

Traviesas sintéticas FFU®



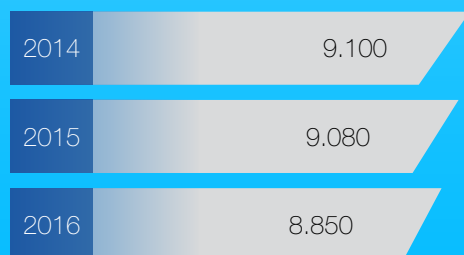
TECNOLOGÍA FERROVIARIA

State
of the Art



Facturación anual SEKISUI Chemical Co., Ltd.

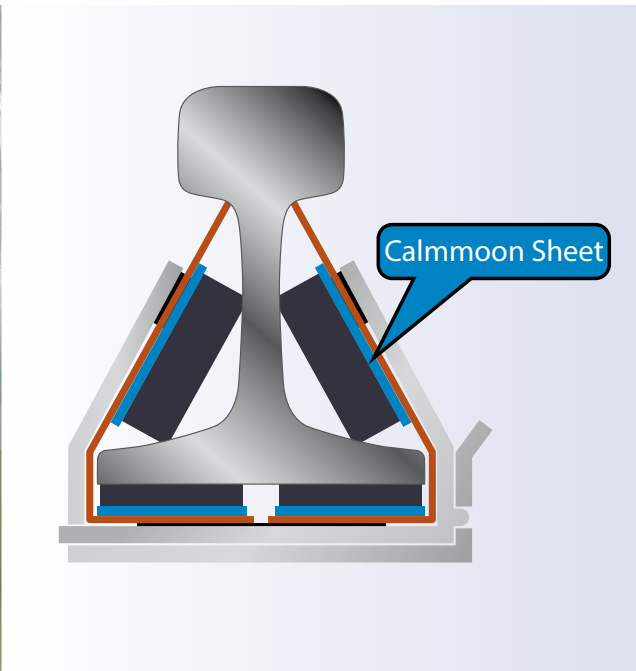
[millones de euros]



El Grupo Sekisui Chemical es, desde hace más de 60 años, uno de los principales productores de productos sintéticos del mundo.

Sekisui Chemical cuenta con más de 200 filiales y alrededor de 20.000 empleados en todo el mundo; la empresa genera una facturación anual de, aproximadamente, 9.200 millones de Euros (2013).

Sekisui posee una amplia experiencia en la tecnología de polímeros y está constantemente desarrollando productos innovadores.



SEKISUI Chemical Co., Ltd.

Sekisui Chemical está dividida en tres áreas de negocio principales. El segmento de la "vivienda" produce más de 10.000 casas prefabricadas al año para el mercado japonés, todas ellas con un equipamiento de calidad superior. Cada casa se construye individualmente de acuerdo con las necesidades específicas del cliente y cumple los estándares más actuales en materia de eficiencia energética.

El segmento de "plásticos de alto rendimiento" cubre numerosas aplicaciones industriales, incluyendo el cristal de seguridad laminado para parabrisas y cristal arquitectónico, espumas de poliolefina reticulada para su uso en la fabricación de vehículos y muchas otras aplicaciones industriales. El segmento de "ingeniería médica" ofrece una amplia gama de productos farmacéuticos, de diagnóstico y equipamiento médico. Otras áreas de negocio dentro de este segmento elaboran productos químicos refinados, especiales y cintas adhesivas y láminas industriales.

El segmento de "infraestructura pública y tecnología ambiental" se ocupa principalmente de desarrollar tecnologías respetuosas con el medio ambiente para la rehabilitación de tuberías y tiene un gran éxito en la producción de tubos de grandes dimensiones hechos de plástico reforzado con fibra de vidrio. Esta área se completa con una amplia gama de sistemas de tuberías industriales, productos de la construcción y el sector de la ingeniería ferroviaria.



- 1978** Premio "Okouchi" y galardón de la Dirección General de la Agencia de Investigación y Desarrollo de Japón por el desarrollo de la traviesa sintética FFU
- 1979** Premio "Deming" por el alto nivel mostrado en el control de la calidad total
- 1980** Ensayos de campo de traviesas sintéticas FFU en el puente sobre el río Miomonte y en el túnel de Kanmon
- 1985** Se ensayan las traviesas FFU por el Instituto de Investigación Técnica Ferroviaria de Japón (RTRI). Los resultados son excelentes. Se adopta la traviesa sintética FFU como traviesa estándar en los Ferrocarriles Japoneses
- 1996** El RTRI de Japón vuelve a examinar las traviesas utilizadas para los ensayos de campo de
- 1980** Una extrapolación a más de 100 millones de ciclos de carga da como resultado una vida útil estimada de más de 50 años
- 2004** Austria | Primeros proyectos de puentes en Europa con madera sintética FFU
- 2007** Se publica la norma industrial japonesa JIS E 1203
- 2008** Alemania | Primer sistema de desvío con madera sintética FFU, en Leverkusen
- 2009** Alemania | La Autoridad Federal Ferroviaria Alemana (EBA) concedió la homologación para las traviesas FFU
- 2010** Alemania | Primeros desvíos para Hamburger Hochbahn y MVV
Austria | ÖBB: primera travesía de unión doble
- 2011** Alemania | DB AG: primer puente con traviesas FFU y traviesas bajas (10 cm)
- 2012** Alemania | Würzburg DB AG: dos desvíos 70.000 t/día y traviesas y otros puentes
Países Bajos | Pro Rail: tres puentes
- 2013** Austria | Wiener Linien: instalados 78 desvíos
- 2014** Suiza | Homologación de la Oficina Federal de Transporte Suiza (BAV) para ensayos con traviesas FFU a partir de 12 cm de alto
RhB: puentes con traviesas planas de 12 cm de alto | BLS: desvíos
Reino Unido | Network Rail: maderas largas (40/40/750 cm) y traviesas estándar
Internacional | Entra en vigor la norma ISO 12856-1 para traviesas sintéticas
- 2015** Bélgica | Infrabel: primer proyecto de puente
Francia | Tisseo Toulouse: dos desvíos para vía en placa
Suiza | SBB: primer proyecto de desvío
- 2016** Francia | Keolis: dos desvíos para vía en placa
Noruega | Jernbaneverket: primer proyecto de puente
Reino Unido | LU: primer proyecto de puente
- 2017** Francia | RATP utiliza FFU 100 para desvíos en vía en placa
Suecia | SL: puente en Estocolmo
Alemania | Homologación por la EBA para FFU hasta 230 km/h
UK | Homologación de Network Rail para todo tipo de puentes
Irlanda | Iarnrod Eireann: puente de Limerick

Cronología de las traviesas FFU®

A medida que la red ferroviaria se iba expandiendo en Japón, los Ferrocarriles Nacionales Japoneses constataron, en sus informes internos, que alrededor del 70% de las traviesas de madera utilizadas en ese momento tenían que ser reemplazadas periódicamente a causa del desgaste. Con el fin de obtener una red ferroviaria de alto rendimiento con servicio ininterrumpido y sin incidencias, en la medida de lo posible, iniciaron una colaboración con Sekisui Chemical Co. Ltd. para desarrollar una traviesa ferroviaria de un material sintético resistente, duradero y de bajo mantenimiento, que debería satisfacer las exigencias más estrictas. Ya en 1980, en el transcurso de un

ensayo de campo, los dos socios instalaron la nueva traviesa sintética FFU en la estructura de un puente y en un túnel de la red de alta velocidad del Shinkansen. Cinco años más tarde se retiraron algunas de las traviesas FFU utilizadas en el ensayo y se sometieron a un examen completo. El resultado reveló que las traviesas FFU habían mostrado un comportamiento excelente durante una explotación continua. La calidad y capacidad de soportar carga de las traviesas probadas eran similares a las de las traviesas FFU nuevas. Por eso, desde 1985 los Ferrocarriles Japoneses utilizan traviesas de madera sintética FFU en la explotación diaria como traviesa estándar, con resultados

muy satisfactorios. La autoridad de supervisión, el Instituto de Investigación Técnica Ferroviaria de Japón (RTRI), llevó a cabo otros exámenes en 1996 con traviesas FFU procedentes de los tramos del ensayo de 1980.

Un excelente resultado:

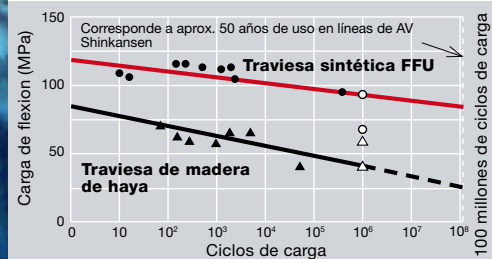
Las traviesas FFU tienen una vida útil esperada de más de 50 años. Así lo volvió a confirmar en 2011 un nuevo examen realizado por RTRI con traviesas FFU que en aquel momento ya tenían 30 años. La realización del primer proyecto en Europa comenzó en 2004. En marzo de 2014 entró en vigor la norma internacional ISO 12856-1, relativa a traviesas de plástico.

Fiber reinforced
Foamed
Urethane



Vida útil superior a 50 años
Densidad: 740 kg/m³, como la madera
Mecanizado como con la madera
Conductividad eléctrica muy baja
Resistencia química muy alta
Costes del ciclo de vida mínimos
Costes de mantenimiento mínimos
Fabricación a medida al milímetro
Cien por cien **reciclable**
Máxima **disponibilidad de las vías**
35 años en uso diario
Más de 1.400 km de **vías de referencia**

Correlación Esfuerzo de flexión – ciclos de carga



Tecnología de traviesa sintética FFU®

La traviesa sintética FFU se fabrica utilizando una técnica de extrusión-pultrusión. Fibras continuas de vidrio se empapan en poliuretano y se obtiene un compuesto de los materiales por curado a alta temperatura.

Una herramienta de estirado permite realizar este proceso de fabricación y extraer el perfil de madera sintética así producido de la herramienta de curado.

Esto garantiza una calidad uniformemente alta de la producción certificada ISO sin variación de las propiedades del material. Como resultado del proceso de fabricación, las piezas de madera sintética FFU no tienen poros y pueden cortarse a cualquier longitud hasta 12 metros.

Por lo tanto, FFU ofrece al cliente una seguridad en el comportamiento del material en la práctica mucho mayor que la madera natural. También sus características técnicas, significativamente mejores, permiten una optimización de la sección transversal, lo que constituye una

enorme ventaja, sobre todo en los puentes ferroviarios.

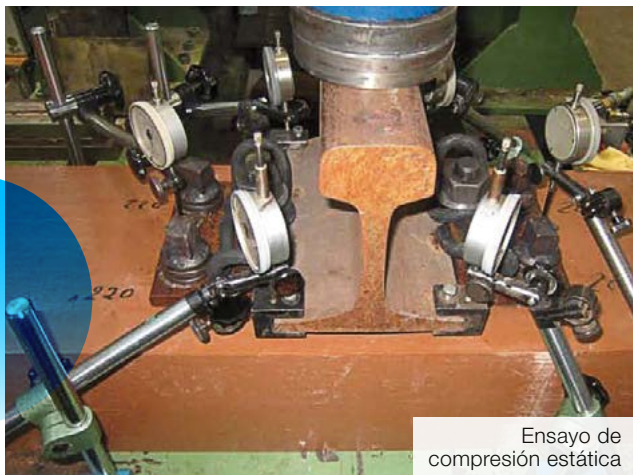
La estructura celular cerrada de FFU evita que absorba agua. También presenta una resistencia química muy alta a aceites, lubricantes y contaminantes. En el lecho de balasto, la parte inferior de la traviesa de madera sintética FFU se comporta igual que una traviesa de madera natural.

Propiedades	Unidad	Haya nueva	Traviesa sintética FFU			Norma	
			nueva	10 años	15 años		
Densidad	[kg/m ³]	750	740	740	740	JIS Z 2101	
Resistencia a la flexión	[kN/cm ²]	8	14.2	12.5	13.1	JIS Z 2101	
Módulo de elasticidad	[kN/cm ²]	710	810	800	816	JIS Z 2101	
Resistencia a la compresión	[kN/cm ²]	4.0	5.8	6.6	6.3	JIS Z 2101	
Resistencia al corte	[kN/cm ²]	1.2	1.0	0.95	0.96	JIS Z 2101	
Dureza	[kN/cm ²]	1.7	2.8	2.5	2.7	JIS Z 2101	
Resistencia de flexión por impacto	+ 20°C	[J/cm ²]	20	41	-	-	JIS Z 2101
	- 20°C	[J/cm ²]	8	41	-	-	JIS Z 2101
Absorción de agua	[mg/cm ²]	137	3.3	-	-	JIS Z 2101	
Resistencia de aislamiento eléctrico	seca	[Ω]	6.6x10 ⁷	1.6x10 ¹³	2.1x10 ¹²	3.6x10 ¹²	JIS K 6852
	mojada	[Ω]	5.9x10 ⁴	1.4x10 ⁸	5.9x10 ¹⁰	1.9x10 ⁹	JIS K 6852
Fuerza de extracción de clavos de vía	[kN]	25	28	28	23	RTRI	
Fuerza de extracción de tirafondos	[kN]	43	65	-	-	RTRI	

Características técnicas

Desde 1985 se han realizado numerosos ensayos con traviesas sintéticas FFU en el curso de diversos procedimientos de homologación. En 2008 la Universidad Politécnica de Munich sometió a examen técnico el material de traviesas de 16 cm de alto. El examen de FFU se llevó a cabo conforme a la normativa europea aplicable. Las traviesas sintéticas

FFU tenían que cumplir, en parte, los requisitos impuestos a las traviesas de hormigón. El informe de la Universidad Politécnica de Munich resultó tremendamente positivo para FFU en todos los campos. Partiendo de estos resultados favorables, la Autoridad Federal Ferroviaria Alemana (EBA) concedió en 2009 una homologación para un ensayo en servicio relativo a la utilización segura de traviesas de madera sintética FFU en la infraestructura ferroviaria alemana. La Universidad llevó a cabo los siguientes ensayos:



Ensayo de compresión estática



Reparto de cargas sobre el carril y fijación del carril en la traviesa de madera sintética FFU

Deformación elástica de la cabeza de carril	
Punto de apoyo derecho	Punto de apoyo izquierdo
2.12 mm	1.71 mm

Deformación permanente de la cabeza de carril	
Punto de apoyo derecho	Punto de apoyo izquierdo
0.42 mm	0.29 mm

Average sleeper screw extraction force	
Madera	FFU
35 kN	61 kN


Resistencia eléctrica R_{33}	
DIN EN 13146-5	FFU
$\geq 5 \text{ k}\Omega$	71.9 k Ω

Carga estática en el centro de la traviesa	
Madera	FFU
80 kN	240 kN

Procedente del informe de investigación nº 2466, de 19/9/2008, elaborado por la Universidad Politécnica de Múnich Cátedra e Instituto de Ensayos de Infraestructura del Transporte, Dr.-Ing. Stefan Freudenstein

- Ensayo de fatiga
- Fuerza de tracción en tirafondos
- Ensayo de extracción de tirafondos
- Ensayo de impacto
- Resistencia eléctrica
- Ensayo estático en el centro de la traviesa
- Ensayo de fatiga en el centro de la traviesa
- Ensayo de compresión estática
- Ensayos de deformación elástica a baja temperatura
R = RT y R = -10°C

Las características técnicas de los materiales no variaron después de 1,28 millones de ciclos de carga realizados a una temperatura de 48°C. El ensayo de extracción de los tirafondos de las traviesas dio como resultado una fuerza de extracción de 61 kN.



Eisenbahn-Bundesamt

Zentrale

Eisenbahn-Bundesbahn, Postfach 20 05 65, 53135 Bonn

Author: Dr. Eng. Franz Haban
tel.: +49 (89) 54856-561
fax: +49 (89) 54856-9561
e-mail: HabanF@eba.bund.de
ref21@eba.bund.de
http: www.eisenbahn-bundesamt.de
Date: 10.04.2017
VMS N°: 3355804

SEKISUI CHEMICAL GmbH
Cantadorstr. 3
40211 Düsseldorf

Case reference ID (to be given in all communications):
21.61-21izbo/021-2101#065-(544/16-Zul)

Subject: Approval of FFU 74 plastic railroad ties from SEKISUI Eslon Neo Lumber
Reference: Your application of 01/12/2016 – Mr. Bretschneider
Enclosures: 0

Dear Ladies and Gentlemen,

In response to your application for approval of the FFU 74 plastic railroad ties from SEKISUI Eslon Neo Lumber, I have decided as follows:

Decision

I, I approve the FFU 74 plastic railroad ties from SEKISUI Eslon Neo Lumber for use by federal railroad companies.

This approval is valid until 31/03/2022.

This decision contains 6 pages and may be used only as a whole.

The FFU 74 plastic railroad ties from SEKISUI Eslon Neo Lumber are manufactured from polypropylene (PP) and are suitable for use on the top of breakstone ballast, under rails, switches and

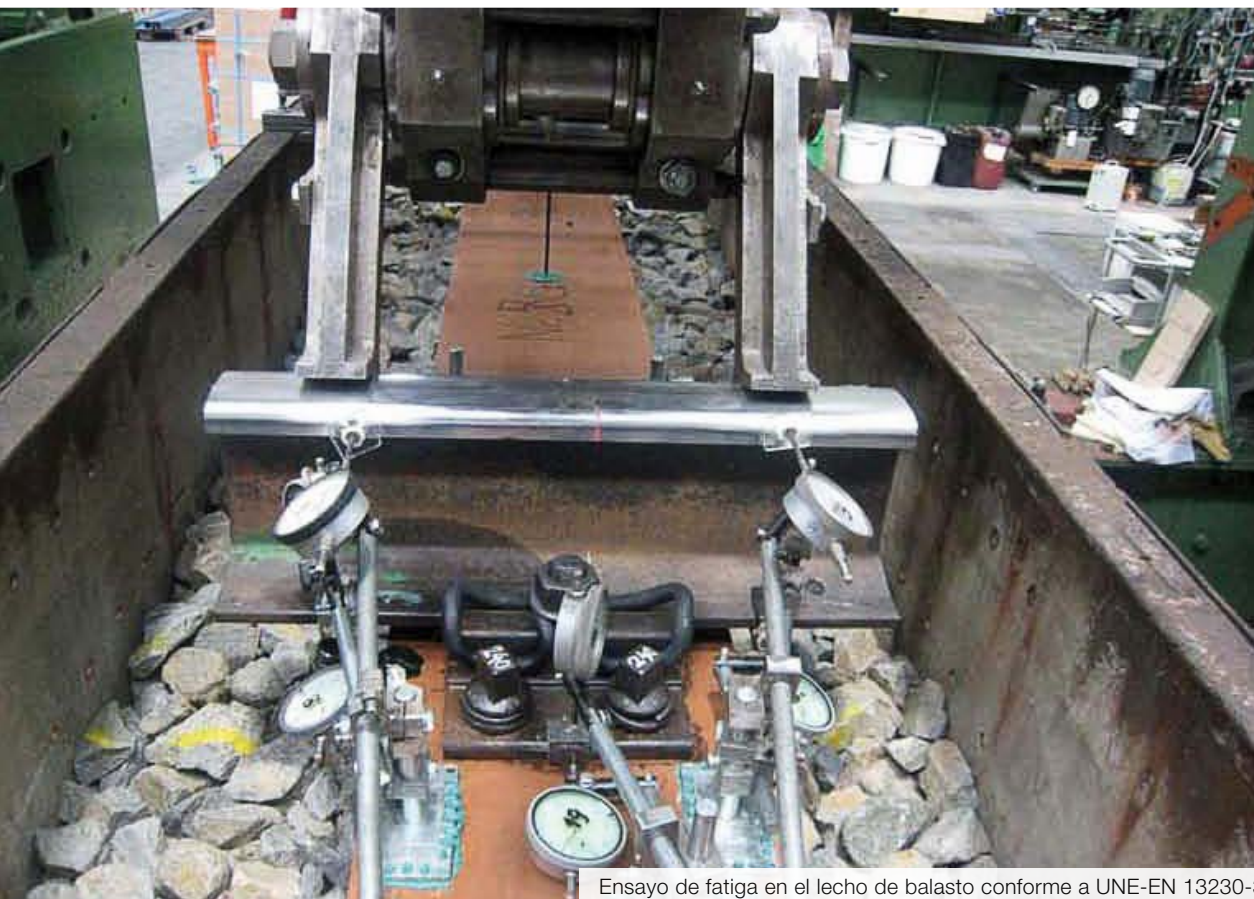
Concesión de homologación por parte de la EBA (Autoridad Federal Ferroviaria Alemana) para la utilización de FFU en Alemania



Ensayo de extracción de tirafondos de traviesas



Travesía de madera sintética FFU tras ensayo de impacto



Ensayo de fatiga en el lecho de balasto conforme a UNE-EN 13230-3

El ensayo de impacto, con el objetivo de simular el descarrilamiento, fue realizado con una carga de impacto de una masa de 500 kg en caída libre. Tras dos ensayos en el mismo punto, la madera sintética FFU mostró simplemente el patrón de una “pestaña de rueda”. Incluso después de esta simulación de descarrilamiento la traviesa FFU siguió dimensionalmente estable, lo que garantiza que el ancho de vía se mantendría en caso de descarrilamiento.

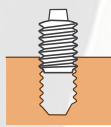
En el ensayo estático en el centro de la traviesa FFU, una fuerza aplicada de 240 kN no causó daños en la traviesa. En comparación, una

travesía de madera se rompió con sólo 80 kN. El ensayo de fatiga en el centro de la traviesa se realizó en condiciones extremadamente críticas. Después de 2,5 millones de ciclos de carga, el cambio en la deformación elástica fue de sólo 0,4 mm. No aparecieron señales perceptibles de fatiga.

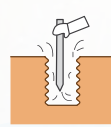
Para analizar el comportamiento a bajas temperaturas, se almacenaron las traviesas FFU a -20°C. El ensayo posterior mostró que, incluso con temperaturas extremadamente bajas, las fibras de madera sintética FFU no mostraban signos de fragilidad.

El ensayo de fatiga bajo la huella de la traviesa se realizó en las condiciones más desfavorables, como una deficiente geometría de vía, una distribución desigual de las cargas sobre el carril, un soporte de carril rígido y cargas dinámicas adicionales para una fuerza por eje de 250 kN. La traviesa FFU superó la prueba sin excepción y no se produjeron daños de ninguna clase, ni siquiera después de 2 millones de ciclos de carga.

Método de reparación únicamente con resina de poliéster de dos componentes con fibras de vidrio – tiempo de curado: 30 minutos



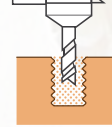
Perfilado



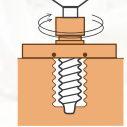
Limpieza del taladro



Adición de resina sintética



Taladrado de un nuevo orificio



Inserción del tirafondo

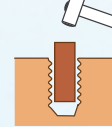
Método de reparación con un taco de madera sintética FFU y resina sintética - tiempo de curado: 4 horas



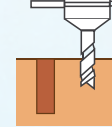
Limpieza del taladro



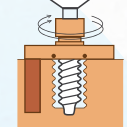
Adición de resina sintética



Sellado



Taladrado de un nuevo orificio



Inserción del tirafondo

Métodos de reparación

Si durante el tratamiento de las traviesas FFU in situ se taldraran mal los orificios o se hubieran perforado en el lugar equivocado o del tamaño equivocado, la tecnología de madera sintética FFU ofrece dos métodos de reparación rápidos y sencillos sin alterar la calidad del material.

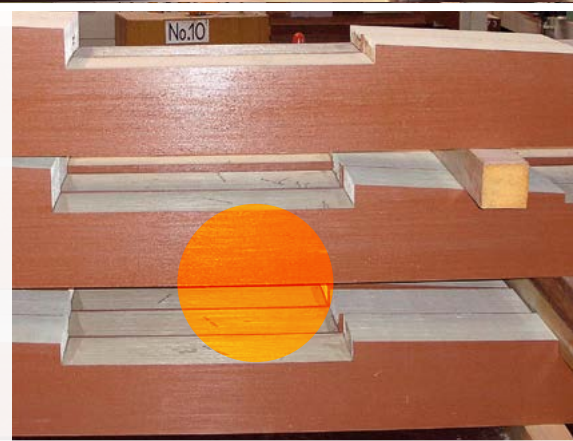
En el primer método, se reperfila el taladro defectuoso, se limpia y se rellena con una resina de poliéster de dos componentes con fibra de vidrio. Después de un tiempo de curado de sólo 30 minutos, en el taladro original reparado se puede hacer un nuevo orificio desplazado

sólo unos pocos milímetros.

En el segundo método, el taladro defectuoso se limpia y se rellena con resina sintética líquida. Después se inserta un taco de madera sintética FFU. El tiempo de curado es alrededor de cuatro horas con este método, y sólo después se puede hacer un nuevo taladro en el punto de la reparación.



<p>Guía de cable</p>	<p>Aumento de la resistencia al desplazamiento transversal</p> <p>Con refuerzos</p>	<p>Traviesa con suela y reducción del ruido</p> <p>Traviesa con suela</p>	<p>Fijación in situ</p>	<p>Vía en placa con soporte elástico</p> <p>Elastómero</p>
<p>Engranaje nervado</p>	<p>Anclaje con pernos</p>	<p>Entalladura</p>	<p>Traviesa bibloque</p>	
<p>Achaflanado</p>	<p>Escalonado</p>	<p>Estrechamiento</p>		



Producción a medida, de fábrica

Las traviesas de madera sintética FFU pueden fabricarse y suministrarse conforme a las necesidades más específicas del cliente.

Esto permite reducir notablemente:

- Las adaptaciones al proyecto
- La duración de los cortes de vía
- El coste de la logística in situ
- Los gastos de preparación

Son posibles las siguientes fabricaciones a medida del cliente:

- Refuerzos para sobreelevación
- Fresados
- Taladros en traviesas para puentes
- Taladros para tirafondos de traviesas
- Fresado de apoyos de vigas
- Fresado para refuerzos de larguero
- Fresado de remaches
- Limpieza por chorro de arena de la superficie
- Refuerzos de desplazamiento transversal

Las traviesas sintéticas FFU prefabricadas según las exigencias del cliente vienen claramente identificadas de fábrica de acuerdo con el plano de instalación. Esto permite colocarlas en el lugar determinado con total seguridad.

Si se necesita recrear los gradientes de una estructura de puente ya existente, las diferentes traviesas FFU para el puente pueden fabricarse de la altura que se requiera con una precisión milimétrica.



Cincelando los cajeados



Fresando



Taladro para tirafondo de traviesa



Serrando el cajeado



Cincelando el cajeado

Trabajando en el proyecto

La madera sintética FFU puede ser procesada de manera convencional, exactamente igual que la madera natural. Se pueden utilizar herramientas corrientes para taladrar los orificios, serrar, fresar o cincelar las traviesas de madera sintética. En comparación con la madera natural, FFU presenta una mayor dureza y una ausencia casi total de poros. La vida útil de las herramientas empleadas se puede optimizar fácilmente con el uso de herramientas Widia o herramientas para mecanizar acero.

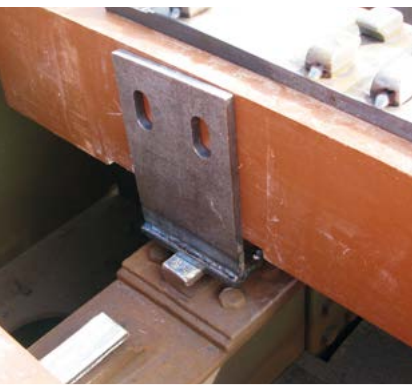
Durante el mecanizado de traviesas sintéticas FFU en el proyecto, se debe prestar atención al calentamiento de las herramientas. Esto se puede controlar de manera muy eficiente reduciendo ligeramente la velocidad de rotación y de avance. Al hacerlo, también se impide la fusión de las fibras por recalentamiento.

En todo caso, hay que respetar los procedimientos de trabajo vigentes.

El peso específico de la madera sintética FFU es de aproximadamente 740 kg/m^3 , así que ofrece las mismas ventajas que la madera natural en lo

referente al transporte hasta el lugar de la obra.

La estabilidad dimensional y el hecho de que los fresados y los refuerzos se realizan antes, en la fábrica, permiten realizar el trabajo in situ con rapidez, precisión y seguridad. El esfuerzo de trabajo y los períodos de corte de vía se pueden optimizar de manera que la vía vuelva a estar rápidamente en servicio.



Base especial de madera sintética FFU sobre estructura portante de acero



Australia | puente ferroviario de Minnamurra – carga por eje 38 t



Bélgica | Infrarail | puente basculante

Puentes ferroviarios

Las traviesas sintéticas FFU pueden utilizarse en puentes ferroviarios con las mismas características técnicas y comerciales que las de madera natural. Además, instalar traviesas FFU en puentes ferroviarios tiene ventajas adicionales significativas para la construcción de puentes:

- Vida útil en servicio extremadamente larga
- Máxima resistencia al desgaste
- Idéntico peso muerto del puente
- Mismo aspecto exterior
- Sistema estático constante
- Respeto de los gradientes
- Homogeneidad de las traviesas del puente
- Uso de medios de fijación normales
- Uso de idénticas herramientas
- Sin insecticidas
- Cortes de vía breves
- Mayor seguridad de las vías
- Estabilidad dimensional
- Colocación de toda la superficie sobre los apoyos del puente
- Perfiles transversales especiales homogéneos
- Muy buenas características técnicas
- Alta disponibilidad de la vía
- Reducción de las operaciones de mantenimiento
- Reducción de los costes de mantenimiento





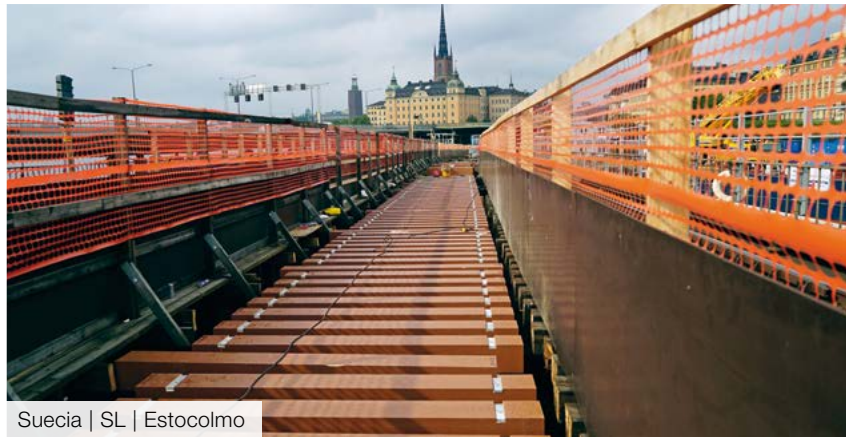
DB AG | 1.200 m de vía con balasto en un puente de Naumburg



Reino Unido | Network Rail | Ashford



Suiza | SOB | Puente Hurdener



Suecia | SL | Estocolmo

instalarse de manera rápida, correcta y precisa por operadores ferroviarios y empresas constructoras profesionales.

En 2016 una cifra considerable de operadores ferroviarios ya utilizaba la madera sintética FFU, hasta una longitud total de 1.400 km de vía en todo el mundo.

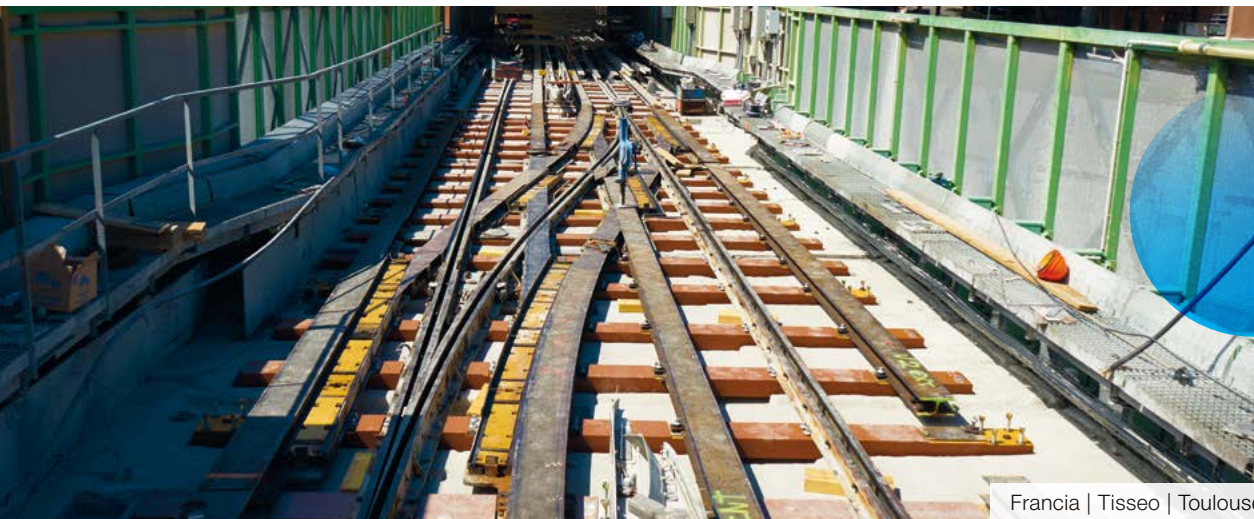
Desde 2004 se utilizan traviesas sintéticas FFU en Europa, siempre a entera satisfacción de los clientes. Un

objetivo fundamental para la mayoría de los operadores ferroviarios es la disponibilidad máxima de las vías.

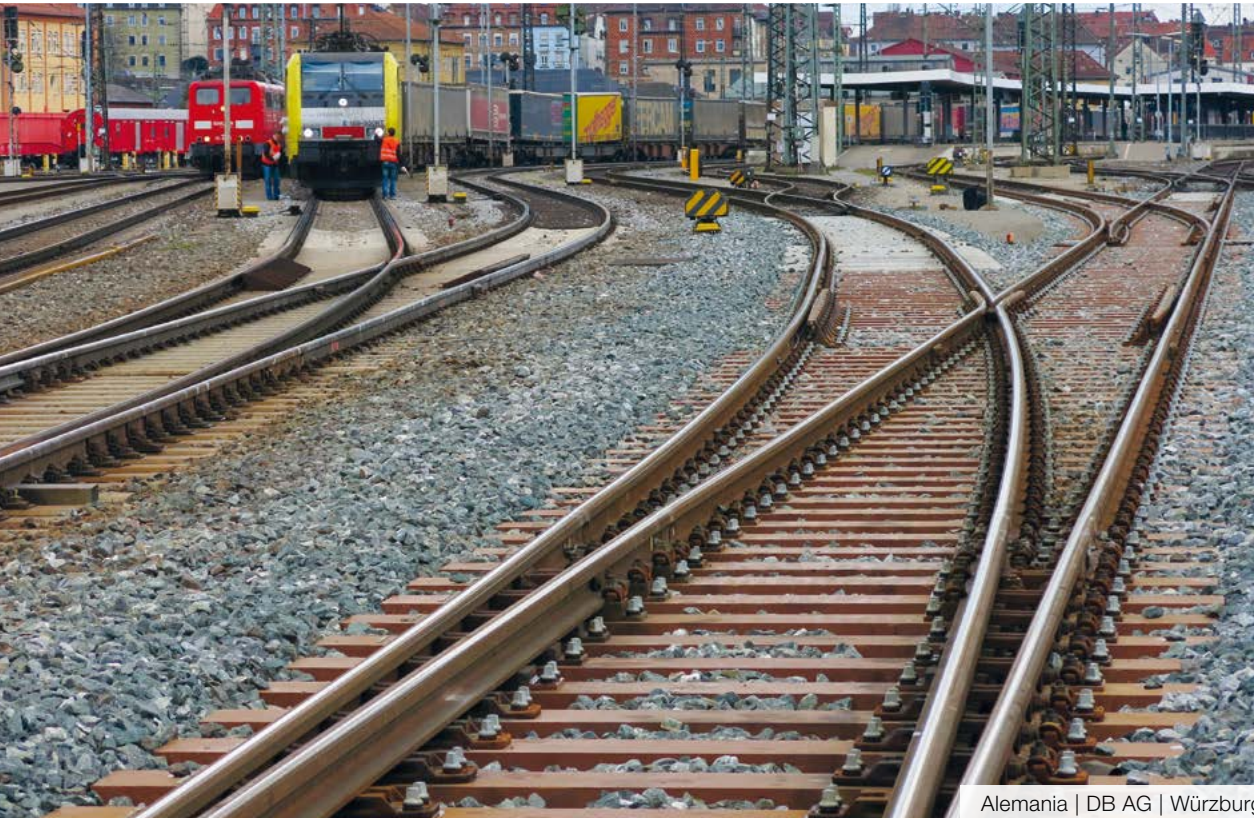
Al mismo tiempo, los intervalos de mantenimiento típicos que han de observarse para las estructuras de apoyo de los puentes son:

- Protección anticorrosión, después de unos 30 años
- Sustitución de carriles, después de unos 30 años
- Construcción en acero, después de unos 50 años
- Sustitución de las traviesas FFU del puente, después de unos 50 años

Con estas consignas, el operador ferroviario no tiene que proceder al cierre prolongado de la vía, con la consiguiente interrupción del servicio, hasta pasados 50 años.



Francia | Tisseo | Toulouse



Alemania | DB AG | Würzburg

Sistemas de desvíos

El excelente comportamiento elástico de la madera sintética FFU, su vida útil significativamente más larga, sus excelentes propiedades como aislante eléctrico y su gran resistencia química la convierten en la opción preferida para la instalación de desvíos ferroviarios. Se adapta muy bien a sistemas de desvíos en los que el operador tiene que afrontar con frecuencia elevados costes y gastos de mantenimiento. Además de lo anterior, las traviesas sintéticas FFU pueden fabricarse con la longitud que se desee y, en definitiva, ofrecen multitud de ventajas para su utilización en desvíos:

- Buena inserción en el balasto
- Comportamiento elástico duradero del material en la zona del cruzamiento
- Seguridad de la vía tras descarrilamiento
- Estabilidad dimensional tras descarrilamiento
- Seguridad a largo plazo en la fijación del carril
- Excelente resistencia al desgaste
- No absorción de agua
- Excelente resistencia a productos químicos
- No le afecta la grasa
- Sin impacto medioambiental por impregnación química
- Sin insecticidas



- Métodos de reparación rápidos
- Refuerzos / Mayor resistencia al desplazamiento transversal
- Uso de medios de fijación estándar
- Uso de herramientas estándar
- Cortes de vía breves
- Mejor seguridad ferroviaria
- Muy buenas características técnicas
- Alta disponibilidad del sistema de desvío
- Importante aislamiento eléctrico / resistencia eléctrica

Gracias a sus numerosas ventajas, la madera sintética FFU es la opción preferida para sistemas de desvíos en vías con lecho de balasto o en vías sin balasto, utilizándose por lo general elastómeros en este segundo caso. La estabilidad dimensional y la estabilidad posicional resultante al ensamblar los cambios en la fábrica son aspectos muy interesantes de la madera sintética FFU. El ensamblado rápido y fiable de los desvíos en la fábrica requiere solamente una pequeña dedicación de la capacidad de producción.



Los sistemas de desvíos fabricados con traviesas sintéticas FFU tienen un peso comparable a los de madera natural (aprox. 740 kg/m³) y ofrecen enormes ventajas en la logística de transporte e instalación.

Una subestructura ya existente para traviesas de madera puede utilizarse sin modificaciones con traviesas sintéticas FFU.

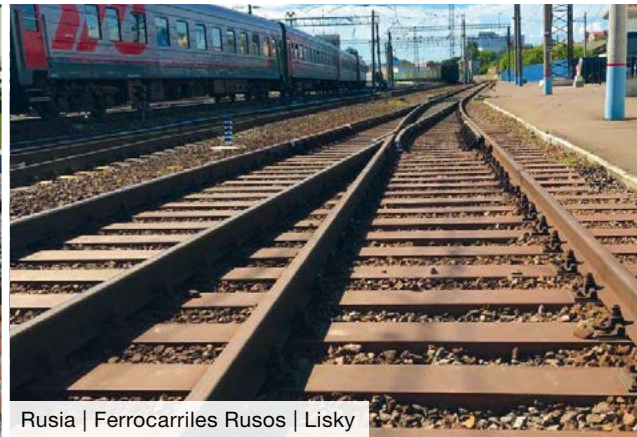
Según la experiencia adquirida después de varios años, la madera sintética FFU presenta las mismas ventajas que la madera natural en lo referente al comportamiento elástico de la vía en la zona del desvío. Pero en cruzamientos y en enlaces con vías existentes, FFU exhibe un comportamiento elástico significativamente mejor que la madera y, por eso, garantiza un rodamiento mucho más armonioso sobre los carriles y la superestructura de la vía.



Suiza | BLS AG | Goppenstein



Suiza | BLS AG | Aeflingen



Rusia | Ferrocarriles Rusos | Lisky

Empleados de Deutsche Bahn (Ferrocarriles Federales Alemanes) afirman que, incluso después de dos años, los desvíos instalados con traviesas de madera sintética FFU descansan sobre el lecho de balasto “como si se hubieran instalado ayer” y las traviesas de la zona del cruzamiento tienen un comportamiento elástico completo y se mantienen en la posición correcta. Dicen que la transición desde la vía tendida sobre traviesas de hormigón al desvío con traviesas FFU se hace sin ningún

problema y, por tanto, el resultado es perfecto.

Cuando se utiliza madera sintética FFU no se produce impregnación perjudicial para el medio ambiente, ni olores molestos ni procesos de desgaste severo



Ensayo de fatiga bajo el apoyo del carril



Ensayo de fatiga por vibración



Tirafondo de traviesa Ss-8 – diámetro 24 mm	
Diámetro del taladro / broca	Fuerza de extracción [kN]
19 mm / Broca de acero	56.8
20 mm / Broca de acero	52.7
20 mm / Broca de madera	49.6

Traviesa sintética (altura = 100 mm) tras ensayo de resistencia	Deformación elástica de la cabeza de carril		Deformación plástica de la cabeza de carril	
	Punto de apoyo 1	Punto de apoyo 2	Punto de apoyo 1	Punto de apoyo 2
3 millones de ciclos de carga	1.60 mm	1.60 mm	0.45 mm	0.15 mm

Traviesa plana FFU[®] | Características técnicas

En otoño de 2013 la “traviesa sintética compuesta” más delgada del mundo (en ese momento), de 12 cm de alto, fue sometida a examen por el organismo responsable del control de las vías de transporte de la Universidad Politécnica de Munich, con unos resultados positivos para una vía estándar (22,5 t) y una velocidad $v < 200$ km/h.

Los ensayos se llevaron a cabo con traviesas sintéticas FFU de 10 x 26 x 260 cm (tráfico de cercanías) y 12 x 26 x 260 cm (vía estándar). Con el asesoramiento de la EBA (Autoridad Federal Ferroviaria Alemana) y DB AG se realizaron los siguientes ensayos

con traviesas de madera sintética:

1. Comportamiento de la traviesa bajo carga vertical y horizontal en un ensayo de fatiga. Apoyo sobre el lecho de balasto conforme a UNE-EN 13481-3.
2. Ensayos estáticos y dinámicos de traviesas sintéticas conforme a UNE-EN 13230-2.
3. Ensayos de extracción de tirafondos de traviesas conforme a UNE-EN 13481-2.

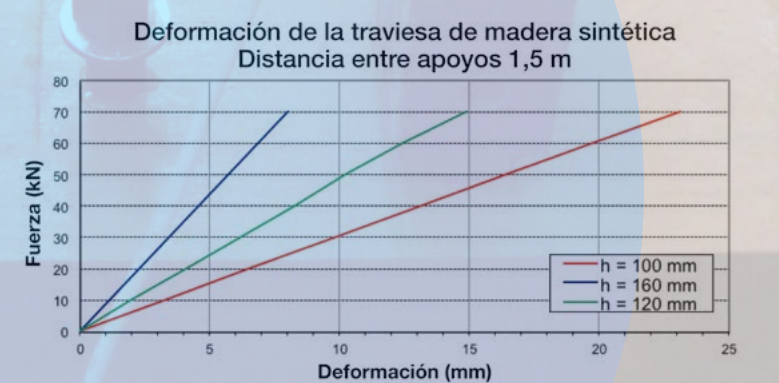
En el ensayo de fatiga se registró una deformación elástica máxima de 0,23 mm y una deformación permanente máxima de 0,18 mm bajo la placa de

asiento nervada después de 3 millones de ciclos de carga. El desplazamiento longitudinal (elástico y permanente) de las placas nervadas fue de alrededor de 0,6 mm en término medio.

Para investigar el comportamiento de la traviesa cuando está sometida a esfuerzo de flexión, se efectuaron ensayos estáticos en el centro de la traviesa de conformidad con UNE-EN 13230-2. La distancia entre apoyos fue de 1,5 m y el ancho de la placa de carga fue de 100 mm. Con una carga de 70 kN la deformación de la traviesa (de 120 mm de alto) fue de 15 mm.



Se efectuó un ensayo de fatiga con 2 millones de ciclos de carga en el centro de la traviesa conforme a UNE-EN 13230-4. La carga aplicada inicialmente fue inferior a 65 kN. Luego se realizó el ensayo de fatiga con un par de fuerzas de 23 kNm. Este par de fuerzas corresponde a una carga por eje de 250 kN y una velocidad de tren $V \geq 200$ km/h. No se detectó ningún daño en la traviesa durante el ensayo de fatiga de 2 millones de ciclos de carga.





La deformación elástica después de 2 millones de ciclos de carga fue de solamente 0,25 mm más que al comienzo del ensayo. Además, se constató que la deformación fue casi constante durante el ensayo de fatiga completo, es decir, que no aparecieron signos de fatiga.

El ensayo de compresión / de fatiga bajo el apoyo del carril se

llevó a cabo conforme a UNE-EN 13230-2 (traviesas de hormigón). Para el ensayo de fatiga se eligió una carga de 150 kN, que corresponde a una carga por eje de 250 kN y a una velocidad del tren $V < 200$ km/h. Antes del ensayo de fatiga se aplicó una carga estática de $1,2 \times 150$ kN = 180 kN. Después del ensayo se aumentó la carga estática hasta 2×150 kN = 300 kN. El ensayo de fatiga se efectuó bajo el apoyo del carril en dos traviesas (120 mm de alto) utilizando placa nervada Rph 1



Alemania | DB AG - SOB | Vilsbiburg



Bateado de una traviesa plana con bateadora



Transición desde traviesas de hormigón a traviesas planas FFU

con unas dimensiones de 160 mm x 345 mm. Se instaló también bajo la placa de asiento nervada una plancha intermedia de material sintético, de 5 mm de grosor. La primera traviesa fue sometida a 5 millones de ciclos de carga y la segunda a 2 millones de ciclos de carga.

Después de 5 millones de ciclos de carga con 150 kN, se registró una deformación de 4,8 mm.

Los ensayos de extracción se llevaron a cabo conforme a UNE-EN 13481-2, Apéndice A, con 12 tirafondos de traviesas Ss 8-140 y traviesas sintéticas de 120 mm de alto. Se incrementó gradualmente la carga hasta que se extrajo el tirafondo. Para un tornillo Ss 8-140 la fuerza de extracción media fue de 57 kN (diámetro de taladro estándar: 19 mm) y 51 kN (diámetro de taladro estándar: 20 mm), respectivamente. Las fuerzas de extracción en ensayos anteriores con tirafondos de traviesas de madera de 16 cm de alto (de fábrica) fue de unos 35 kN (véase informe de investigación nº 1687, de 30/6/1997 [2]).



Austria | Wiener Linien | Fijación directa a un puente sobre el Danubio, en Viena



Austria | Wiener Linien | Längenfeldgasse

Traviesas de vía | Traviesas de desvíos

La Autoridad Federal Ferroviaria Alemana (EBA) y la Oficina Federal de Transporte Suiza concedieron la homologación en 2014 para el uso de traviesas planas en sus respectivas redes ferroviarias.

Como consecuencia de la estrecha colaboración con el personal de Deutsche Bahn se detectó que reiteradamente se producían en la red ferroviaria cuellos de botella que requerían un mantenimiento muy costoso, en particular en puntos donde la altura del balasto bajo las traviesas tradicionales resultaba insuficiente o donde estructuras construidas por encima o por debajo

de la línea limitaban el gálibo del ferrocarril. DB ha comunicado por escrito su experiencia positiva con este tipo de traviesa en tramos de línea que soportan hasta 100.000 toneladas de carga diarias.

Aplicaciones de FFU de 10 cm y 12 cm de alto

Altura: 10 cm

Desde 2008 Wiener Linien está instalando en Viena traviesas FFU de 10 cm de alto. La vía de la línea 31 de tranvía en el puente de Floridsdorf está formada por traviesas FFU de 10 cm, con fijación directa. En total se han instalado 1.600 metros de vía con

FFU. Dado que una gran parte de la red de metro de Viena es de traviesas de poliuretano y ya han cubierto su vida útil, actualmente está en marcha un programa a largo plazo para sustituirlas por traviesas sintéticas FFU, fundamentalmente en vía sin balasto y en sistemas tanto pesados como ligeros de losa flotante para túneles.

En Alemania el operador de transporte Bogestra instaló en 2012 un desvío con traviesas de madera sintética de 10 cm en vía con balasto.



Altura: 12 cm

El Ferrocarril del Sudeste de Baviera (Südostbayernbahn) las ha instalado en pasos superiores de caminos agrícolas y carreteras. Cerca de Hannover se han instalado traviesas de 12 cm de alto en una línea de Deutsche Bahn que soporta 100.000 toneladas de carga diaria. Después de 18 meses ha habido confirmación por escrito de que las traviesas cumplen totalmente las expectativas y exigencias del operador ferroviario.

En Suiza, el Ferrocarril Rético (RhB) instaló en 2014 las primeras traviesas de 12 cm en un paso elevado de un camino agrícola en Tavanasa. Esto ocurrió después de que, en enero de 2014, la Oficina Federal de Transporte Suiza (BAV) autorizara para un ensayo operacional el uso de traviesas sintéticas FFU de 12 cm o más, incluyendo túneles donde se utilizan traviesas de madera.



Perfiles y proyectos especiales

Al igual que en su ensayo inicial allá por 1980, las traviesas bloque de madera sintética FFU se instalaron en un túnel, en un tramo de vía sin balasto. Los resultados del ensayo inicial, de 1985, confirmaron las excelentes propiedades de la madera sintética FFU.

En el pasado, los pasos a nivel en líneas secundarias se construían normalmente con traviesas de madera. El rápido desgaste de la madera a la intemperie, la solicitación extrema por los equipos y vehículos agrícolas y forestales

y la necesidad de mantener simultáneamente la seguridad adecuada para los peatones que cruzan los pasos ha supuesto que las estructuras de madera tengan que repararse o reemplazarse cada poco tiempo. A diferencia de la madera natural, la madera sintética FFU es un material casi sin poros, que no absorbe humedad, no necesita productos químicos contaminantes (cumplimiento de la normativa de protección del medio ambiente y el medio acuático) y resulta muy resistente al desgaste. Además de una vida útil por encima de la media, la madera sintética FFU es cien por cien reciclable.

Estos aspectos tienen como resultado una mejora de la seguridad de los pasos a nivel y permiten garantizar una funcionalidad mucho más larga.

En sólo una hora se puede desmontar un paso a nivel e instalar otro nuevo de madera sintética FFU.

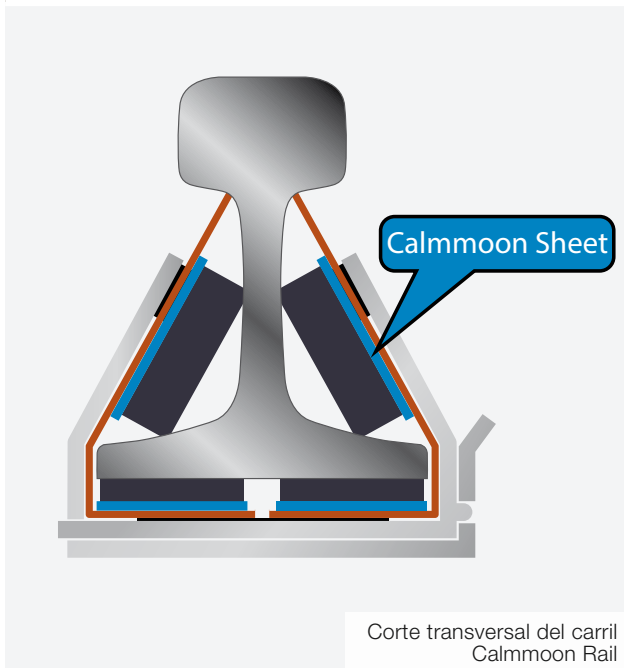
El servicio ferroviario se restaura inmediatamente después y el paso a nivel queda de nuevo libre para el tráfico.



Detalle de la protección contra el ruido del alma del carril Calmmoon Rail



Calmmoon Rail en la red de Deutsche Bahn



Corte transversal del carril Calmmoon Rail



Calmmoon de 1,3 mm en forma de chapa de insonorización para un puente

Carril Calmmoon Rail

Protección contra el ruido del alma del carril

Calmmoon Rail es una tecnología muy efectiva para una reducción sostenida de emisiones sonoras directamente en la fuente. La

efectividad de Calmmoon Rail ya ha sido verificada en varias series de ensayos prácticos y también por Deutsche Bahn de manera independiente. A finales de 2014 más de 80 km de vía en la red de Deutsche

Bahn han sido equipados con Calmmoon Rail. Según información procedente de DB AG, el nivel general de ruido de la infraestructura ferroviaria se ha reducido 3 dB por término medio.

Calmmoon

La chapa de insonorización Calmmoon

está formada por una capa de resina sintética que suprime el ruido y la vibración, unida a un revestimiento de laminado de acero. La tecnología Calmmoon es fina y atenúa bien el sonido, reuniendo así las virtudes de

un sistema de insonorización flexible y fácil de instalación. Gracias a su alta capacidad adhesiva y a su eficaz reducción del ruido, Calmmoon se utiliza cada vez más en zonas de silencio de la aviación comercial y los trenes de alta velocidad, al igual que en la construcción naval (especial-

mente cruceros y grandes ferris de pasajeros), como elemento insonorizador en puentes de acero y para instalaciones industriales de aire acondicionado y compresores.



SEKISUI

SEKISUI CHEMICAL GmbH
Königsallee 106
D-40215 Düsseldorf
Teléfono: +49-(0)211-36977-0
Fax: +49-(0)211-36977-31
Email: info@sekisui.de
www.sekisui-rail.com



TECNOLOGÍA FERROVIARIA

State of the Art