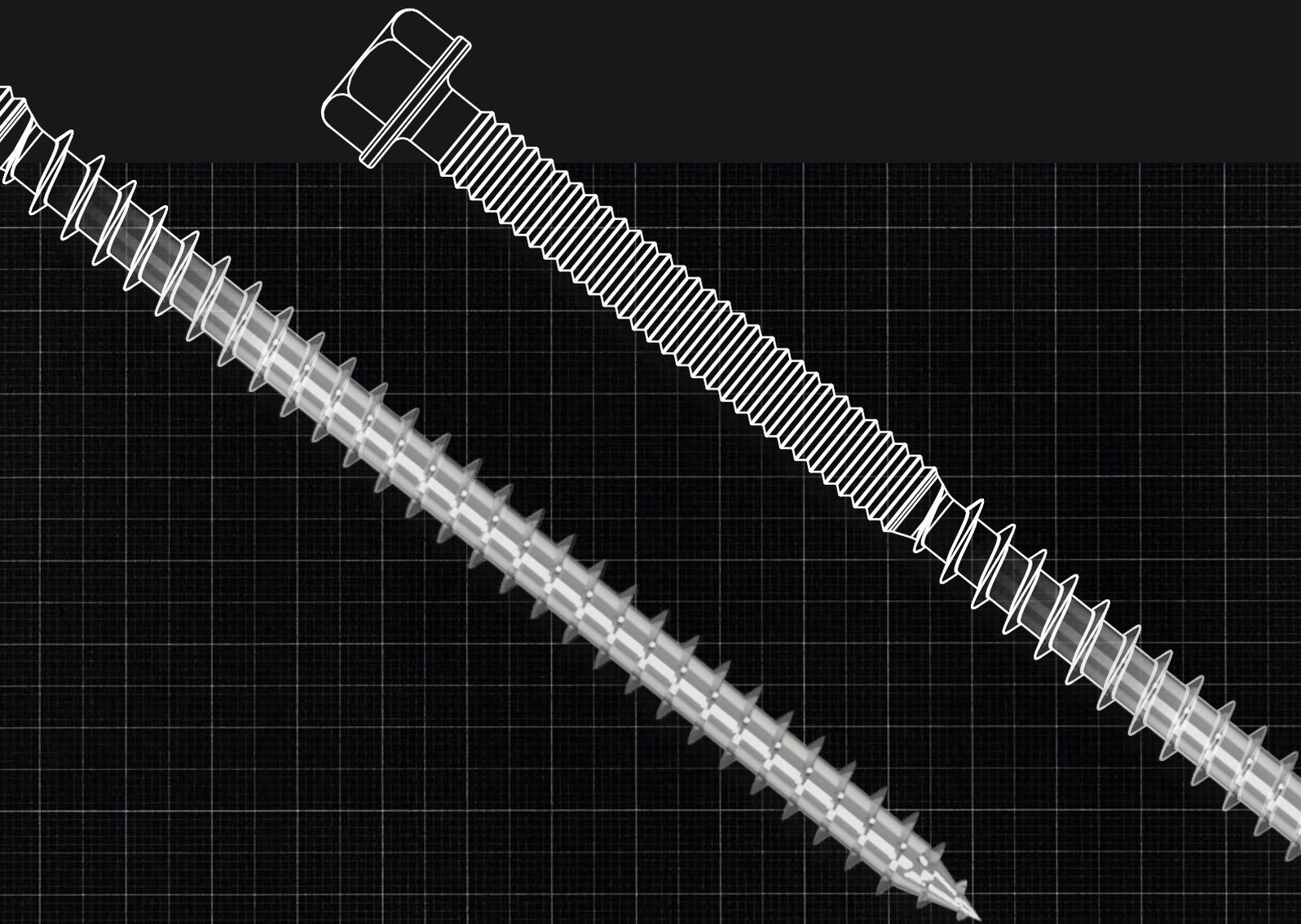




El especialista en técnicas de fijación

SISTEMA COMPUESTO MADERA - HORMIGÓN (CMH)

CONOCIMIENTO EXPERTO PARA EL USUARIO





ÍNDICE

Nuestro departamento de construcción e ingeniería	4
Servicio de cálculo de Eurotec	6

1 CMH – ASPECTOS ESENCIALES

1.1	Introducción	9
1.2	Ventajas	10
1.3	Conformación de su estructura	11
1.4	Tornillos para Compuestos Madera-Hormigón – visión general	13

2 SISTEMAS COMPUESTOS MADERA-HORMIGÓN

2.1	Campo de aplicación	15
2.2	¿Cómo funciona?	17
2.3	Calculando forjados CMH	19
2.4	Opciones de implementación	24

3 PASO A PASO DEL PROCESO

3.1	Inspección del forjado	29
3.2	Preparando el forjado existente	30
3.3	Instalando los conectores	31
3.4	Instalando la armadura	32
3.5	Colando el hormigón	33

¡APROVECHE AL MÁXIMO NUESTROS EXPERTOS!

¿Tienes alguna pregunta sobre compuestos madera-hormigón?
¡Contacte a **nuestros expertos** ahora!



Equipo de Ingeniería
Tel. +49 2331 62 45-444
technik@eurotec.team



Nuestro departamento de construcción e ingeniería

NUESTROS CLIENTES RECIBEN UN PAQUETE COMPLETO DONDE LA CALIDAD DEL PRODUCTO ES LA PRIORIDAD MÁXIMA.

Muchos procesos y pasos de trabajo que otras empresas llevan a cabo a través de terceros, Eurotec es capaz de manejarlos de manera independiente.

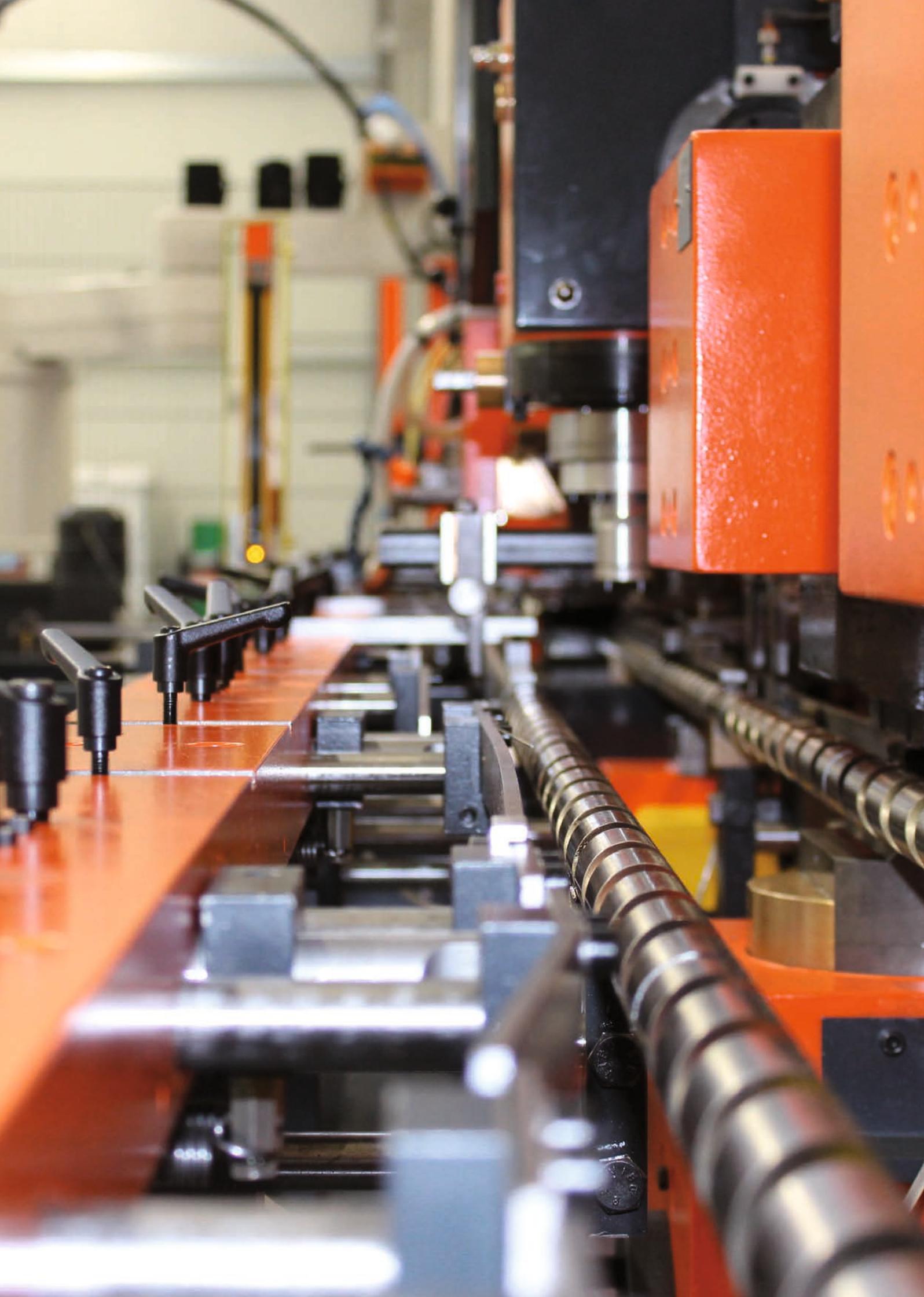
Nuestro enfoque garantiza que nuestros clientes reciban todo de una sola fuente y tengan contactos directos para sus proyectos dentro de nuestra empresa.

Nuestros especialistas, que tienen experiencia en diversos sectores de la industria de la construcción, diseñan en 2D y 3D, ordenan y verifican muestras iniciales, preparan solicitudes de certificación, registran patentes, monitorean la producción en serie y mucho más.

Todos nuestros principales productos cuentan con los documentos de Idoneidad Técnica Europea e informes de ensayo más importantes del sector de la construcción, lo que refleja nuestros altos estándares de calidad.

También ofrecemos una amplia gama de servicios, que van desde cálculos gratuitos para proyectos de construcción, soporte posventa y prototipos constructivos, hasta diversos videos de aplicación y cursos de capacitación externa.

Nuestros productos nos permiten responder a las necesidades generales del mercado y trabajar con los clientes para obtener las soluciones específicas que requieran.



SERVICIO DE CÁLCULO DE EUROTEC

¡Estaremos encantados de asesorarle en su proyecto!

Cada proyecto de construcción es un caso único, por lo cual no existe una solución igual para todas las situaciones. Estaremos más que contentos de realizar el proceso de cálculo preliminar para usted y ayudarlo con su proyecto individual.

Eurotec proporciona el software de dimensionamiento gratuito ECS para el cálculo preliminar.

Cómo completar el proceso de cálculo preliminar

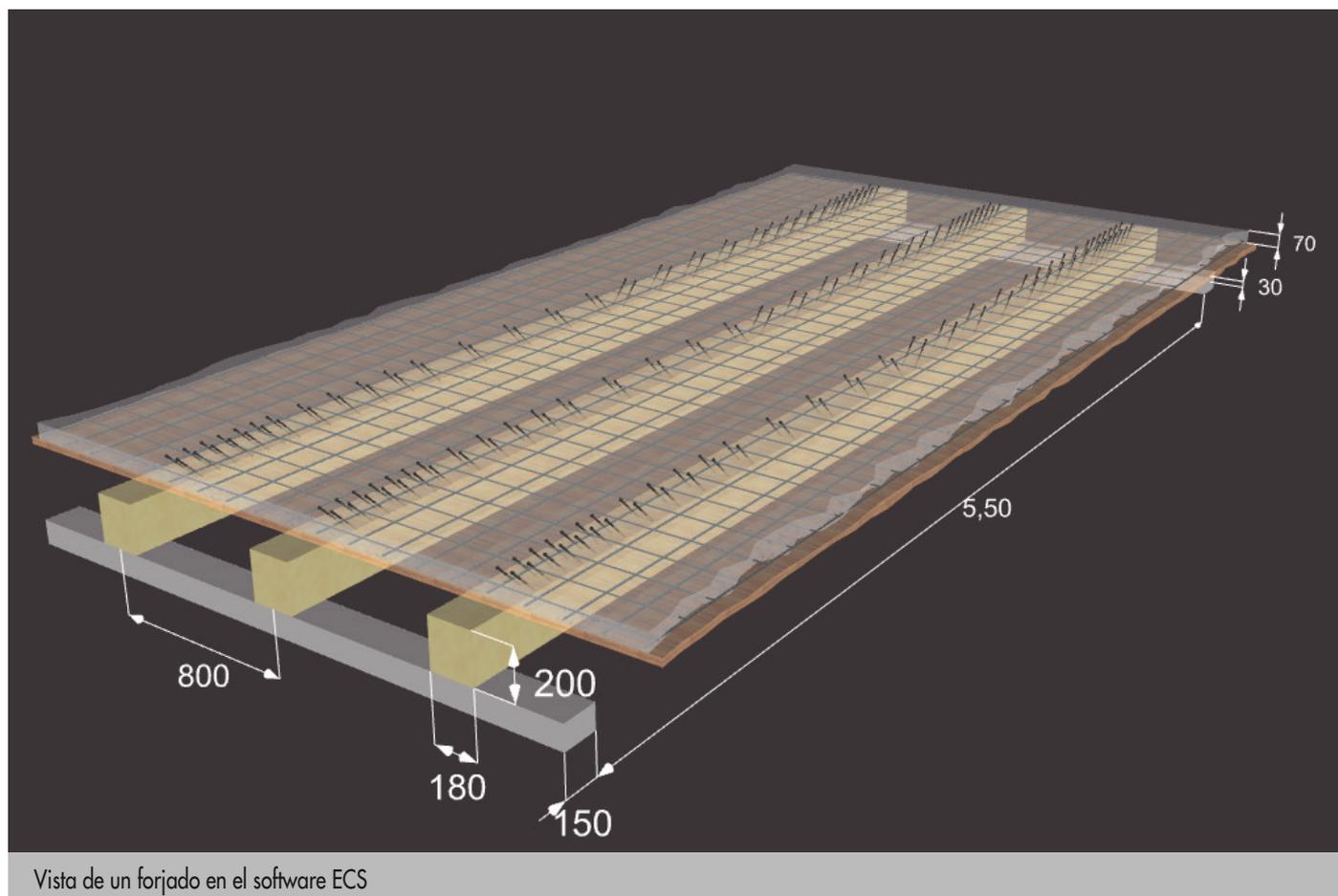
- Rellene el formulario de cálculo preliminar
 - Recopile los datos clave necesarios
- Envíelo al departamento de ingeniería de Eurotec
 - technik@eurotec.team
- Obtenga como resultado:
 - La recomendación del tipo de tornillo adecuado
 - La cantidad de tornillos que necesita
 - Un cálculo preliminar verificado



¡Escanee el código QR para ir directamente a nuestro formulario de solicitud!



¡Escanee el código QR para ir directamente a nuestro software de dimensionamiento ECS!



Por teléfono 02331 6245-444 · por fax a 02331 6245-200 · por Mail a technik@eurotec.team

Póngase en contacto con nuestra sección técnica y aproveche nuestro software de cálculo gratuito en la sección de servicios en nuestra página web: www.eurotec.team/Service

Contacto

Distribuidor: _____	Ejecutor: _____
Persona de contacto: _____	Persona de contacto: _____
Correo electrónico: _____	Teléfono: _____
Proyecto de obra: _____	Correo electrónico: _____

Detalles de la estructura de soporte

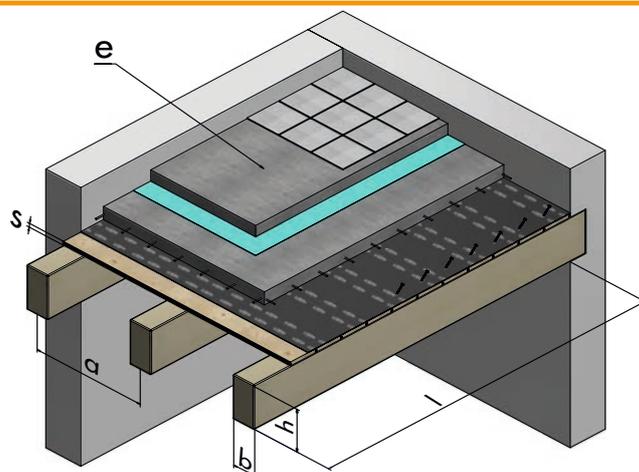
h (mm): _____
(altura de las vigas de madera)

b (mm): _____
(ancho de las vigas de madera)

a (mm): _____
(máxima distancia entre los centros de las vigas de madera)

l (mm): _____
(envergadura anchura libre)

s (mm): _____
(grosor del encofrado, si lo hubiera)



Detalles de la estructura de soporte

e Diseño y dimensiones de la estructura planificada y posterior del suelo

Solado (mm): _____
(Tipo: p. ej. Cemento/asfalto/solado seco)

Capa de aislamiento (mm): _____

Revestimiento del suelo (mm): _____
(Tipo: p. ej. baldosas, parquet, laminado)

Suplemento de tabiquería para paredes (con yeso incluido) con una carga de:

≤ 3 kN/m longitud de pared	0,8 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
> 3 kN/m ≤ 5 kN/m longitud de pared	1,2 kN/m ²	<input type="checkbox"/>

Indicaciones relativas a otras cargas

Cargas debajo del techo, p. ej. techos en suspensión: _____

Indicaciones sobre la carga de fuego

<input type="checkbox"/> R30	<input type="checkbox"/> R60	<input type="checkbox"/> R90	<input type="checkbox"/> R120
------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------

Indicaciones relativas a la utilización según DIN EN 1991-1

<input type="checkbox"/> Superficie vivienda/oficina	<input type="checkbox"/> Superficie venta	<input type="checkbox"/> Salón de reuniones
--	---	---

Nota: No se puede utilizar un cálculo preliminar para la ejecución de la obra. El cálculo preliminar se refiere únicamente al procedimiento TCC-Integral de Eurotec, que está aprobado por las autoridades de la construcción. Cálculo según CE 5/DIN EN 1995 y CE 2/DIN EN 1992.

1 CMH – ASPECTOS ESENCIALES



1.1 INTRODUCCIÓN

Los beneficios de emplear materiales compuestos en la construcción, es decir, el concepto de unir dos materiales distintos que trabajen solidariamente como uno solo aprovechando las ventajas de cada uno, han sido reconocidos hace ya un tiempo. Uno de los ejemplos más destacados es el hormigón armado, el cual es la unión compuesta entre el hormigón y el acero.

La construcción con compuestos madera-hormigón gana cada vez más importancia, y se ha ido consolidando en la práctica de la construcción. A menudo se utiliza en la construcción de falsos techos y se utiliza específicamente en el norte de Italia, sobre todo como complemento a la tradición local de ingeniería en madera. También aquí en la región, esta opción se está volviendo cada vez más interesante para clientes finales, proyectistas y contratistas. Por lo tanto, el término se ha vuelto común en la ingeniería estructural para estructuras de techos de madera. Este método constructivo ha demostrado ser particularmente versátil, práctico y económico. Incluso una delgada capa de hormigón es capaz de mejorar en gran medida la capacidad de carga de una estructura de madera. La combinación de diferentes materiales abre nuevas posibilidades arquitectónicas para los proyectistas. En el caso de los compuestos madera-hormigón, las propiedades inherentes de cada material son aprovechadas al máximo: la madera absorbe los esfuerzos de tracción, mientras que el hormigón absorbe los esfuerzos de compresión. Siendo la madera una materia prima renovable y con huella de carbono negativa, se conforma una construcción amigable con el medio ambiente, y al mismo tiempo, sustentable. Al combinar la madera y el hormigón, se pueden lograr estructuras con bajo consumo energético de manera eficiente, económica, y, sobre todo, duradera.

La versatilidad de este material compuesto lo vuelve interesante para una gran variedad de aplicaciones. En áreas urbanas altamente densas, el mismo juega un rol importante como una opción asequible de aumentar la provisión de vivienda aprovechando el mismo terreno. Además de emplearse en reformas, también resulta atractivo en construcciones nuevas.



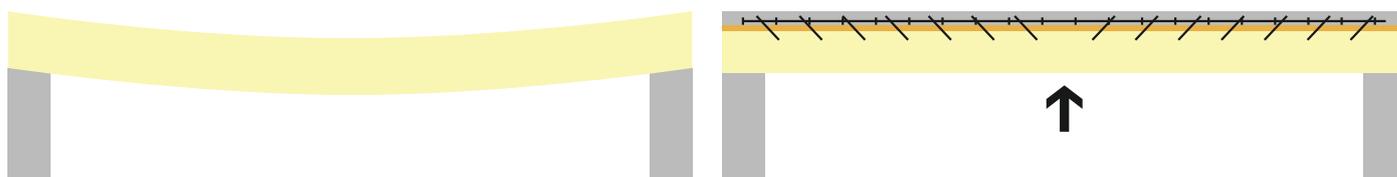
Vista de una casa con cielorraso y estructura de techo antiguos

1.2 VENTAJAS

Las ventajas de un forjado Compuesto Madera-Hormigón (CMH) son muchas. Comparado con forjados puros de madera, lo que hace a este sistema ventajoso es esencialmente su elevada rigidez. Esto aumenta la capacidad de carga y permite lograr mayores luces. Un forjado CMH es una solución ideal para las luces cada vez mayores demandadas por la arquitectura moderna. En un forjado puro de hormigón armado, se llega a un punto donde no se pueden alcanzar grandes luces debido al elevado peso propio del mismo, mientras que empleando sólo madera se requieren elementos de dimensiones demasiado grandes. Un forjado madera-hormigón cumple el objetivo de manera elegante y sencilla, además de obtener un mejor desempeño contra impactos debido a su masa y rigidez mejorados. Esto evita vibraciones y crujidos que suelen ser comunes con un techo de vigas de madera pura. El resultado es una mejor aislación acústica.

Este sistema trae consigo otra gran ventaja en la construcción de edificios multipisos, la cual es una mejora del tiempo de resistencia en situación de incendio, debido a que el hormigón es un material incombustible. Otro beneficio es que los forjados en hormigón armado poseen capacidad resistente biaxial. Los forjados clásicos en madera transfieren cargas en una sola dirección, por lo que según el EC 1-1-1, se deben asumir cargas de servicio más elevadas en relación a los forjados de hormigón armado.

Todavía, la estructura de madera puede elevarse mediante soportes auxiliares durante la construcción del CMH. La contraflecha creada se mantiene si esos apoyos auxiliares no se remueven hasta que el hormigón haya fraguado por completo. Luego, las deformaciones diferidas clásicas de una viga de madera pueden reducirse de manera permanente. Por lo tanto, la calidad de habitabilidad mejorar en gran medida. Otro aspecto que no debe pasarse por alto es la apelación estética y los detalles de una estructura de techo de madera a la vista.



Vistas de una viga de madera deformada y de una viga de madera compuesta con hormigón

Un forjado de CMH ofrece ventajas tanto frente a un forjado puro en madera, cuanto un puro de hormigón armado.

VENTAJAS EN COMPARACIÓN CON UN FORJADO PURO DE MADERA

Un forjado de CMH aumenta la capacidad resistente y rigidez, lo que permite cubrir grandes luces. También, el mismo sufre menores deformaciones diferidas en comparación con un forjado clásico de vigas de madera. El tiempo de resistencia al fuego en un incendio aumenta, debido a la característica incombustible del hormigón y a la protección que se logra al impedir el pasaje de gases hacia pisos superiores. De esta forma, se dificulta la propagación del incendio hacia el próximo piso. Un alto grado de prefabricación permite un montaje rápido en el sitio y, por lo tanto, tiempos de construcción más cortos.

VENTAJAS EN COMPARACIÓN CON UN FORJADO PURO DE HORMIGÓN ARMADO

A diferencia de un forjado de hormigón armado, uno CMH posee un peso propio significativamente más bajo, con una capacidad de carga aproximadamente igual. También mejora la evaluación de su ciclo de vida, en virtud de utilizar un material renovable con bajo consumo de energía, en contraste con el acero. Cuando el forjado se demuele, la madera puede reaprovecharse sin problemas, ya que esta sólo está unida al hormigón mediante una junta. La construcción de un forjado CMH agiliza la obra y elimina el trabajo adicional en el caso de desear un cielorraso con madera a la vista. La estética natural de la madera como material renovable da lugar a una gran libertad de creatividad.



Prevención contra incendios



Insonorización

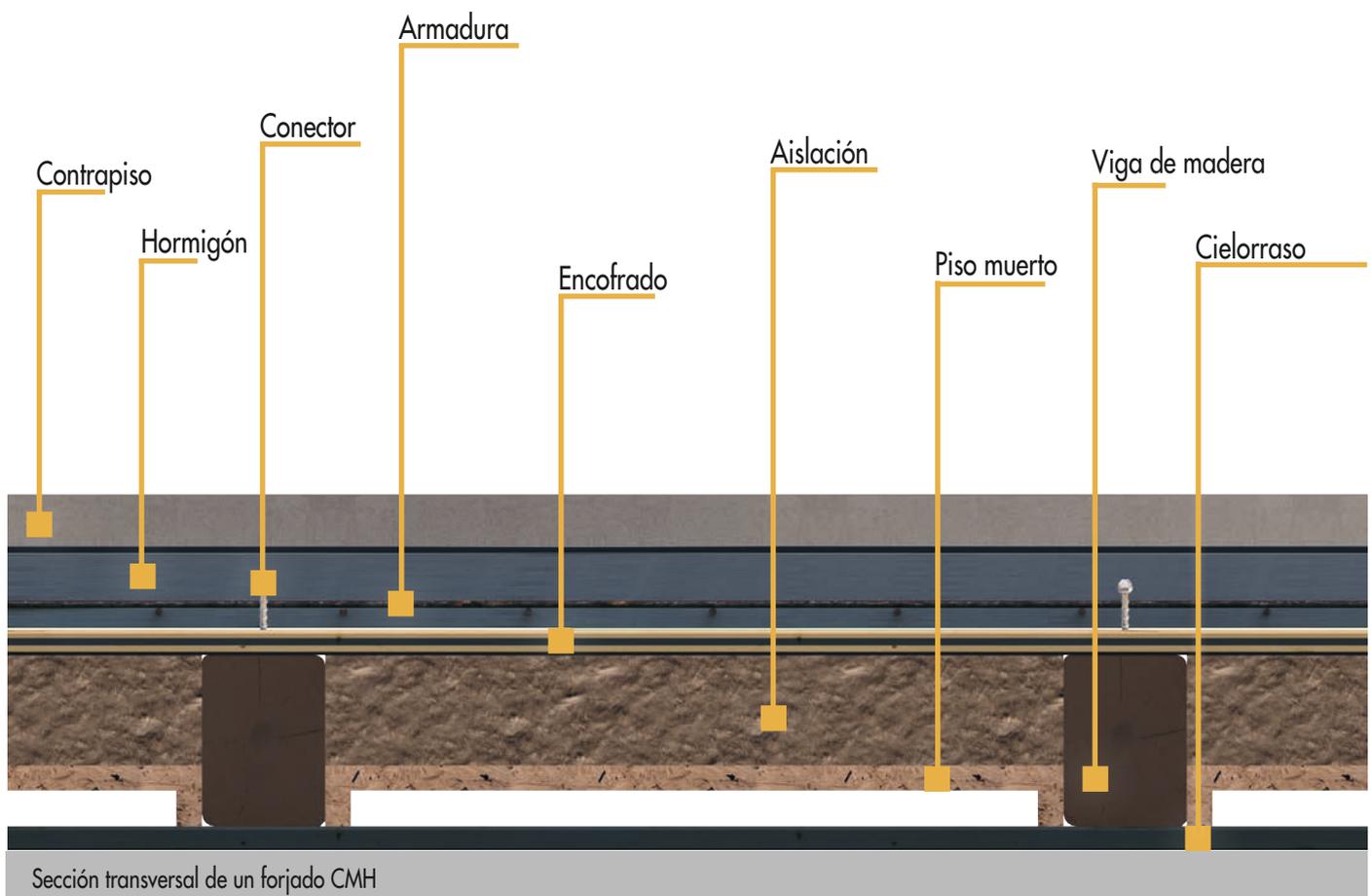


Capacidad de carga

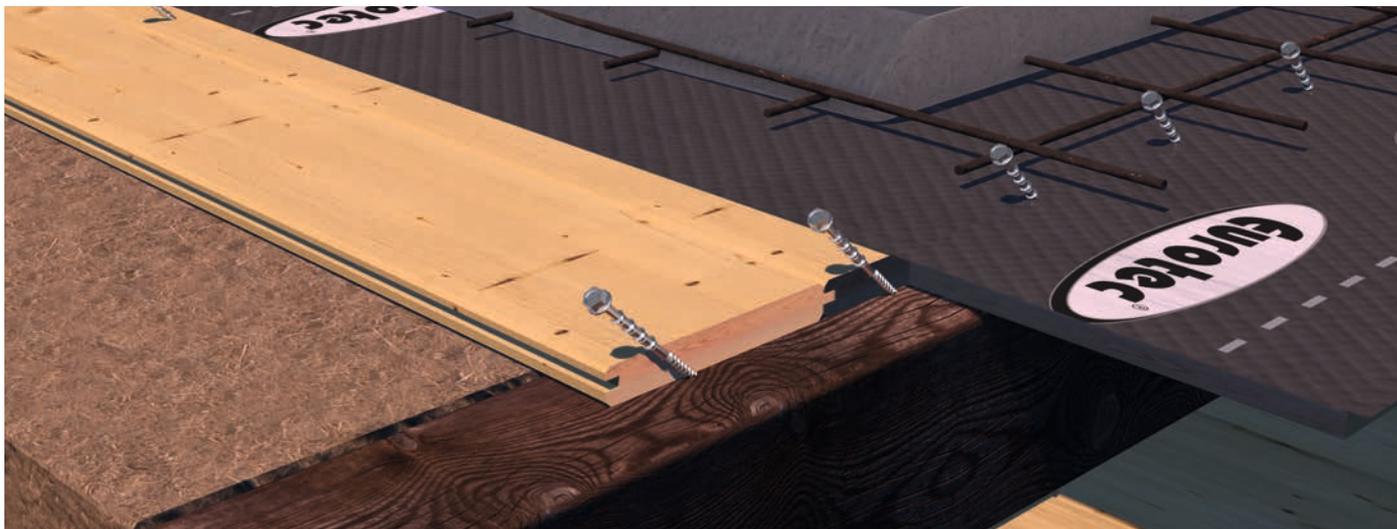
1.3 CONFORMACIÓN DE SU ESTRUCTURA

Cargas de servicio elevadas aplicadas en luces de gran tamaño requieren sobre todo de una rigidez importante, de modo a que el forjado sólo sufra un descenso leve. En términos de desempeño en servicio, los forjados puros en madera llegan a su límite de manera muy rápida. Al unir la madera y el hormigón armado con conectores de cizallamiento, se aprovechan las mejores propiedades de cada material para lograr una estructura resiliente.

El sistema compuesto madera-hormigón se utiliza en construcciones nuevas o reformas de edificios comerciales y residenciales. Por ende, en construcciones nuevas, se pueden considerar luces de gran longitud desde el principio del proyecto, y en edificios cuyo tipo de uso se desea modificar, resulta una solución de refuerzo eficaz.



Al adoptar forjados compuestos en construcciones nuevas o en reformas, el objetivo generalmente es mejorar la capacidad de carga, la aislación acústica, la protección contra incendios, y las características estéticas. Los CMH cumplen estos requisitos de manera simultánea.



Forjado CMH en detalle



Eurotec



NOTE

Consejo del experto:

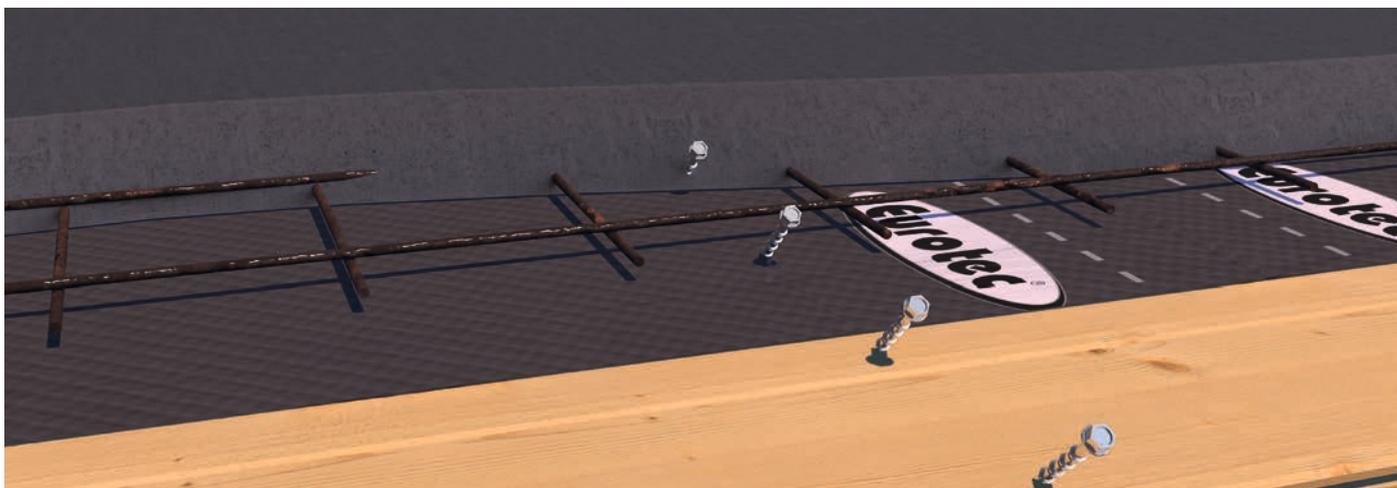
Nuestros conectores CMH pueden instalarse a través del encofrado. Por lo tanto, no hay necesidad de retirar el mismo antes de su instalación.

→ Las vigas de madera del forjado existente pueden preservarse, así como el encofrado por encima de ellas.

→ Los huecos y brechas deben ser bien rellenados con material aislante, cuyo objetivo es preservar el desempeño termoacústico.

→ Se coloca una membrana de separación entre el encofrado y el hormigón.

→ Otros elementos de piso pueden instalarse luego sobre el hormigón, como aislación contra impactos, contrapiso y revestimientos de terminación (cerámica, parquet, alfombrado, etc.). Todos estos componentes, sumados a la importante masa del hormigón armado, hacen a la excelente aislación acústica de los forjados CMH.



Camadas de un forjado CMH

1.4 TORNILLOS PARA COMPUESTOS MADERA-HORMIGÓN – VISIÓN GENERAL



Los tornillos o conectores para CMH son elementos esenciales al reforzar forjados de edificios nuevos y en etapa de reforma. En Eurotec, brindamos soluciones especiales para el enlace de CMH: los tornillos de unión madera-hormigón TCC-II 7.3 y TCC-II 9, certificados según aprobación ETA 16/0864. El nombre TCC proviene del inglés "Timber Concrete Composite", traducción de CMH. También proporcionamos el software gratuito ECS para sus cálculos preliminares.



TCC-II 7,3

TCC-II 9

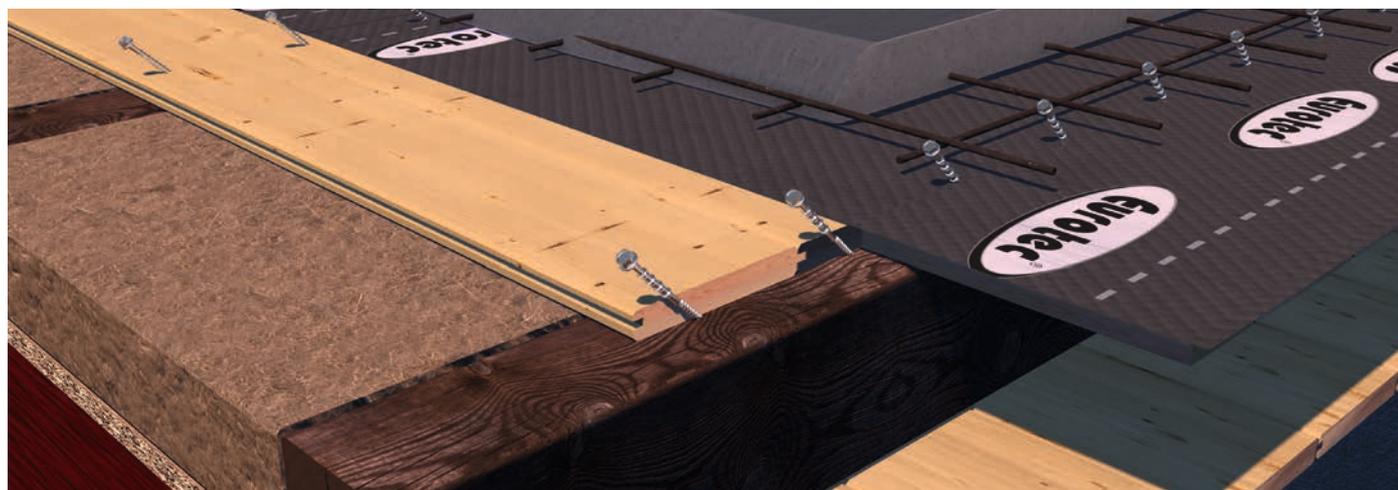
ID	No. de art.	Medidas (mm)	Material	Cantidad
TCC-II 7.3	981841	7,3 x 150	Acero al carbono	200
TCC-II 9	903592	9,0 x 180	Acero al carbono	200

PROPIEDADES

- Crea una capa resistente al cizallamiento entre la madera y el hormigón
- El revestimiento especial evita su oxidación
- Su huella hexagonal permite un atornillado cómodo y seguro
- La geometría especial de su rosca evita la fisuración de la madera
- No requiere preatornillado
- Un tope en la rosca evita que este se atornille más de lo necesario, a diferencia de los tornillos de rosca completa
- La geometría especial de sus "dientes" superiores aseguran un agarre perfecto en el hormigón

VENTAJAS

- Aumento de la capacidad de carga
- Aumento de la rigidez
- Aislamiento acústico mejorado
- Resistencia al fuego mejorada
- Se preservan las vigas existentes
- Se preservan los encofrados de montaje

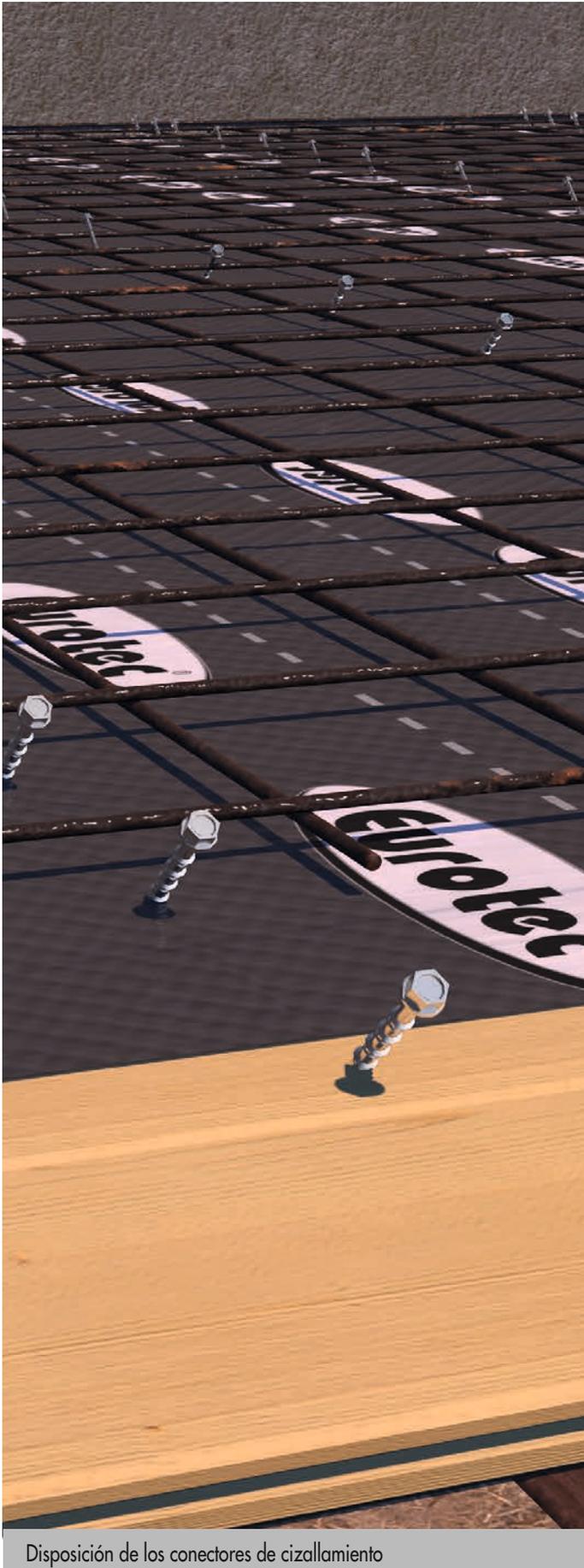


Forjado CMH en detalle

2 SISTEMAS COMPUESTOS MADERA-HORMIGÓN



2.1 CAMPO DE APLICACIÓN



Disposición de los conectores de cizallamiento

No es inusual que el daño y las desventajas de las que sufren los forjados puros en madera (como la biodegradación, deformaciones y vibraciones excesivas, y su capacidad portante en general baja) ocurran simultáneamente. Un edificio deteriorado en general necesita una mejora no sólo estructural, sino también de protección sonora y contra incendios. Cuando se trata de edificios históricos, una solución con materiales compuestos es, a menudo, la única forma de salvarlos de la ruina completa preservando al máximo su estructura original.

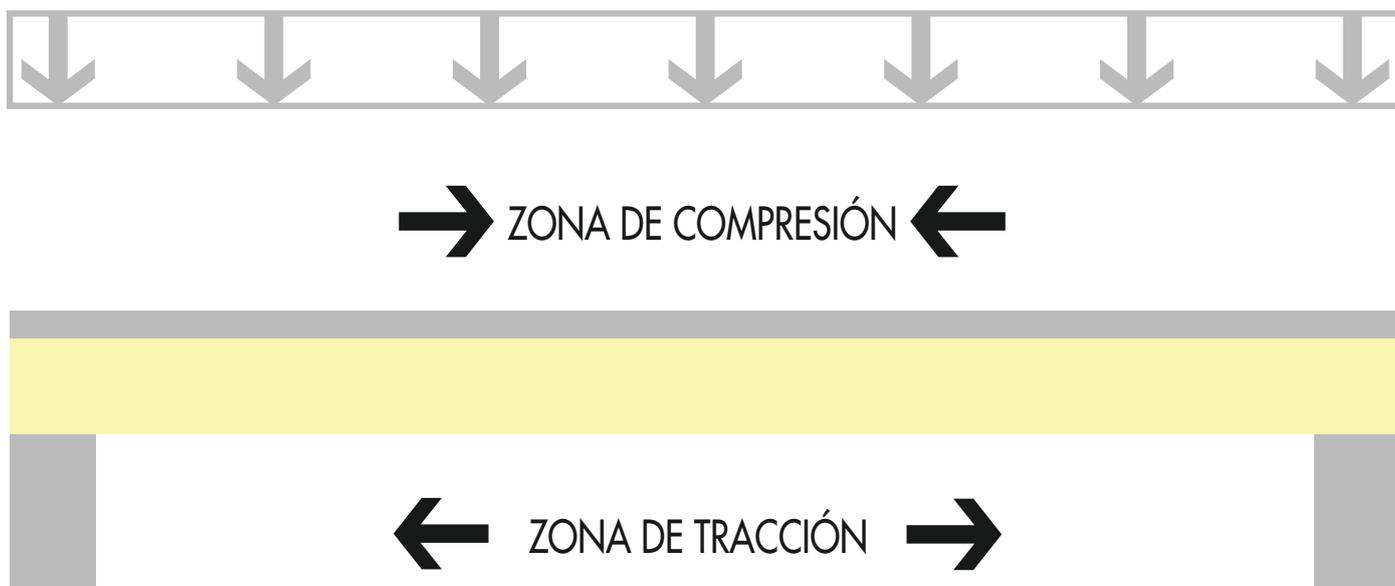
Los sistemas compuestos madera-hormigón conforman una excelente solución para un amplio rango de aplicaciones. Su principal utilización es como refuerzo de forjados, tanto para edificios nuevos como en edificios antiguos, mejorando en forma general todas sus propiedades mecánicas con la capa agregada de hormigón armado. El gran número de edificios antiguos con necesidad de restauración por deterioro o por cambio de su uso en servicio, abre un gran campo de aplicación para esta tecnología compuesta. Por ejemplo, las plantas más altas de los mismos, muchas veces con bajo uso de ocupación, ahora pueden aprovecharse de mejor manera reforzando los forjados con compuestos madera-hormigón.

Este sistema demuestra ser una forma asequible de renovar techos antiguos de vigas de madera, creando así nuevos espacios habitables sin necesidad de recurrir a nuevos terrenos, tan escasos en áreas densamente urbanizadas. Particularmente en construcciones residenciales, la renovación de los forjados antiguos de madera es costosa, porque se requieren muchos elementos independientes para lograr cumplir con todos los requisitos de habitabilidad. Los sistemas compuestos madera-hormigón, en cambio, solucionan todos estos requisitos de manera conjunta, simultánea y rápida.



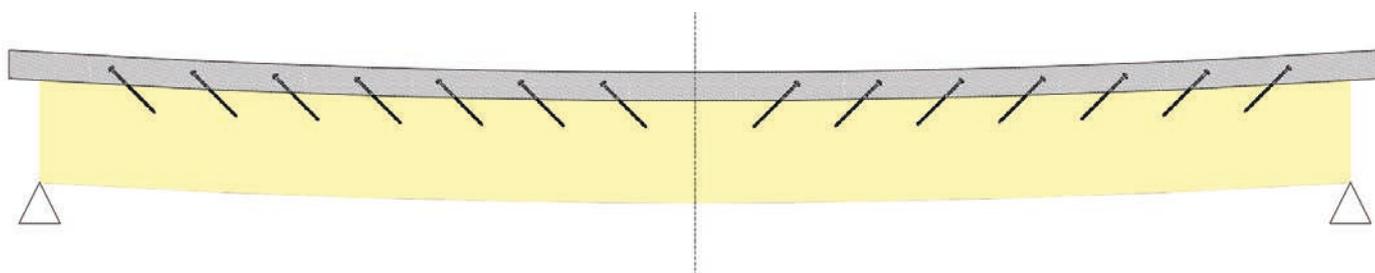
2.2 ¿CÓMO FUNCIONA?

En el método constructivo con materiales compuestos, por lo menos dos materiales de características muy distintas son unidos a través de una unión resistente a la fricción entre ambos. En el caso del CMH, el hormigón se cuela en la estructura de techo de madera y se conecta a la misma mediante conectores especiales localizados en la zona de compresión. De esa manera, se logran absorber cargas más elevadas que antes, al mismo tiempo que se consigue una mejora en aislación acústica y protección contra incendios. La madera, entonces, resiste a los esfuerzos de tracción de la parte inferior, ya que este no es un punto fuerte del hormigón como sí lo es para aquella.



Funcionamiento de un forjado madera-hormigón

Así, se logra la unión íntima y permanente entre estos dos materiales de origen tan distinto. El grado de unión entre ambos, llamado factor " γ ", indica la eficacia o solidez de la misma. Su éxito depende de cuán efectivo es el conector para asegurar una buena transmisión de cargas y de deformaciones de uno al otro. De esta forma, cuanto más desplazamiento ocurra en la junta de la conexión, menor será su potencial en términos de capacidad de carga y servicio. En el caso de que la conexión entre los materiales se deforme en demasía, la unión y trabajo en conjunto llegaría a casi 0%, como si directamente no hubiera un elemento de unión. En este caso, las vigas se deformarían por separado del hormigón, dando lugar a desplazamientos relativos especialmente elevados en los apoyos. Por eso, sólo la acción totalmente compuesta de estos materiales garantiza la resistencia frente a cargas más elevadas. Una unión completa con $\gamma = 100\%$ sería lo ideal, pero esto requeriría conexiones sin huecos en toda el área del forjado. Esto no es realizable en la práctica, pero se puede lograr una condición muy cercana.



Desplazamiento solidario entre apoyos de ambos materiales, hormigón y madera

Existen varios caminos para producir este compuesto. Los forjados CMH fueron construidos por primera vez en la década de 1930, con el objetivo de racionalizar el uso del acero y de la madera. La investigación del mismo se reavivó en los 80, evaluando su uso con barras roscadas unidas químicamente, con clavijas metálicas embutidas o con soportes colgantes clavados.

Estos sistemas de unión eran los disponibles en aquél entonces, pero no eran del todo prácticos. Hoy, por ejemplo, se acostumbra usar tornillos especiales atornillados en ángulo y sometidos mayormente a tracción. Tornillos de rosca completa para madera o conectores de cizallamiento especialmente diseñados para tal pueden usarse con este objetivo. La parte superior de los mismos posee un diseño particular, de forma tal a asegurar un buen ajuste con el hormigón. Estos pueden inclinarse en un solo sentido o disponerse en cruz. Las reglas de diseño de la ingeniería, tales como dimensiones y distanciamientos mínimos, se encuentran reguladas en la aprobación correspondiente del producto.

Para que un elemento compuesto madera-hormigón se considere bueno, la técnica de unión debe ser eficaz y económica. Esto depende de cuán rígido sean los conectores. Se distinguen entonces dos tipos de conexiones: rígidas (baja plasticidad) y dúctiles (alta plasticidad).

Una unión rígida evita los desplazamientos relativos entre las partes individuales de la sección transversal y sería la conexión ideal. Pero esto solo se puede garantizar activando un efecto adhesivo en la zona de contacto entre la viga de madera y la capa de hormigón. Con conectores puntuales de tipo clavija, sólo una unión más cercana a la dúctil puede crearse. Esto inevitablemente crea pequeños desplazamientos relativos que deben ser minimizados.

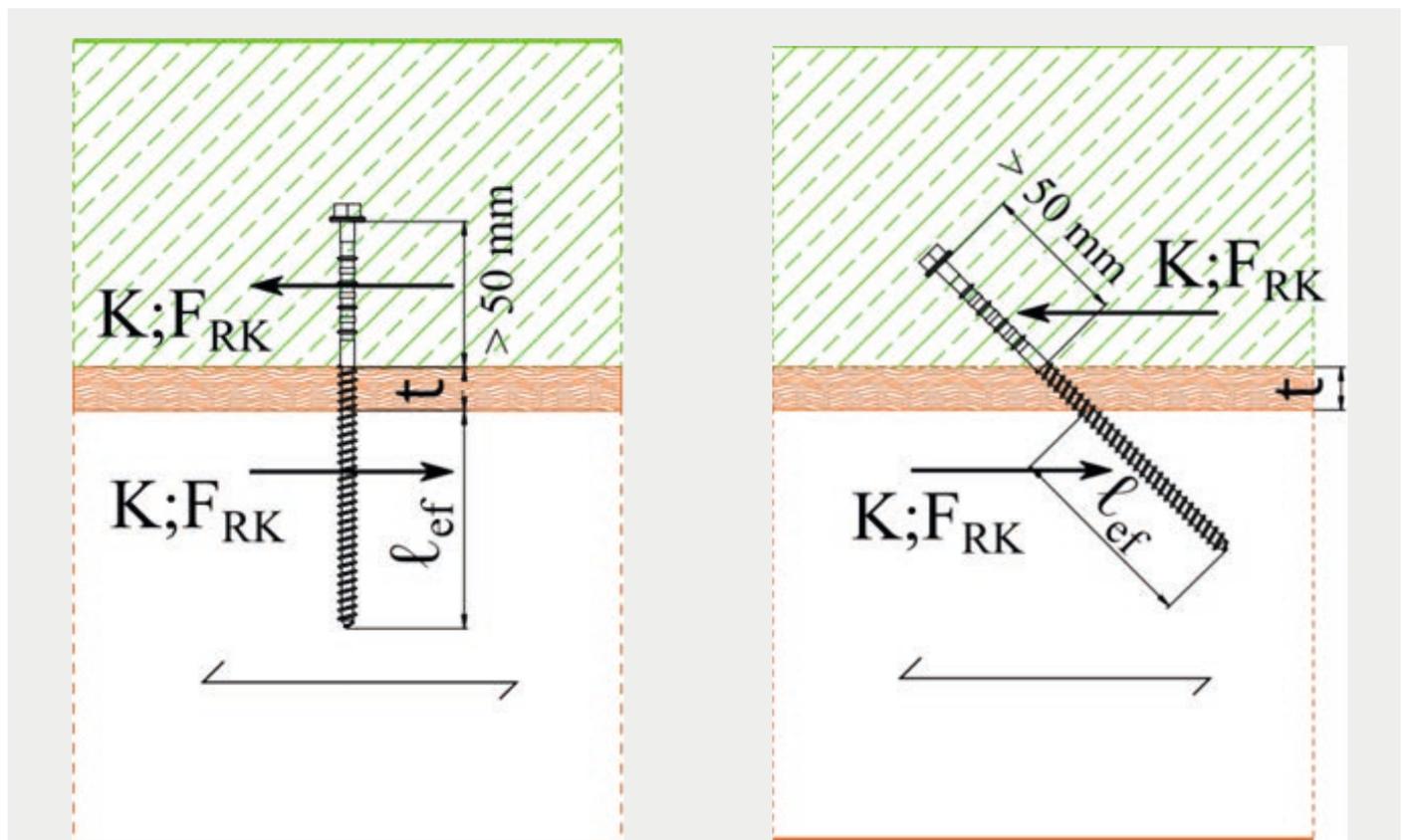


© kiano - Adobe Stock

2.3 CALCULANDO FORJADOS COMPUESTOS MADERA-HORMIGÓN

Una diferencia fundamental entre los compuestos madera-hormigón y los compuestos de acero y hormigón armado según el EC 4 es la ductilidad o módulo de desplazamiento del conector de cizallamiento entre el hormigón y la madera.

El desplazamiento relativo entre ambos materiales está relacionado con el módulo de desplazamiento del conector "K", el cual consta en la aprobación ETA 16/0864. La rigidez al cizallamiento de la junta es importante para el proyecto, y la cantidad de conectores determina el grado de rigidez de la misma. La rigidez influye la distribución de esfuerzos internos dentro del compuesto madera-hormigón para una determinada geometría y carga. La unión por cizallamiento crea un sistema elástico, por lo cual los conectores o tornillos están sujetos a esfuerzos de corte y sufren el arrancamiento al sobrecargarse.



Fuerzas de cizallamiento para conexiones de tornillos a 90° (izq.) y 45° (der.) con relación a la dirección de las fibras de la madera

Los tornillos que se atornillan en ángulo recto con respecto a la junta se comportan de manera demasiado dúctil, haciéndolos ineficientes. Los tornillos que se instalan a un ángulo menor a 90° (idealmente 45°) son mucho más efectivos. Los valores que respaldan este hecho se encuentran exployados en la aprobación ETA correspondiente.

El comportamiento diferido distinto de ambos materiales (particularmente la fluencia del hormigón) es una de las dificultades al tratar con materiales compuestos, siendo necesarios cálculos muy complejos. Nuestro software propio ECS* fue desarrollado con base en Mathcad para planear estructuras, y no es del tipo "caja negra". Este ofrece información detallada sobre el diseño y genera un resultado comprensible en forma de un cálculo preliminar verificable. Esta información técnica es muy importante para los ingenieros de proyecto, la cual resulta decisiva a la hora de seleccionar un conector de cizallamiento adecuado.

*Disponible solamente en Inglés por el momento.

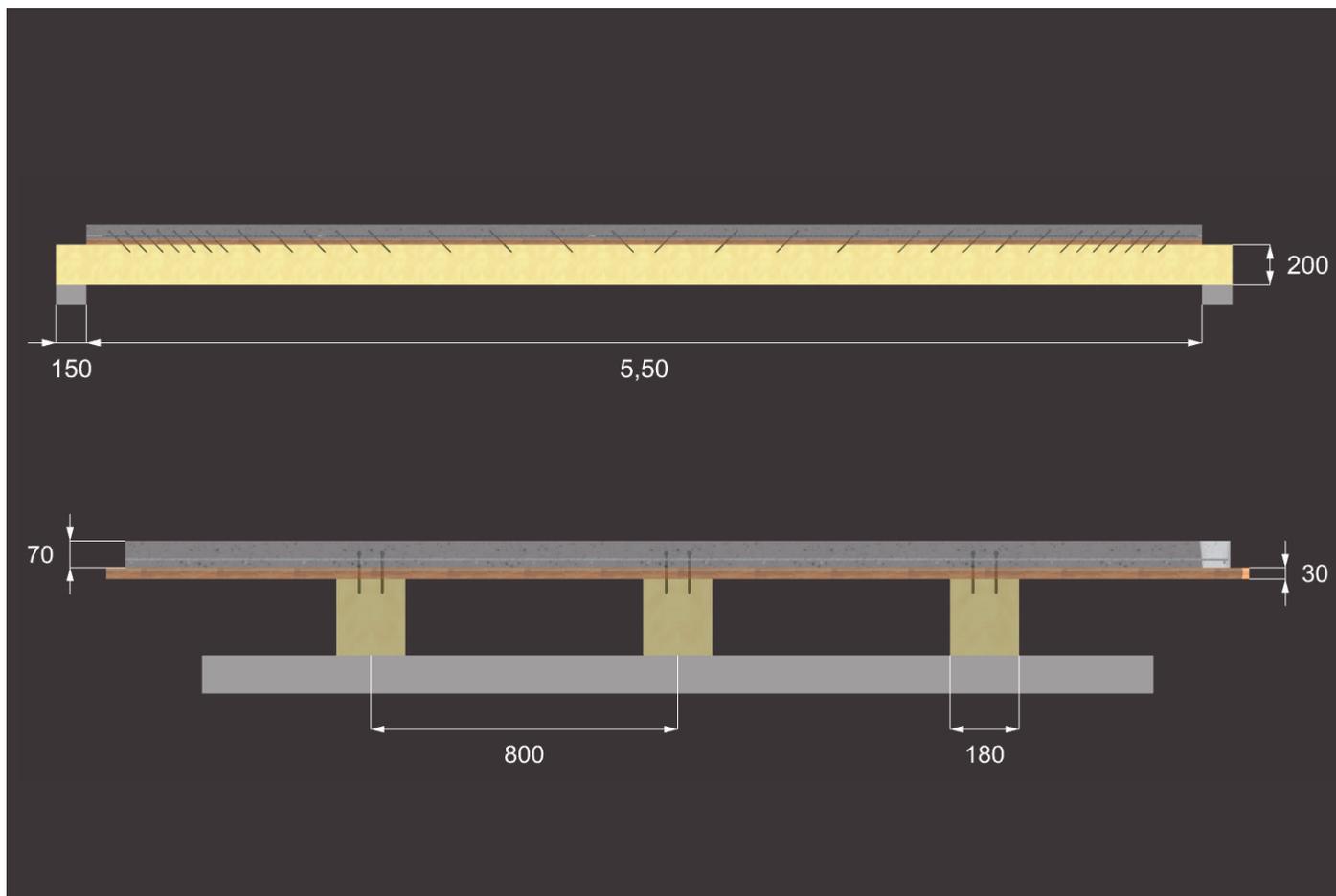
Hasta ahora, modelos de cálculo de alta complejidad eran necesarios para poder realizar cálculos exactos. Además del par de conectores de cizallamiento, también ofrecemos el software adecuado para obtener las medidas de manera precisa y rápida. El software provee toda la memoria de cálculo y los documentos idóneos necesarios.



Iniciando el software ECS



Interfaz del usuario del software ECS - Módulo Timber-concrete connector T II



Vista 2D de un forjado CMH en el software ECS

LO QUE NECESITAS PARA REALIZAR EL CÁLCULO

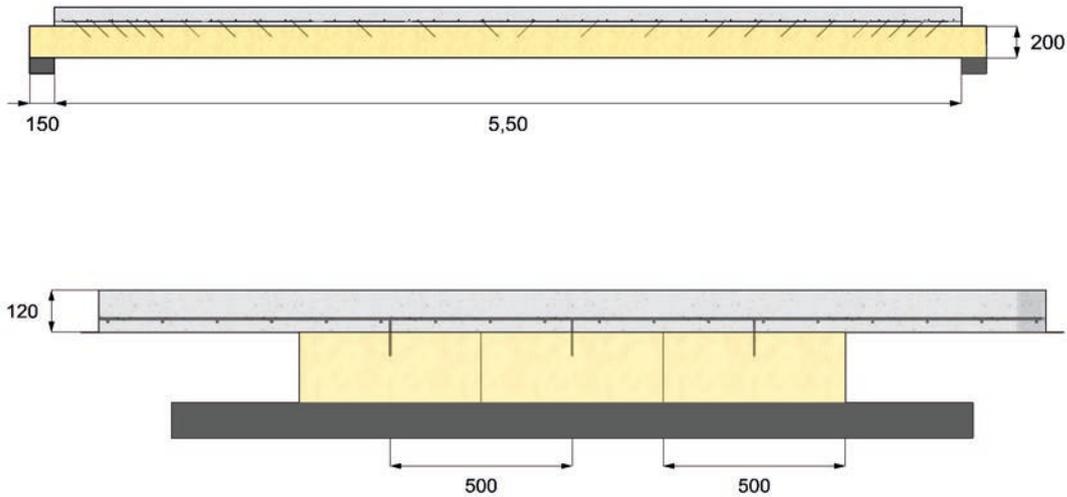
La clasificación del elemento de madera, las luces, la distancia de centro a centro, y las secciones transversales de las vigas son datos fundamentales para calcular la capacidad portante del forjado compuesto madera-hormigón. El espesor del encofrado también es importante. Además, también se deberá informar sobre el revestimiento de terminación deseado, y las cargas de uso esperadas.

EJEMPLO DE CÁLCULO

Se muestra un cálculo preliminar como ejemplo. Suponiendo un panel de madera contralaminada (CLT) de 200 mm de espesor, una carga permanente de $G_k = 5,77 \text{ kN/m}^2$, y una carga de uso de $Q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$, incluyendo un adicional por tabique de separación de $0,8 \text{ kN/m}^2$.

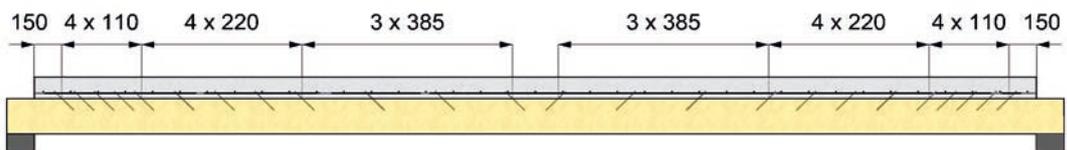
Las verificaciones son realizadas por el programa ECS.

Dimensioning aid
Planned construction



Screw distances

Installation	Screwing angle	45 °
	Installation dimension	150 mm
	Counterbore value	99 mm
Screw distances in fibre direction	S0 Support area	110 mm
	S0 Intermediate area	220 mm
	S0 Middle area	385 mm
Screw distances perpendicular to fibre direction	E90	250 mm



Cálculo preliminar de un forjado CMH empleando el conector TCC-II, cantidad de conectores por viga y por m²

Suposiciones

Distancia entre centro de vigas [mm]	600
Espesor de hormigón C25/30 [mm]	70
Espesor de encofrado C24 [mm]	21
Flecha máxima	$W_{inst} = l/300$ $W_{fin} = l/200$ $W_{net,fin} = l/300$
Carga de peso propio (viga, encofrado, hormigón) [kN/m ²]	-
Cargas adicionales (contrapiso 5 cm + 1,5 cm piso cerámico + aislamiento acústico contra impactos) [kN/m ²]	1,50
Carga de servicio [kN/m ²]	2,00
Duración de cargas	Media

(Sin considerar protección contra incendios y contra vibraciones)

TCC-II 7,3 x 150					
Luz entre apoyos [m]		Sección transversal de una viga sólida de madera C24 Ancho/Alto [mm]			
		120/200	120/240	140/240	140/260
3	Conectores por viga	8	8	8	8
	Conectores / m ²	4,4	4,4	4,4	4,4
3,5	Conectores por viga	14	10	10	8
	Conectores / m ²	6,7	4,8	4,8	3,8
4	Conectores por viga	24	18	16	14
	Conectores / m ²	10	7,5	6,7	5,8
4,5	Conectores por viga	32	-	-	22
	Conectores / m ²	11,9			8,2
5	Conectores por viga	-	-	-	30
	Conectores / m ²				10
5,5	Conectores por viga	-	-	-	36
	Conectores / m ²				10,9
6	Conectores por viga	-	-	-	48
	Conectores / m ²				13,3

TCC-II 9 x 180					
Luz entre apoyos [m]		Sección transversal de una viga sólida de madera C24 Ancho/Alto [mm]			
		120/200	120/240	140/240	140/260
3	Conectores por viga	8	8	8	8
	Conectores / m ²	4,4	4,4	4,4	4,4
3,5	Conectores por viga	10	8	8	8
	Conectores / m ²	4,8	3,8	3,8	3,8
4	Conectores por viga	16	10	10	10
	Conectores / m ²	6,7	4,2	4,2	4,2
4,5	Conectores por viga	24	18	16	14
	Conectores / m ²	8,9	6,7	5,9	5,2
5	Conectores por viga	32	24	24	20
	Conectores / m ²	10,7	8	8	6,7
5,5	Conectores por viga	-	-	-	-
	Conectores / m ²				
6	Conectores por viga	-	-	-	-
	Conectores / m ²				



Eurotec



NOTE

Consejo del experto:

Los valores presentados deben considerarse como una guía. Al proyectar un forjado CMH, las vigas de madera deben tener una sección transversal tan grande como sea posible, de modo a garantizar cubrir luces de grandes dimensiones de manera económica.

2.4 OPCIONES DE IMPLEMENTACIÓN

Hay varias formas de aumentar la capacidad de carga de un antiguo techo de vigas de madera:



ESTRUCTURA MADERA-MADERA

En este caso, la capacidad de carga se refuerza solamente mediante fijaciones mecánicas. La rigidez mejora y las vibraciones del forjado se reducen medianamente. Sin embargo, la insonorización aún resulta inadecuada, debido a la falta de amortiguación de vibraciones por masa.

ESTRUCTURA MADERA-FIBRA DE CARBONO

En una estructura de madera-fibra de carbono la resistencia a la flexión y la capacidad de carga aumentan con el pegado de fibras de carbono sobre la madera. El método se puede utilizar en construcciones nuevas, pero es difícil de aplicar cuando se renuevan las antiguas. La fibra de carbono altamente inflamable presenta un riesgo adicional en términos de seguridad contra incendios.

Con esta opción de refuerzo y la descrita anteriormente, los cabezales de las vigas en mal estado deben reemplazarse primero que todo y con un gran costo.

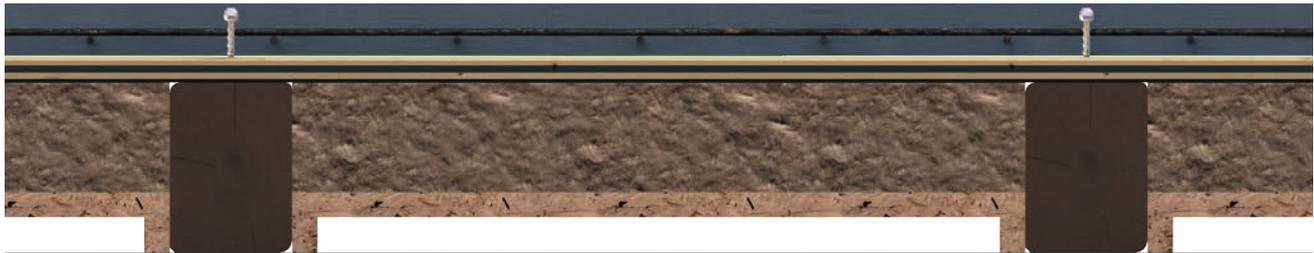
ESTRUCTURA COMPUESTA MADERA-HORMIGÓN

En una estructura compuesta madera-hormigón, las propiedades de ambos materiales estructurales se combinan de forma eficiente. Esto hace que la capacidad de carga del techo aumente y se mejoren las propiedades físico-estructurales en forma general. Se pueden lograr luces de gran tamaño, y el peso adicional del hormigón se compensa con el aumento de la capacidad portante. El resultado final es una elevada rigidez, un comportamiento favorable frente a las vibraciones de pisadas, y una mejor insonorización.

En cuanto a la protección contra incendios, los conectores metálicos son superiores a una unión con adhesivo, ya que la misma falla rápidamente frente a altas temperaturas. Además, los sistemas atornillados son eficientes incluso en condiciones de obra más duras.

Dependiendo de las condiciones y los requisitos locales, nuevamente, hay varias opciones para diseñar un techo CMH. Varios tipos de elementos estructurales de madera pueden ser utilizados para este fin. Cuando se renuevan edificios antiguos, la madera maciza suele ser el material elegido, mientras que en las construcciones nuevas son la madera laminada encolada (glulam) o la madera contralaminada (CLT).

A seguir, se presentan ejemplos de secciones transversales de estas opciones. Según los requisitos, un techo CMH puede diseñarse como un forjado estándar (sobre las vigas), como un forjado plano (entre las vigas) o como un forjado combinado (una combinación de los anteriores).

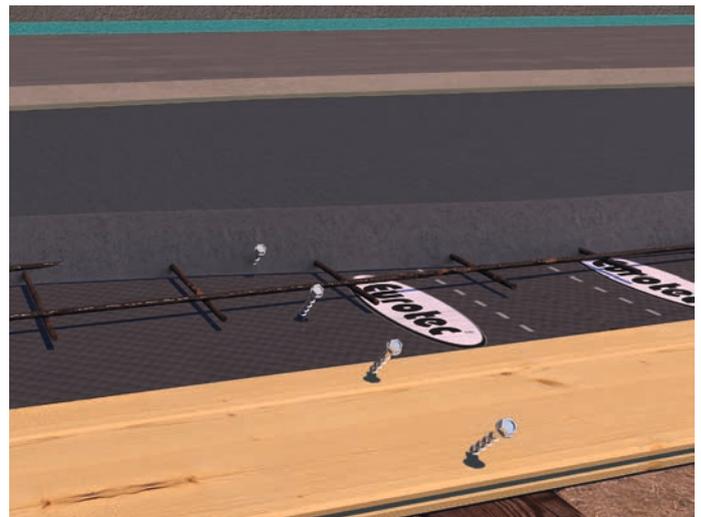


Sección transversal de un forjado estándar con vigas de madera maciza

FORJADO ESTÁNDAR

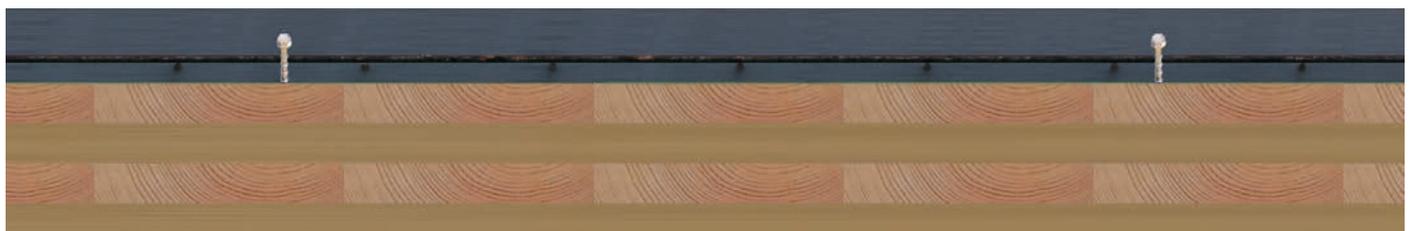
En la solución clásica, el techo de hormigón se crea directamente sobre las vigas del techo. Este es el método más simple y proporciona al forjado compuesto la mayor capacidad de carga posible. Cualquier encofrado existente se puede preservar, dependiendo de los requisitos de proyecto. Los conectores de cizallamiento se atornillan en la parte superior de las vigas de madera.

Dado que se aumenta el nivel de piso en general, esto resulta ser una cierta desventaja. Entonces, dependiendo de las condiciones del lugar, el desplazamiento de puertas, ventanas e incluso de radiadores resulta inevitable.



Forjado CMH en camadas

⋮ También es posible emplear madera de ingeniería (como madera contralaminada) como superficie para crear un techo CMH.



Sección transversal de un forjado estándar con panel de madera contralaminada

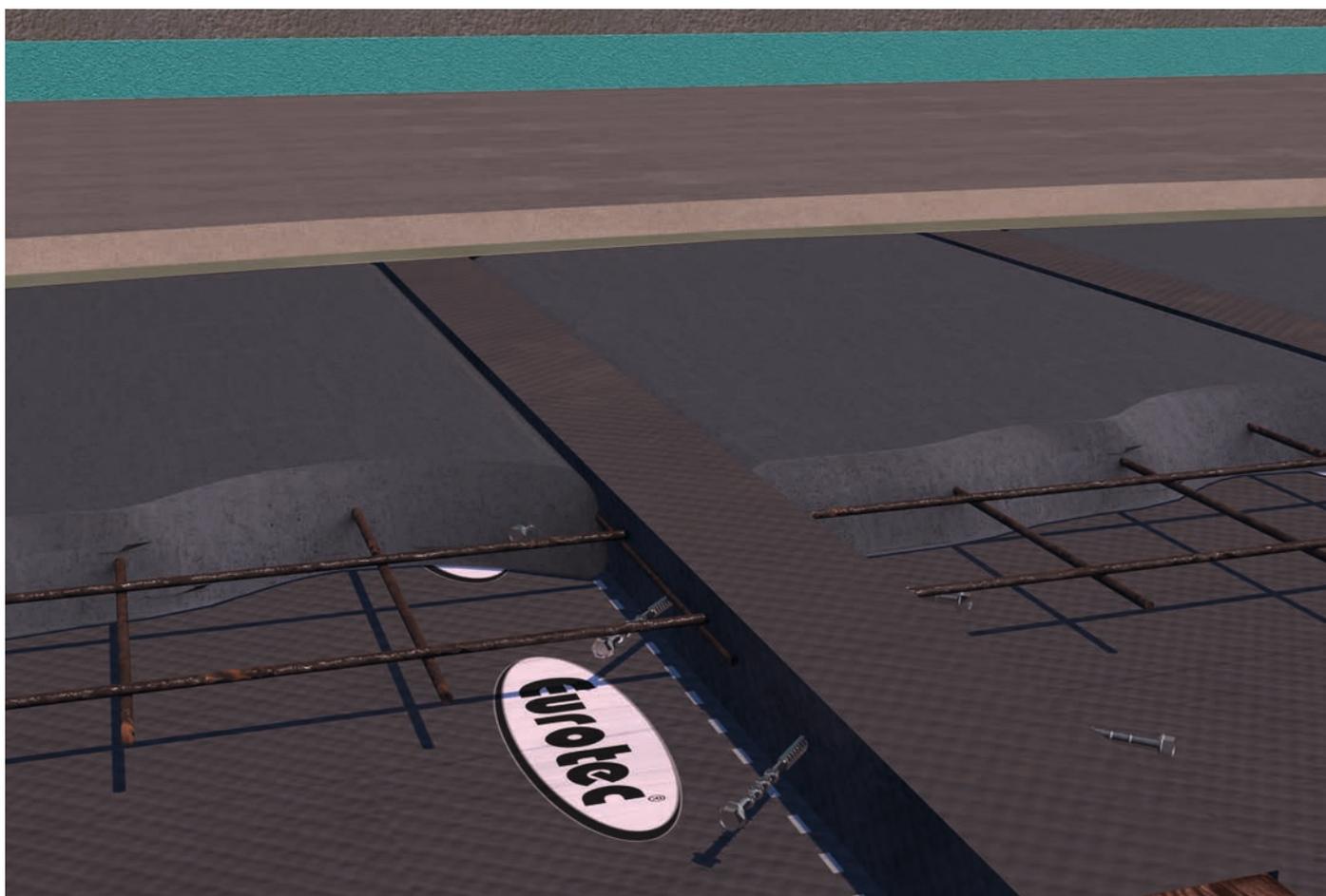
FORJADO PLANO



Sección transversal de un forjado plano

Si es imposible o no se desea cambiar el nivel de piso para evitar el desplazamiento de puertas, radiadores y ventanas, se recomienda diseñar el techo TCC como un forjado plano. Aquí, la capa de hormigón se aplica entre las vigas, y los conectores de cizallamiento se atornillan a los costados de las vigas. La armadura se coloca en los huecos entre vigas y resulta más trabajoso que el techo estándar.

De este modo, la altura original del piso no se modifica. Sin embargo, este diseño no proporciona la misma capacidad de carga que el diseño como forjado estándar sobre vigas.



Forjado CMH plano en camadas



Sección transversal de un forjado combinado

El forjado combinado es una combinación del forjado plano con el forjado estándar. En este caso, el forjado CMH se crea sobre las vigas con una capa intermedia.

Los conectores de cizallamiento se atornillan tanto en los costados como por encima de las vigas de madera. La armadura se coloca tanto en los huecos entre vigas cuanto sobre ellas. Finalmente, el hormigón se vierte en los huecos hasta por encima de las vigas. Hay, por lo tanto, un aumento del nivel original de piso, pero considerablemente menor que el de un forjado estándar y levemente mayor que el de un forjado plano.

De manera similar, la capacidad de carga también aumenta menos que con un forjado estándar, pero más que con un forjado del tipo plano. Por lo tanto, esta solución es una mezcla de los dos tipos de soluciones mencionados anteriormente.



Forjado CMH combinado en camadas

3 PASO A PASO DEL PROCESO



3.1 INSPECCIÓN DEL FORJADO

Antes de empezar la construcción del forjado CMH, se debe inspeccionar el estado del forjado existente. La capacidad portante residual de la madera existente debe comprobarse en primer lugar. Se debe "abrir" el techo existente para este propósito. Para ello, se debe retirar el encofrado superior, si lo hay, y luego retirar el relleno entre las vigas y el aislamiento antiguo hasta llegar a la estructura de base. Desde aquí, se podrá inspeccionar el forjado de la mejor manera. Si existe alguna duda sobre el estado de las vigas, definitivamente se debe consultar a un experto en conservación de madera. Si los cabezales de las vigas se encuentran en mal estado e inestables, deben estabilizarse estructuralmente utilizando métodos de renovación adecuados antes de instalar el forjado CMH. Tener en cuenta que las grietas por contracción y retracción y las cabezas de viga redondeadas o biseladas pueden despreciarse.



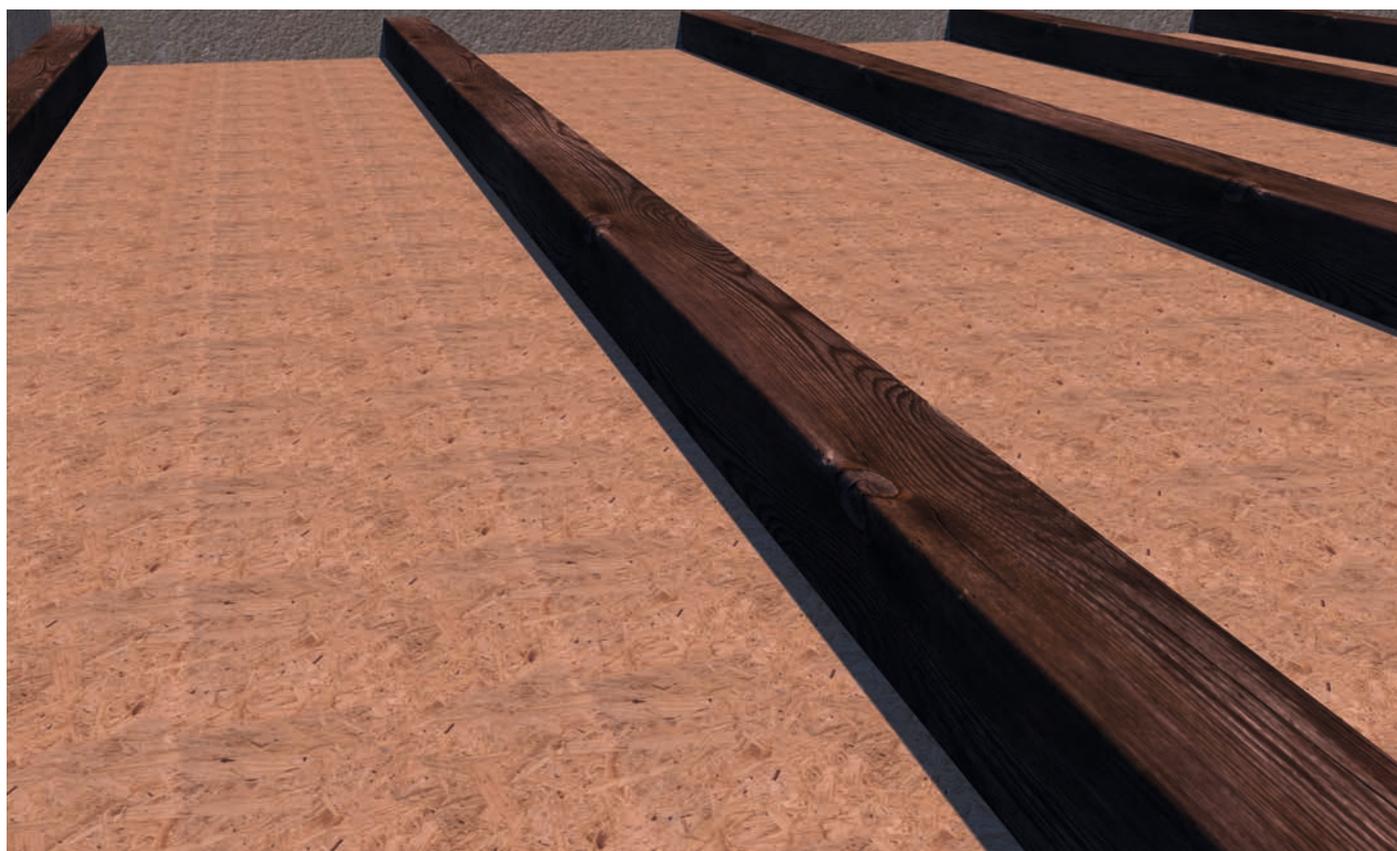
Eurotec



NOTE

Consejo del experto:

Siempre recomendamos abrir el techo existente para asegurar que la inspección sea precisa y para lograr un correcto llenado de las cavidades con material aislante.



Desarmado de un forjado existente



Sección transversal de un forjado desarmado

3.2 PREPARANDO EL FORJADO EXISTENTE

Luego de examinar el forjado existente (y de ser necesario, restaurarlo), los huecos entre vigas deben ser rellenados con material aislante. Elija un material de aislamiento que sea resistente al tráfico peatonal (p. ej. poliestireno o paneles de fibra de madera).



Aislando el forjado existente



Eurotec



NOTE

Consejo del experto:

Recomendamos fijar la lámina con una grapadora para garantizar una instalación sin tensiones. También debe tener en cuenta una superposición y voladizo de 30 cm a 50 cm en las paredes.

Según la opción elegida, el encofrado puede colocarse por encima o entre las vigas, siendo la primera alternativa la más práctica.

Por el contrario, el suelo será más alto en general si se elige montar el encofrado entre las vigas. Estos pasos son necesarios para crear una superficie plana para la capa de hormigón.

Por encima de la madera, debe aplicarse una membrana. La misma actúa como capa de separación y protección entre el hormigón fresco y las vigas de madera o encofrado. Su objetivo es evitar que la humedad penetre en la madera.



Membrana y encofrado del forjado existente



Sección transversal de un forjado existente con aislación, membrana y encofrado

3.3 INSTALANDO LOS CONECTORES

Luego de haber preparado el forjado existente adecuadamente, los conectores de cizallamiento están listos para ser instalados a través de la membrana y el encofrado hasta llegar a las vigas. Los conectores se instalan, siempre que sea posible, en un ángulo que no sea perpendicular a los esfuerzos cortantes. Idealmente, este ángulo formará 45° con la dirección principal de las fibras del elemento de madera resistente por debajo. Dependiendo de la magnitud de resistencia necesaria, los tornillos estarán dispuestos en una, dos o más filas. En el caso de disponer de encofrado, la profundidad de anclaje en la madera resistente por debajo se verá reducida. Esto también es considerado en el proceso de dimensionamiento del cálculo preliminar. De esta manera, se garantiza la profundidad de anclaje correcta de los tornillos.



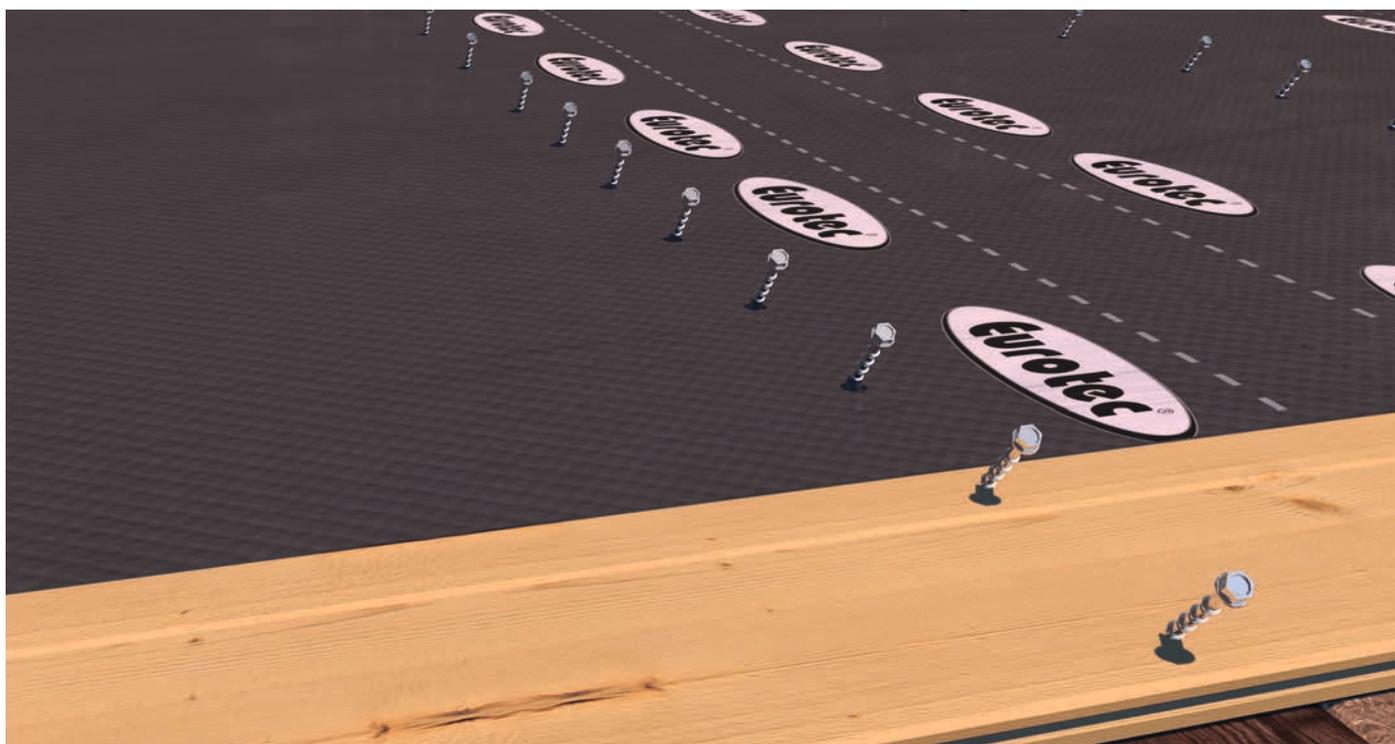
Eurotec



NOTE

Consejo del experto:

Al atornillar a través del encofrado, recomendamos marcar los bordes de la viga o el eje del sistema en la superficie del encofrado para garantizar que la unión atornillada sea la ideal.



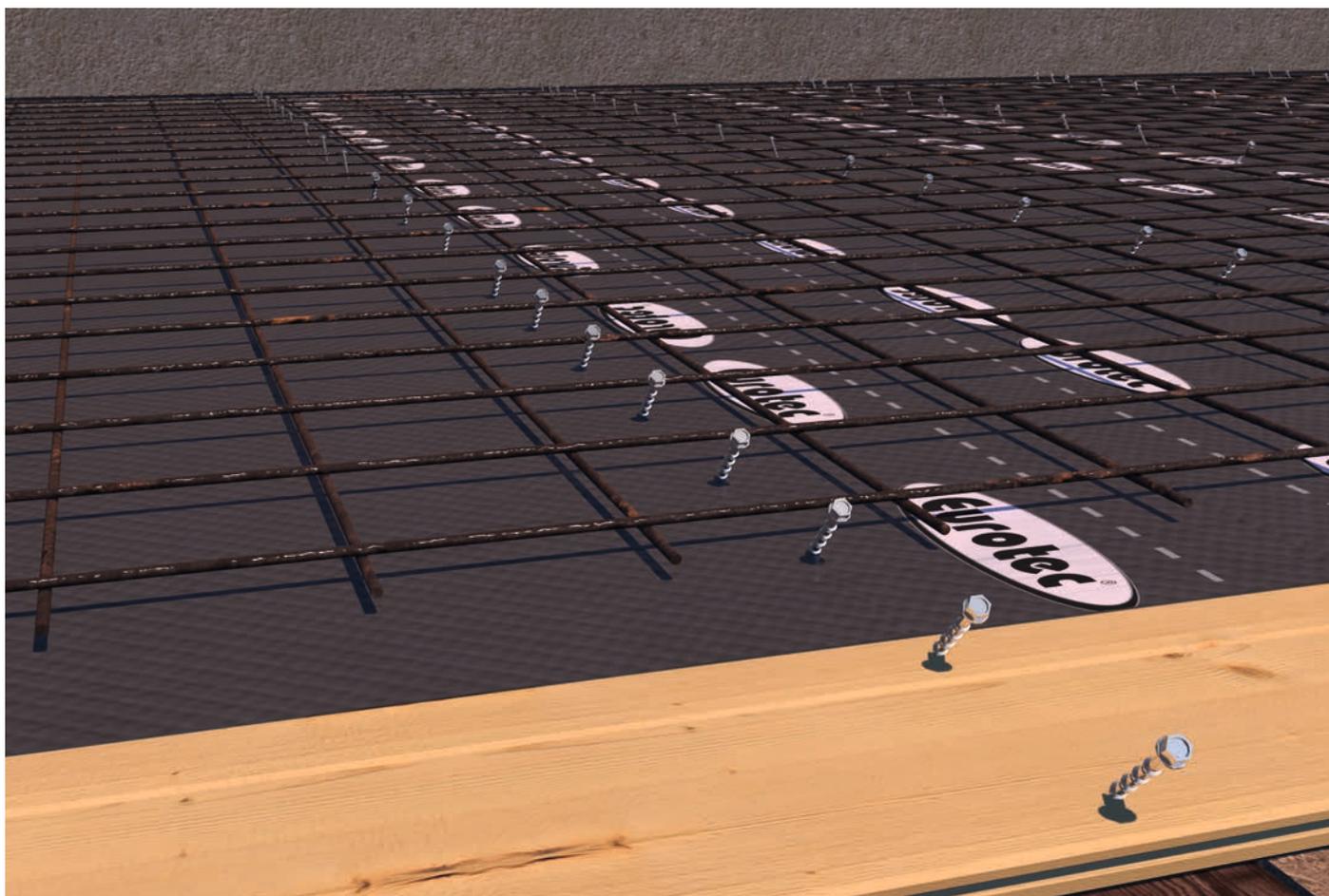
Instalación de los conectores en el forjado existente



Sección transversal del forjado existente con los conectores instalados

3.4 INSTALANDO LA ARMADURA

Se establece solamente una armadura mínima para la capa de hormigón. Es una buena idea realizar un plano de armaduras para evitar que estas entren en conflicto con los conectores de cizallamiento. Como siempre con el hormigón armado, se debe prestar atención a los espaciadores donde se apoya la armadura. La armadura puede consistir de barras individuales o en forma de malla. Es mucho más fácil instalar una malla metálica, sin embargo, estas poseen una cuadrícula predefinida que puede incomodar la colocación de los conectores de cizallamiento en determinadas situaciones. Si bien la armadura en barras individuales no posee una cuadrícula predefinida, su instalación lleva mucho más tiempo.



Instalación de la armadura de la capa de hormigón



Sección transversal de la armadura de la capa de hormigón armado

3.5 COLANDO EL HORMIGÓN

Antes de colar el hormigón fresco, es obligatorio que el techo de vigas de madera sea apuntalado correctamente para evitar deformaciones adicionales causadas por el peso y colado del hormigón. Dependiendo de la época del año y de la temperatura, los apuntalamientos pueden quitarse una vez que el hormigón haya fraguado por completo. El control regular de la humedad de su superficie es indispensable durante este proceso. El hormigón deberá ser de clase de resistencia C20/25 como mínimo, y deberá ser bombeado desde camiones mezcladores hasta el pavimento deseado. Esto es seguido por un uso cuidadoso del vibrador para lograr un perfecto llenado de huecos, quitando bolsas de aire que hayan quedado atrapadas. El hormigón fresco envuelve por completo la superficie expuesta de los tornillos de cizallamiento. La carga del tornillo se transfiere al hormigón a través del contacto con la cabeza del mismo y a través de los flancos de rosca y perfilado. Esto evita la rotura cónica del hormigón, lo que limita la capacidad de carga del tornillo. Luego de aproximadamente tres días, la capa de concreto debería ser transitable y, con un curado adecuado, deberá alcanzar cerca del 80 % de su resistencia máxima en 14 días.

Si bien nunca se puede evitar por completo la formación de grietas por retracción del hormigón, las más pequeñas pueden desconsiderarse, ya que luego serán "cerradas" por el esfuerzo de compresión de la flexión y, por lo tanto, la capacidad de carga del techo CMH no se verá afectada. La planta por debajo del forjado CMH en construcción puede ser utilizada sin problemas, desde que el apuntalamiento no se vea afectado.

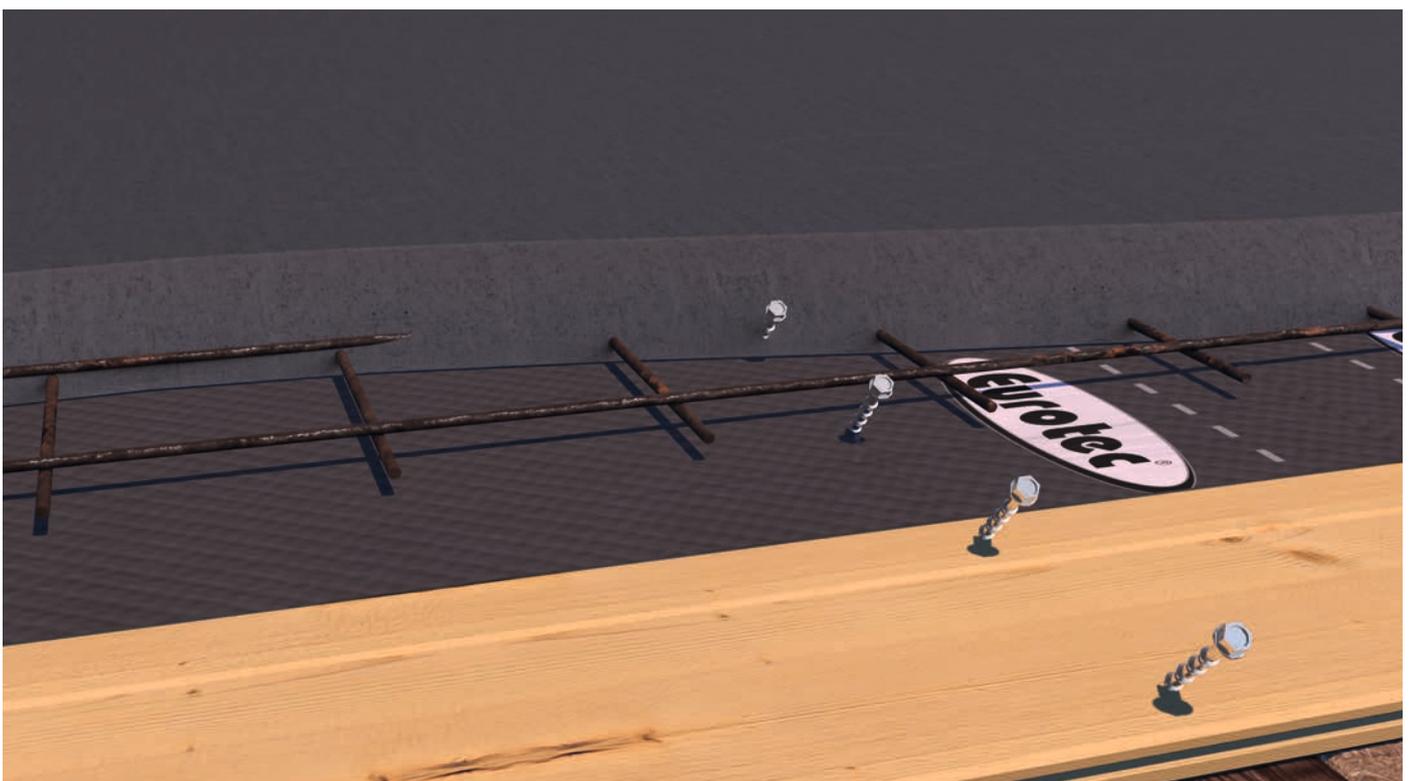
El resultado es un forjado uniforme, sin deformaciones excesivas, y listo para recibir la terminación final deseada.

✦ Eurotec✦

NOTE

Consejo del experto:

Para evitar que el hormigón se seque demasiado rápido, recomendamos cubrir la capa de hormigón fresco con una membrana adecuada. Esto minimiza el riesgo de que se desarrollen grietas por retracción hidráulica del mismo.



Colando el hormigón en el forjado existente



Eurotec

NOTE

Consejo del experto:

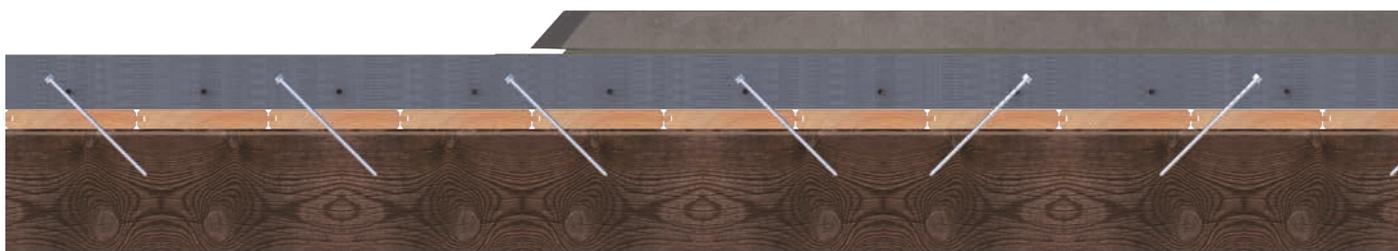
Recomendamos utilizar contrapiso seco. Es más liviano, requiere un espesor menor, y se reducen los tiempos de espera.

Una vez colado el hormigón, puede empezarse la instalación del resto de la estructura de piso. Como regla de oro, la aislación contra impactos se coloca primero, seguida del contrapiso seco o húmedo.

Finalmente, se coloca el revestimiento final deseado sobre el contrapiso, pudiendo ser de cerámica, parquet, laminado, alfombrado, entre otros. En el caso de utilizar laminado o parquet, se recomienda emplear una aislación acústica también sobre el contrapiso.



Aislamiento contra impactos y contrapiso en el forjado de CMH



Sección transversal de forjado de CMH, aislamiento contra impactos y contrapiso



The specialist for fastening technology

¿ALGUNA DUDA? ¡ESTAREMOS CONTENTOS DE AYUDARLE!

¿Tienes más preguntas sobre los CMH u otros temas?
¡Contacta nuestros expertos ahora!



Equipo de Ingeniería
Tel. +49 2331 62 45-444
technik@eurotec.team

ESTAREMOS ENCANTADOS
DE ASESORARLE

E.u.r.o.Tec GmbH

Unter dem Hofe 5 - D-58099 Hagen

Tel. +49 2331 62 45-0

Fax +49 2331 62 45-200

E-Mail info@eurotec.team

Síguenos



www.eurotec.team

Editor: E.u.r.o.Tec GmbH - Última actualización: 04/2022
Salvo errores de contenido, nos reservamos el derecho de realizar y adicionar cambios técnicos. Todos los medidas son
aproximadas. Sujeto a variaciones de modelo y color.
No asumimos responsabilidad por errores de impresión. La reimpresión (incluso en partes) solo está permitida con el
permiso de E.u.r.o.Tec GmbH.