



**IMPERMEABILIZACION DE TABLEROS DE PUENTE  
CON LÁMINAS DE BETUN MODIFICADO CON  
POLÍMEROS**



## 0. INTRODUCCION

Los puentes constituyen uno de los mejores indicadores para valorar el desarrollo de las sociedades. Estas construcciones determinan el grado de civilización de los pueblos en cuanto que revelan la importancia del asentamiento, son un exponente de sus logros científicos y técnicos y reflejan la sensibilidad artística del momento.

La red estatal de carreteras tiene inventariados unos 17.000 puentes, pontones y viaductos, pero el número total de puentes españoles es notablemente mayor si se tienen en cuenta las infraestructuras gestionadas por las administraciones locales, diputaciones y comunidades autónomas.

Varios son los requerimientos a cumplir por el diseño de un puente. Debe reunir criterios estructurales, que sea resistente y dé buena respuesta en servicio; funcionales, que cumpla con calidad el objeto del diseño; económicos, estar ajustado a las posibilidades sociales; estéticos, tiene que garantizar equilibrio con el entorno, resultar atractivo y configurar paisaje; y medioambientales, incluyendo su sostenibilidad económica y durabilidad.

El punto débil de la durabilidad de los puentes de nuestros días reside en el acero, que a pesar de los avances tecnológicos, continúa sin resistir a largo plazo los impactos medioambientales.

La evaluación económica de una estructura debe hacerse teniendo en cuenta el coste global que incluye, no solo el coste de los materiales y la ejecución, sino también su explotación y mantenimiento. La introducción de un sistema de impermeabilización del tablero, incrementaría los costes de materiales y ejecución en aproximadamente un 0,5% pero reduciría los costes de mantenimiento en un 50 %, aumentando al mismo tiempo su durabilidad.

## 1. EL AGUA

Un porcentaje muy elevado de los problemas de durabilidad de los puentes es achacable a los efectos nocivos del agua sobre los mismos.

Aunque se considera que aglomerado asfáltico empleado en la pavimentación de carreteras es suficiente para impermeabilizar un tablero, la experiencia nos dice que no frena la penetración de agua. La mezcla bituminosa, cuyo coeficiente de dilatación térmica es diferente al del hormigón, tiende a desprenderse con los diferentes cambios de temperatura, circunstancia agravada por la sollicitación de las cargas, que originan tracciones verticales en la interfase cercana a las ruedas.

La capa de mezcla bituminosa, una vez despegada, recibe tracciones horizontales que terminan agrietándola rápidamente (es muy frecuente observar humedades en la interfase rodadura-hormigón aun después de varias semanas sin llover). Por otro lado, las aceras, generalmente ejecutadas con un hormigón de menor resistencia que el tablero, forman un conjunto con cierta permeabilidad y parcialmente despegado, lo que permite la circulación de agua por su base hacia el interior.

El resultado es que en un tablero no impermeabilizado, el agua penetrará, afectando a la estructura de hormigón.

Aunque el hormigón es un material con una buena



resistencia al ataque de los agentes externos más normales, no es así la de los aceros de las armaduras. Estos son tanto más susceptibles cuanto más fuertemente solicitados están, siendo especialmente peligrosos los problemas de corrosión de los cables usados en las estructuras de hormigón pretensado.

Por otra parte, siempre existen en los tableros zonas insuficientemente compactas, pudiendo crearse fisuras que acabarán dando lugar a desórdenes importantes o envejecimientos prematuros, abriendo vías de entrada a agentes químicos.

De cualquier manera, el hormigón, aún vibrado, no es estanco, y mínimas segregaciones locales pueden ser suficientes para permitir la penetración y la circulación del agua y de los productos que ésta pueda arrastrar.

Por último, el tablero recibe sistemáticamente sales de deshielo o precipitaciones de agua cargada de materias agresivas, produciéndose graves patologías, tanto en el hormigón (carbonatación, disgregación, descalcificación, sulfatación, desarrollo de vegetación, etc.) como en las armaduras o en las chapas de los puentes metálicos (corrosión, rotura de las mismas, etc.).

## 2. PATOLOGÍAS PRODUCIDAS POR LA PENETRACION DE AGUA EN UN TABLERO DE PUENTE

La penetración de humedad en las estructuras de hormigón expuestas a la intemperie provoca dos tipos de fenómenos:

**a)** Disgregación de la masa de hormigón. Debido fundamentalmente a:

- Ciclos hielo-deshielo: el agua penetra a través de la porosidad del hormigón y con las heladas aumentará su volumen disgregando sus elementos constituyentes.
- Cristalización: el agua lleva sales disueltas que, a partir de un proceso de evaporación cristalizan, en ocasiones, con un importante aumento de volumen que, al igual que en el caso anterior, ocasiona la disgregación de la masa del hormigón.

**b)** Corrosión de las armaduras. La corrosión de las armaduras, especialmente del acero cobra cada vez más importancia debido a la gran cantidad de patologías detectadas y los elevados costes de reparación de las mismas.

El origen de la corrosión de las armaduras se encuentra en la pérdida de la película protectora que recubre la superficie del acero de las mismas. La pérdida de esta



película alcalina se debe a una acidificación del medio que la rodea provocada por dos causas fundamentales:

- Carbonatación: debida a la reacción química de los componentes del cemento con elementos ácidos tan comunes como el dióxido de carbono, presente en la



atmósfera o en los gases que se desprenden de los escapes de los automóviles. Estos gases se combinan con el agua de la humedad ambiente, o de las precipitaciones, difundándose hacia el interior del hormigón y haciendo que este pierda su alcalinidad.

- Reacción electroquímica en presencia de cloruros: los iones cloro presentes en el medio ambiente penetran con la humedad en el hormigón creándose un electrodo en el que actúa como conductor el medio acuoso existente en los poros del material. Como resultado, el hierro de las armaduras se transforma en hidróxido ferroso.

### 3. MEDIDAS PARA FRENAR LOS EFECTOS DEL AGUA

Para frenar los efectos que la penetración de agua ocasiona en las estructuras de los tableros se debe prescribir, tanto por economía (evitando costes innecesarios para su rehabilitación), como por seguridad, un elemento impermeabilizante que proteja la estructura.

Mientras que en España no se establece ninguna exigencia para la impermeabilización del tablero de puente, en los países de nuestro entorno encontramos la implantación de mecanismos para la mejora de calidad de la impermeabilización de estas estructuras, plasmadas en las siguientes actuaciones:

- Reino Unido. En sus pliegos de condiciones para la ejecución de trabajos en carreteras se relacionan las distintas alternativas para la impermeabilización del tablero (másticos, láminas, resinas, etc.), exigiendo que el sistema utilizado tenga un certificado de evaluación del BBA (British Board of Agreement).
- Francia. El SETRA (Servicio de Estudios Técnicos de Carreteras y Autopistas), otorga un Avis Technique (Evaluación Técnica) en base a un documento interno, el STER 81 "Impermeabilización de tableros de puente" que, a partir de la entrada en vigor de la EN 14965, tomará como referencia métodos de ensayo europeos.
- Bélgica. Existe una Guía de la UBAtc Unión Belga para la Evaluación Técnica) para "Sistemas de impermeabilización de puentes y cubiertas parking"
- Portugal. Existen documentos de Homologación para la "Impermeabilización de tableros de puente" expedidos según directrices del SETRA y de la UBAtc.

### 4. MATERIALES UTILIZADOS EN LA IMPERMEABILIZACION DE TABLEROS DE PUENTE

En la tabla 1 se contemplan los materiales comúnmente utilizados en la impermeabilización de tableros de puente.

**Tabla 1**

<b>SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION DE TABLEROS DE PUENTE</b>			
Impermeabilizaciones "in situ"	Sistemas poliméricos	Resinas Epoxi	Epoxi-poliuretano
			Epoxi-brea
			Epoxi-betún
	Sistemas bituminosos		Mortero bituminoso
Impermeabilizaciones con láminas prefabricadas	Láminas bituminosas		Lámina de betún modificado con polímeros

## 5. REQUISITOS DE LA IMPERMEABILIZACION

Del estudio de las solicitudes a que está sometida esta unidad de obra, se desprenden un conjunto de exigencias que deberá cumplir la impermeabilización.

En la tabla 2 se recoge un estudio comparativo del nivel prestacional de los materiales utilizados en la impermeabilización de tableros, en relación a los principales requisitos de esta unidad de obra.

**Tabla 2**

<b>COMPARATIVA PRESTACIONES</b>					
REQUISITOS	SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION DEL TABLERO				
	Epoxi-poliuretano	Epoxi-brea	Epoxi-betún	Mortero bituminoso	Lámina de betún modificado con polímeros
Estanquidad	****	****	****	****	****
Capacidad de puenteo de fisuras	**	*	**	**	****
Resistencia química (compatibilidad)	****	***	***	***	****
Resistencia al punzonamiento	**	**	***	***	****
Resistencia a la tracción	*	*	**	**	****
Resistencia al vertido de aglomerado a elevada temperatura	**	**	**	****	****
Facilidad de puesta en obra	**	***	***	***	**
Capacidad de soportar tráfico de obra	**	**	*	***	***

Las **láminas prefabricadas de betún modificado con polímeros**, cumplen los requisitos exigidos para esta unidad de obra.

## 6. NORMATIVA EUROPEA

La Directiva Europea de Productos de Construcción 89/106/CEE establece los requisitos esenciales que deben satisfacer los edificios y las obras de ingeniería civil, así como Los requisitos mínimos de seguridad exigibles a los productos de construcción que se incorporen con carácter permanente a dichos edificios y obras. Estos requisitos se plasman en unas especificaciones técnicas armonizadas, elaboradas por el Comité Europeo de Normalización por mandato de la Comisión Europea.

En el ámbito de la **impermeabilización de tableros de puente con láminas bituminosas con armadura**, el 1 de octubre de 2011, entró en vigor la Norma Europea Armonizada, EN 14965 *“Laminas flexibles para impermeabilización. Laminas bituminosas con armadura para la impermeabilización de tableros de puente de hormigón y otras zonas de tráfico de hormigón. Definiciones y características”* que establece los métodos de ensayo y las especificaciones, en su caso, para las características esenciales que se contemplan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

Característica	Método de ensayo	Unidad	Especificación	Valor recomendado	
Estanquidad	EN 14694	-	Pasa	Pasa	
Absorción de agua	EN 14223	%	MLV	≤ 1,5 (LBM-60/G-FP) ≤ 3 (LBM-48-FP)	
Propiedades de tracción					
- Fuerza máxima de tracción	En longitudinal	EN 12311-1	N/50 mm	MDV	900 ± 250
	En transversal				650 ± 250
- Elongación		%	MDV	35 ± 15	
Resistencia de la unión					
- a hormigón:	EN 13596	N/mm <sup>2</sup>	MLV	≥ 0,4	
- a mástico asfáltico:				≥ 0,4	
- a hormigón asfáltico:				≥ 0,4	
Capacidad de puenteo de fisuras	EN 14224	°C	MLV	tipo 3 - pasa a-1 0°C	
Compatibilidad por acondicionamiento térmico	EN 14691	%	MLV	≥ 5	
Flexibilidad a baja temperatura	EN 1109	°C	MLV	≤ -15°C	
Resistencia a la cizalla					
- mástico asfáltico:	EN 13653	N/mm <sup>2</sup>	MLV	≥ 0.1	
- hormigón asfáltico:				≥ 0.1	
Resistencia a la compactación de una capa asfáltica	EN 14692	-	Pasa	Pasa	
Durabilidad					
- Absorción de agua: %	EN 14223	%	MLV	≤ 1,5 (LBM-60/G-FP) ≤ 3 (LBM-48-FP)	
- Comportamiento al envejecimiento térmico:	EN 1296				
o Flexibilidad a baja temperatura	EN 1109	°C	MLV	≤ 0	
o Resistencia a la fluencia	EN 1110	°C	MDV	100±10	
- Compatibilidad por acondicionamiento térmico:	EN 14691	%	MLV	≥ 5	
Resistencia a una carga estática	EN 12730 Método B	Kg	MLV	≥ 25	
MLV: Valor límite del fabricante MDV: Valor declarado por el fabricante acompañado de la tolerancia declarada					

Las láminas bituminosas con armadura cumplen estos requisitos garantizando la funcionalidad y durabilidad del producto y de la estructura que protege.


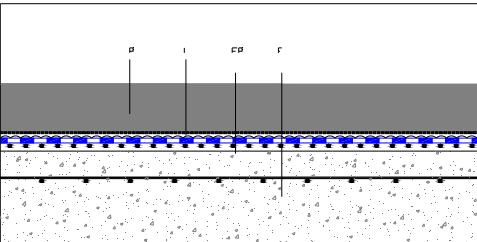




## 7. SISTEMAS RECOMENDADOS PARA LA IMPERMEABILIZACION DE TABLEROS DE PUENTE CON LÁMINAS BITUMINOSAS

Para la impermeabilización de un tablero de puente se recomiendan, por su resistencia, durabilidad, versatilidad y facilidad de instalación dos sistemas monocapa:

- Monocapa formada por una lámina de betún modificado de 6 kg/m<sup>2</sup> de masa nominal acabada por la cara externa con gránulo de pizarra (LBM-60/G-FP);
- Monocapa formada por una lámina de betún modificado de 4,8 kg/m<sup>2</sup> de masa nominal acabada por la cara externa con fieltro geotextil antipunzonante adherido en fábrica (LBM-48-FP). El fieltro de acabado tendrá una resistencia a la tracción ≥ 150 N/50 mm.

Los elementos integrantes del sistema de tablero así como las particularidades de su puesta en obra se contemplan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

<b>SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION</b>				
<b>P</b>	<p><b>Protección.</b> Capa de rodadura de aglomerado asfáltico vertido en caliente sobre la membrana. La capa de rodadura estará formada por mezclas bituminosas en caliente, fabricadas de acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes.</p> <p>Para evitar el posible efecto “alfombra”, se recomienda que la capa de aglomerado asfáltico tenga un espesor igual o mayor que 8 cm. El extendido del aglomerado se realizará con extendedora de ruedas neumáticas, no realizando maniobras de radio pequeño sobre la membrana. La velocidad de los camiones será lenta, no dando lugar a aceleraciones o frenadas bruscas.</p>			
<b>RA</b>	<p><b>Riego asfáltico.</b> En el caso de que el aglomerado asfáltico se vierta directamente sobre una lámina acabada con fieltro de poliéster, se procederá a la impregnación previa del fieltro mediante imprimación bituminosa o riego asfáltico</p>			
<b>I</b>	<p><b>Impermeabilización.</b> La armadura de la lámina deberá ser de fieltro de poliéster. La lámina deberá tener una resistencia a la carga estática según UNE-EN 12730 – Método B <math>\geq</math> 25 kg.</p> <p>Las láminas tendrán una orilla sin acabado en la dirección longitudinal, para facilitar la soldadura.</p> <p>La lámina se colocará adherida previa imprimación del soporte.</p>	Impermeabilización	MONOCAPA	
		Designación	MC-TV	MC-TV
		Masa nominal	6,0 kg/m <sup>2</sup>	4,8 kg/m <sup>2</sup>
		Lámina	LBM-60/G-FP (con acabado de pizarra)	LBM-48-FP (con acabado de fieltro geotextil antipunzonante)
				
<b>IM</b>	<p><b>Imprimación.</b> La capa de imprimación será de espesor mínimo y antes de aplicar las láminas deberá estar totalmente seca.</p> <p>Como imprimación se utilizan normalmente pinturas o emulsiones asfálticas, aplicadas a temperatura ambiente mediante cepillo, rodillo, brocha, pistola o riego, en toda la superficie a impermeabilizar.</p>			
<b>FP</b>	<p><b>Formación de pendientes.</b> La pendiente del tablero tendrá una configuración tal que se facilite la evacuación del agua por su superficie hacia los drenajes.</p>			
<b>F</b>	<p><b>Forjado.</b> Losa de hormigón u otro forjado estable. La superficie del tablero, que suele coincidir con el soporte base de la impermeabilización, debe estar limpia de restos de lechadas de inyección, manchas de grasa, gasoil, aceites.</p> <p>La operación de limpieza y eliminación de los materiales podrá llevarse a cabo empleando técnicas como decapado mecánico, chorro de arena, cepillos metálicos y agua o aire a presión. En tableros metálicos será imprescindible la realización de una limpieza exhaustiva por medio de chorro de arena.</p> <p>Deberán evitarse irregularidades mayores de 5 mm. Si es así deberá realizarse obligatoriamente una nivelación previa a la impermeabilización con un mortero hidráulico de reparación de endurecimiento rápido o un mortero sintético, asegurando su correcta adherencia mediante el uso de un puente de unión hidráulico o polimérico.</p> <p>Las fisuras presentes en el hormigón del tablero deberán tratarse adecuadamente antes de aplicar el sistema de impermeabilización seleccionado, sean activas ó pasivas.</p> <p>En ningún caso podrá aplicarse la impermeabilización si existiesen armaduras al descubierto.</p>			

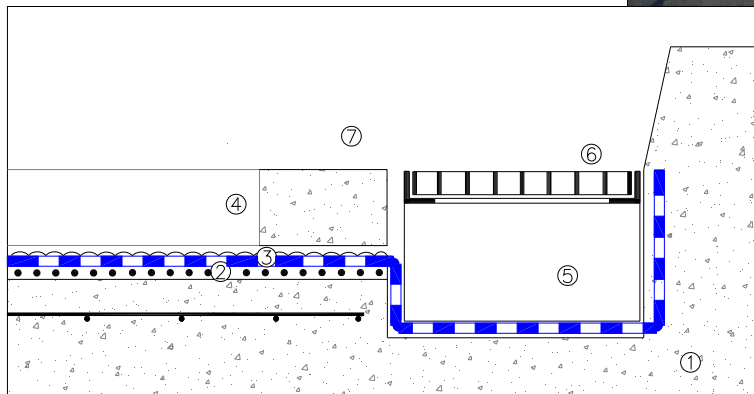
## 8. EJECUCION DE PUNTOS SINGULARES

### 8.1 Desagües

Deberán preverse los sistemas de desagüe necesarios para la evacuación de las aguas. El desagüe se resuelve mediante la construcción de cauces que deberán ser impermeabilizados para la conducción de las aguas hacia el exterior (por un imbornal) o a un colector (mediante sumidero).



DETALLE DESAGUE



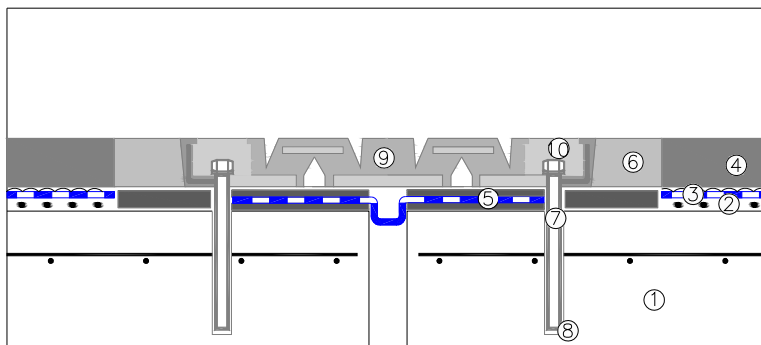
- ⑦ BANQUETA
- ⑥ REJILLA
- ⑤ CANALETA
- ④ AGLOMERADO ASFALTICO
- ③ MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE
- ② IMPRIMACION
- ① SOPORTE RESISTENTE Y PENDIENTES

### 8.2 Juntas de dilatación

La junta de dilatación de tablero de puente se resolverá mediante una banda de material elastómero, instalada en un corte previo en el aglomerado al ancho correspondiente.



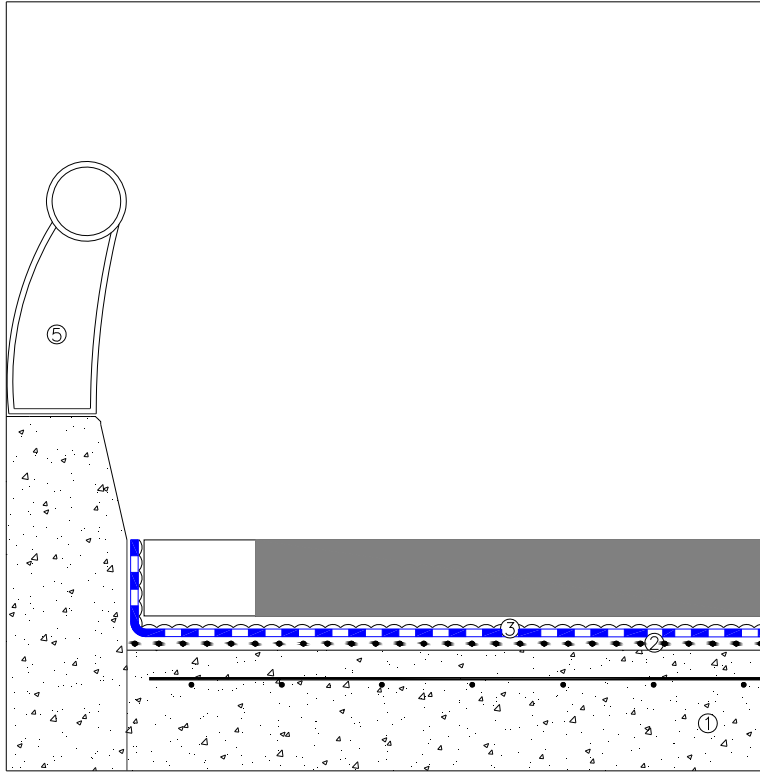
DETALLE JUNTA TABLERO



- ⑩ SELLADO
- ⑨ PERFIL ELASTOMÉRICO
- ⑧ ANCLAJE QUIMICO
- ⑦ ESPARRAGO CON TUERCA Y ARANDELA
- ⑥ TRANSICION
- ⑤ NIVELACION
- ④ AGLOMERADO
- ③ MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE
- ② IMPRIMACION
- ① SOPORTE RESISTENTE Y PENDIENTES

### 8.3 Encuentro con barrera/pretil

DETALLE BARRERA/PRETEL



- ⑤ PRETEL
- ④ AGLOMERADO ASFÁLTICO
- ③ MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE
- ② IMPRIMACION
- ① SOPORTE RESISTENTE Y PENDIENTES

## ANEXO 1

### Relación de Normas de referencia para las láminas bituminosas con armadura para la impermeabilización de tableros de puente de hormigón

UNE-EN 14695	<b>Láminas flexibles para la impermeabilización de tableros de puente de hormigón y otras zonas de hormigón para tráfico rodado. Definiciones y características.</b>
UNE-EN 1107-1	Láminas flexibles para impermeabilización - Parte 1: Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas - Determinación de la estabilidad dimensional
UNE-EN 1109	Láminas flexibles para impermeabilización - Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas - Determinación de la flexibilidad a baja temperatura.
UNE-EN 1110	Láminas flexibles para impermeabilización - Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas - Determinación de la resistencia a la fluencia a elevada temperatura.
UNE-EN 1296	Láminas flexibles para impermeabilización - Láminas bituminosas, plásticas y de caucho para la impermeabilización de cubiertas - Método de envejecimiento artificial por exposición prolongada a elevada temperatura.
UNE-EN 1848-1	Láminas flexibles para impermeabilización - Determinación de la longitud, anchura y rectitud - Parte 1: Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas.
UNE-EN 1849-1	Láminas flexibles para impermeabilización - Determinación del espesor y masa por unidad de área - Parte 1: Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas.
UNE-EN 1850-1	Láminas flexibles para impermeabilización - Determinación de los defectos visibles - Parte 1: Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas.
UNE-EN 12039	Láminas flexibles para impermeabilización - Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas - Determinación de la adhesión de gránulos
UNE-EN 12311-1	Láminas flexibles para impermeabilización - Parte 1: Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas.- Determinación de las propiedades de tracción.
UNE-EN 13375	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado. Preparación de las probetas.
UNE-EN 13596	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado. Determinación de la adherencia
UNE-EN 13653	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación de la resistencia al pelado
UNE-EN 14223	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación de la absorción de agua
UNE-EN 14224	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación de la capacidad de puenteo de fisuras
UNE-EN 14691	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación de la compatibilidad por acondicionamiento térmico
UNE-EN 14692	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación de la resistencia a la compactación de una capa asfáltica
UNE-EN 14693	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación del comportamiento de las láminas bituminosas durante la aplicación de mástico asfáltico
UNE-EN 14694	Láminas flexibles para impermeabilización Láminas bituminosas con armadura, para la impermeabilización de tableros de puente y otras zonas de tráfico rodado Determinación de la resistencia a la presión dinámica del agua tras degradación por pretratamiento.