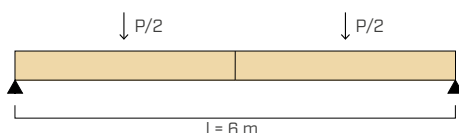
$$\tau_{max,vert} = \frac{(M_d + M_{T,Ed}) \cdot e}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot G_{rs} + \frac{V_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\tau_{max,hor}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max,vert}}{f_{v,rs,d}}\right)^2} \leq 1$$

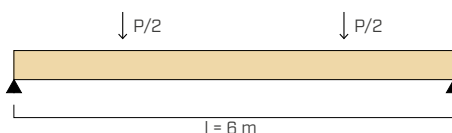
### RIGIDEZ DE LAS CONEXIONES

Las uniones a momento realizadas con adhesivos XEPOX garantizan una elevada rigidez a los elementos unidos. De hecho, comparando el comportamiento de una viga con apoyo simple formada por dos elementos de madera unidos a momento mediante una placa y resina XEPOX con el comportamiento de una viga continua con apoyo simple de igual luz y sección, solicitadas por la misma configuración de carga, se puede observar que la conexión a momento logra garantizar una rigidez y una transmisión de momento cercanas a las de la viga continua.

#### EXPERIMENTAL



#### REFERENCIA (viga entera, calculada)



$$\frac{M_{test}}{M_{Rif}} = 0,90$$

$$\frac{E_{test}}{E_{Rif}} = 0,77$$

La flecha medida experimentalmente bajo la carga de rotura es de aproximadamente 55 mm; la flecha elástica de una viga entera calculada para la misma carga es igual a 33 mm. Por lo tanto, el aumento de desplazamiento vertical de la viga unida cerca de la rotura de la unión se sitúa en un valor de  $l/270$ . Se recuerda que estos valores no son comparables con los valores de flecha utilizados normalmente al realizar el proyecto, en el que la flecha se evalúa en condiciones de funcionamiento y no en los estados límite últimos.

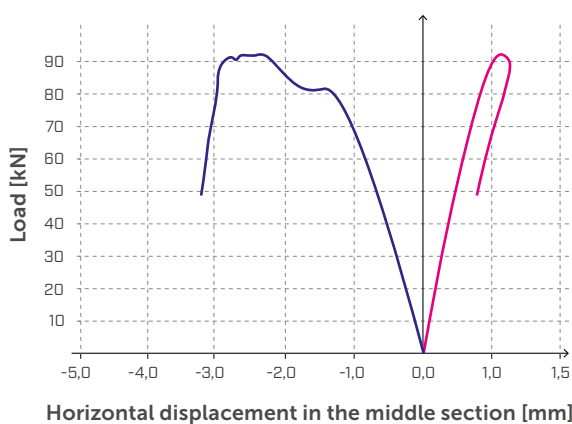
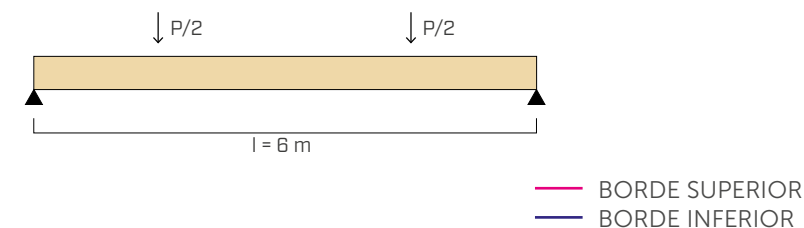
Los valores determinados a partir de los ensayos no son valores característicos y deben considerarse únicamente como valores indicativos del comportamiento general de las uniones a momento con resinas epoxi y placas.

## MADERA QUE REACCIONA A LA COMPRESIÓN EN LA SECCIÓN DE TESTA

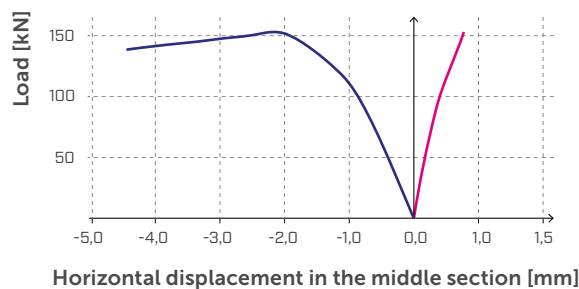
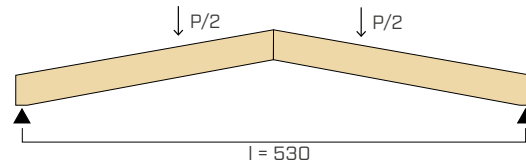
Los dos gráficos siguientes muestran los desplazamientos horizontales de las fibras en tracción y comprimidas en la sección de testa de la conexión, registrados durante algunos ensayos realizados en el Politécnico de Milán.

Los dos ensayos han implicado dos uniones a momento realizadas con XEPOX e insertos metálicos (véase el ejemplo en las páginas siguientes). La presencia de un cojinete de resina de espesor medio (5-10 mm) ha garantizado el contacto entre las dos secciones de testa. En los dos casos se puede observar que el mayor desplazamiento se produce en las fibras en tracción, lo que valida la hipótesis de cálculo según la cual, si se garantiza el contacto entre las dos secciones, también la madera reacciona a la compresión junto con los insertos metálicos, desplazando el eje neutro hacia arriba.

### EJEMPLO 1



### EJEMPLO 2



## EJEMPLO DE CÁLCULO

A continuación, se comparan los resultados de los ensayos de flexión en 4 puntos realizados en los laboratorios del Politécnico de Milán y los resultados de cálculo de la misma unión a momento con placas encoladas.

Como se desprende del factor de reserva de resistencia  $f$ , determinado como relación entre el momento de resistencia según el ensayo y el calculado, existe un buen margen de seguridad en el cálculo de estas uniones.

El valor derivado de la prueba no es un valor característico y no se debe considerar un valor de uso en el proyecto.

### EJEMPLO 1 | UNIÓN DE CONTINUIDAD

#### GEOMETRÍA DEL NUDO: VIGA Y PLACAS

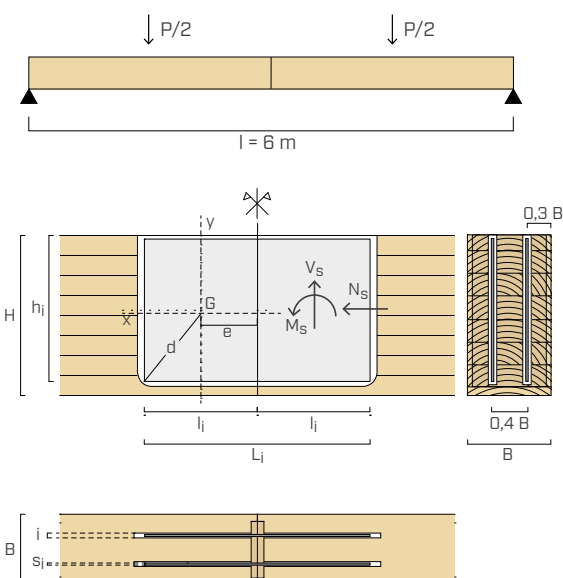
$n_i$	2 mm	<b>B</b>	200 mm
$S_i$	5 mm	<b>H</b>	360 mm
$h_i$	320 mm	<b>B<sub>n</sub></b>	178 mm
$l_i$	400 mm	$\alpha_1$	0 °
<b>e</b>	200 mm		

#### MATERIALES Y DATOS DE PROYECTO

<b>Clase de acero</b>	<b>S275</b>
$\gamma_{M0}$	1

Insertos metálicos enarenados a un grado de SA2,5/SA3 (ISO8501).

<b>Clases de madera</b>	<b>GL24h</b>
$f_{c,0,k}$	24,0 MPa
$f_{c,90,k}$	2,1 MPa
$f_{v,k}$	3,5 MPa
$f_{v,rs}$	1,2 MPa
$k_{mod}$	1,1
$\gamma_M$	1,3





## USO DE XEPOX

Protección de los insertos metálicos contra la oxidación con XEPOX P. Uso de adhesivo XEPOX F o XEPOX L.

### CARGAS DEL PROYECTO QUE ACTÚAN EN LA CONEXIÓN

$M_d$	momento de proyecto aplicado	50,9 kNm
$V_d$	corte de proyecto aplicado	0 kN
$N_d$	acción axial aplicada	0 kN

### VERIFICACIONES

VERIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE EXTREMO <sup>[1], [2]</sup>			
			% de verificación
$\sigma_t$	máximo esfuerzo de compresión lado madera	10,2 MPa	50 %
$\sigma_s$	máximo esfuerzo de compresión lado acero	179,4 MPa	65 %
$\sigma_{s'}$	máximo esfuerzo de tracción lado acero	256,9 MPa	93 %

COMPROBACIÓN DE LA SECCIÓN NETA DE MADERA			
			% de verificación
$\sigma_{t,m}$	máximo esfuerzo flexional lado madera	13,2 MPa	65 %
$F_{t,local}$	carga de tracción máxima lado madera	242,1 kN	100 %

VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN TANGENCIAL MÁXIMA EN LAS SUPERFICIES DE INTERFAZ <sup>[3],[4]</sup>			
			% de verificación
$J_p^*$	módulo de inercia polar ponderado	$8,50 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$	
$\tau_{max,hor}^{(3)}$	máximo esfuerzo tangencial (corte)	1,58 MPa	53 %
$\tau_{max,vert}^{(3)}$	máximo esfuerzo tangencial (rolling shear)	0,2 MPa	19 %
<b>comprobación del esfuerzo combinado</b>			<b>57 %</b>

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA CALCULADA Y LA RESISTENCIA SEGÚN ENSAYO			
Modalidad de crisis de la conexión:			% de verificación
Carga de tracción máxima lado madera			100 %
$M_d = M_{Rd}$	momento de resistencia de proyecto	50,9 kNm	
$M_{TEST}$	momento de resistencia según ensayo (Politécnico de Milán)	94,1 kNm	
$f$	factor de reserva de resistencia	1,8	

LEYENDA:			
$n_i$	número de insertos	$e$	excentricidad entre el baricentro de la placa y la unión de extremo
$S_i$	espesor de los insertos metálicos	$J_p^*$	momento de inercia polar de mitad inserto ponderado
$h_i$	altura de los insertos metálicos	$f_{c,o,k}$	resistencia característica a compresión paralela a la fibra
$l_i$	longitud de introducción de los insertos metálicos	$f_{c,90,k}$	resistencia característica a compresión perpendicular a la fibra
$B$	base de la viga	$f_{v,k}$	resistencia característica al corte
$H$	altura de la viga	$f_{v,rs}$	resistencia característica a rolling shear
$B_n$	anchura de la viga al neto de los fresados	$M_{TEST}$	momento de resistencia última según ensayo realizado en el Politécnico de Milán
$\alpha_1$	ángulo de inclinación de las vigas	$f$	factor de reserva de resistencia ( $f = M_{TEST}/M_{Rd}$ )

### NOTAS

Los coeficientes  $k_{mod}$  y  $\gamma_M$  se deben tomar de acuerdo con la normativa vigente utilizada para el cálculo

Se precisa que los cálculos se han efectuado teniendo en cuenta los valores de  $k_{mod}$  y  $\gamma_M$  según EN 1995 1-1 y  $\gamma_{M0}$  según EN 1993 1-1.

(1) La sección se ha calculado considerando uniones elástico-lineales para todos los materiales. Cabe señalar que, en caso de cargas axiales y de corte, es necesario verificar la combinación de estos esfuerzos.

(2) En este cálculo se considera que el cojinete de resina permite un contacto completo de la sección de interfaz y que, por lo tanto, la madera puede reaccionar a la compresión. En caso de que no se realice el cojinete de resina, se aconseja verificar solo el inserto metálico como reactivo, aplicando la siguiente fórmula con los parámetros geométricos del inserto:

$$f_{yd} \leq \frac{M_d}{\frac{B \cdot h^2}{6}}$$

(3) Cabe señalar que los adhesivos XEPOX se caracterizan por resistencias características de tracción y corte que no cambian con el tiempo y que son claramente superiores a las resistencias de la madera. Por este motivo, la verificación de la resistencia a la torsión de las interfaces se realiza evaluando solo el lado madera, considerando que el adhesivo cumple dicha verificación.

(4) La tensión de corte " $\tau$ " de la interfaz madera-adhesivo-acero, transferida a la madera, se calcula en su valor máximo en caso de inclinación paralela o perpendicular a las fibras de la madera. Estas tensiones se comparan respectivamente con la resistencia al corte en la madera y con la resistencia al corte para rolling shear. También se debe considerar la contribución de un momento de transporte  $M_{T,ED}$  resultante de la sollicitación de corte, si está presente.

• XEPOX está registrado como marca de la Unión Europea n.º 018146096.