



GUÍA TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN

# Pavimentos y firmes en cubiertas y terrazas transitables

Life on Roofs



# Normas y directivas más importantes

Normas y directivas importantes sobre la construcción de firmes y pavimentos en cubiertas vigentes en España se puede encontrar en las páginas web siguientes:

**Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana:**

<https://www.mitma.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/11-firmes-y-pavimentos>

**Normativa de carreteras de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC):**

<https://normativadecarreteras.com/vista-categorias/?categoria=firmes-y-pavimentos>

**El Código Técnico de la Edificación (CTE) de España:**

[www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)

**Otras normas y directivas importantes sobre la construcción de firmes y pavimentos en cubiertas:**

Directivas para la planificación, la construcción y el mantenimiento de cubiertas verdes - Directivas para cubiertas verdes ((The Landscape Development and Landscaping Research Society e. V. (FLL))

Recomendaciones para la planificación y la construcción de zonas de tránsito en edificios (The Landscape Development and Landscaping Research Society e. V. (FLL))

Eurocódigo 1 (EN 1991) Acciones en estructuras.

**Parte 1-1:** Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios (EN 1991-1-1)

**Parte 2:** Cargas de tráfico en puentes (EN 1991-2)

Eurocódigo 2 (EN 1992) Proyecto de estructuras de hormigón.

**Parte 1-1:** Reglas generales y reglas para edificación (EN 1992-1-1)

Impermeabilización de cubiertas – Normativa Alemana DIN 18195

Reglas técnicas para cubiertas con impermeabilizaciones- Directivas sobre cubiertas planas – (Organización Central de Instaladores Alemanes – ZDVH)

No todas las normas y regulaciones son relevantes para cada proyecto. El Departamento Técnico de ZinCo le ayudará gustosamente a encontrar soluciones específicas para su proyecto en concreto.

# Índice (Más posibilidades con ZinCo)



Consideraciones generales sobre pavimentos y firmes en cubiertas transitables 4



Pavimentos y terrazas con soportes elevadores 6



Consideraciones generales sobre pavimentos para el tráfico peatonal en cubiertas transitables 10



Zonas peatonales y cubiertas verdes con Floradrain® FD 40-E 12  
Pavimentos y zonas de uso sobre sistemas de drenaje 14



Consideraciones generales sobre firmes para el tráfico rodado sobre cubiertas 16



Firmes para tráfico rodado de vehículos ligeros con Stabilodrain® SD 30 o Fixodrive® FX 50 18  
Firmes para tráfico rodado de vehículos ligeros con Elastodrain® EL 202 20  
Firmes para tráfico rodado de vehículos pesados con Elastodrain® EL 202 22



Combinación de firmes para tráfico y zonas ajardinadas sobre garajes subterráneos con Protectodrain® PD 250 24



Firmes especiales/ Zonas verdes transitables para vehículos 26



Sistemas constructivos para zonas peatonales y tráfico de vehículos con Floradrain® FD 60 neo 28



Obras de referencia 30

# Consideraciones generales sobre pavimentos y firmes en cubiertas transitables

Hoy en día, las cubiertas son multifuncionales. Es decir, en las cubiertas se pueden proyectar cualquier uso, como sobre el suelo.

La técnica es decisiva para construir cubiertas transitables tanto peatonales como para vehículos. La presente guía de planificación pretende proporcionar información al respecto.

Además de las cargas que se ejercen sobre las cubiertas transitables, en el caso de tráfico de vehículos se deben considerar, además las cargas por fuerzas horizontales causadas por el frenado, la dirección y la aceleración.

La normativa europea que regula los tipos de carga en términos de peso y frecuencia son EN 1991-1-1 y EN 1991-2 (véase tabla a la derecha).

Símbolo	Tipos de Cargas:	Carga	Cargas adicionales
	<b>Categoría H</b> Una única persona en la cubierta para realizar trabajos de mantenimiento. Por ejemplo, jardineros	Carga puntual 1,0 kN (en el punto más crítico)	
	<b>Categoría Z</b> Azoteas, pérgolas, logias, balcones, etc.	Carga total 4,0 kN/m <sup>2</sup> Carga puntual 2,0 kN/m <sup>2</sup>	
	<b>Categoría F</b> Vehículos ligeros de hasta 3 Tm	Carga total 2,5 kN/m <sup>2</sup> Carga puntual 20 kN	Cargas por fuerzas horizontales causadas por el frenado, la dirección y la aceleración
	<b>Categoría G</b> Vehículos industriales desde 3 Tm hasta 16 Tm	Carga total 5,0 kN/m <sup>2</sup> Carga puntual 90 kN	Cargas por fuerzas horizontales causadas por el frenado, la dirección y la aceleración
	Camiones pesados con peso ≥ 16 Tm	Carga total 16,7 kN/m <sup>2</sup> Carga puntual 170 kN (calcular según EN 1991-2 como alternativa)	Cargas por fuerzas horizontales causadas por el frenado, la dirección y la aceleración

DIN EN 1991-1-1

## Drenaje

A diferencia de las cubiertas ajardinadas, que retienen agua o ralentizan la escorrentía, en las cubiertas transitables, se busca la rápida evacuación del agua pluvial de las superficies.

Considerando un coeficiente de escorrentía para superficies pavimentadas de  $C =$  entre 0,8 hasta 1,0, se deben proyectar los puntos de drenajes en dos niveles: en la capa superficial y en la capa de drenaje.

La gama de productos ZinCo ofrece los sistemas constructivos y los accesorios adecuados para realizar un buen diseño.

## Materiales

Como material para capa de relleno, la zahorra o las gravas de granulometría 0/45 son especialmente adecuadas. El tamaño y la distribución de las partículas de este material permiten su perfecta compactación y ofrecen una buena estabilidad.

El material de relleno puede tener diversos tamaños de granulometrías, pero siempre tendrá que ser compatible con el material de las juntas para evitar que se diluya. En general, las mezclas de arenas y gravas tienen una granulometría de

0/5. Lo mejor para pavimentos permeables son las mezclas con una granulometría de 1/3 o 2/5.

Con mucho gusto, el departamento técnico de ZinCo estará a su disposición para ayudarle a configurar individualmente la estructura adecuada para su proyecto de obras.





## Pendiente

¿Qué pendiente debe tener un pavimento apto para el tráfico peatonal o para el tráfico de vehículos? ¿Qué pendiente debe tener una cubierta? ¿Qué pendiente es aconsejable para la capa de impermeabilización y cual es la apropiada para el pavimento?

La "Guía para cubiertas extensivas planas", así como la normativa alemana DIN 18195 indican que para la capa de impermeabilización, una pendiente mínima de 2% es aconsejable. También se reglamentan aquellos los casos donde se puede construir con una pendiente menor. Cuando se trata de proyectos con una pendiente inferior al 2%, la calidad de las láminas impermeabilizantes es un factor clave.

La pendiente de la capa del pavimento depende en primer lugar del material empleado. Para la construcción de pavimentos asentados sobre soportes elevadores no hace falta prever una pendiente, ya que el agua pluvial puede discurrir por las juntas, de manera que no hay por qué temer que se produzcan charcos de agua.

Se recomienda que los pavimentos de hormigón o de asfalto tengan una pendiente mínima del 1,5%, para pavimentos adoquinados se recomienda una pendiente mínima del 2%.

La formación de pendientes es fácil de crear cuando la capa de impermeabilización y la del pavimento tienen el mismo grado de pendiente. Si la capa de

pavimento tiene una pendiente diferente de la pendiente de la capa de impermeabilización, entonces se formará a partir de una tercera capa de gravas.

La pendiente no se debe realizar nunca sobre la pendiente del lecho de gravas, porque entonces el pavimento se asentaría de forma irregular.

Como norma general, se tendrán presente las alturas de conexión cuando se formen las pendientes. Si es posible, las superficies no deben drenar hacia la estructura del edificio.

Todas estas consideraciones se tendrán en cuenta en las primeras etapas de planificación del proyecto.

# Pavimentos y terrazas sobre soportes elevadores ZinCo Elefeet® - Tránsito peatonal



Video de producto Elefeet®:  
[www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/videos](http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/videos)

Muchas cubiertas no están acondicionadas para soportar las cargas de la capa base, la capa de rellenos y la capa superficial. Para estos casos se ofrece la aplicación del sistema ZinCo-Elefeet®, porque gracias a su reducido peso, prácticamente tan sólo hay que considerar el peso del pavimento.

Debido a la gran estabilidad y capacidad de carga de los soportes elevadores, es posible prescindir del material clásico de gravilla como material de colocación, lo que también elimina el a veces costoso transporte y la distribución del material

en el lugar de instalación. Gracias a la gran variedad y flexibilidad de accesorios, es posible responder a casi toda situación constructiva y colocar cualquier pavimento deseado.



Elefeet® E 27  
ajustable desde  
27 hasta 39 mm



Elefeet® E 38  
ajustable desde  
38 hasta 60 mm



Elefeet® E 60  
ajustable desde  
60 hasta 106 mm



Elefeet® E 106  
ajustable desde  
106 hasta 196 mm



Piezas elevadoras A 12, A 22 y A 67. Se pueden combinar y colocar varias piezas hasta una altura final de aprox. 500 mm



En esta obra se optó por la colocación de las losas sobre Elefeet® para obtener un espacio de reserva en caso de lluvias torrenciales.



Cada soporte elevador Elefeet® puede adaptarse a la altura deseada usando la llave de ajuste disponible como accesorio, incluso posteriormente al tener que cambiar alguna losa.



La nueva placa base Elefeet® permite colocar el soporte elevador hasta el borde de la cubierta e incluso directamente en las esquinas después de cortarla a lo largo de la línea marcada.

## Accesorios:



1

Gracias a la manta protectora Elastosave ES 30 (1) desarrollada especialmente para el uso bajo el sistema Elefeet®, se puede garantizar la integridad de la impermeabilización. También en el caso de cuñas de material aislante relativamente grandes o



3

2

de peldaños de puertas, se puede llevar el pavimento hasta el encuentro con el paramento, gracias al brazo-soporte (2). En caso de que se coloque una canaleta directamente encima (3), se puede reducir la altura del desarrollo del encuentro a 5 cm.

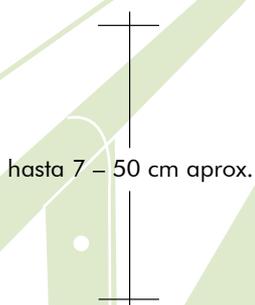


4



5

El soporte para bordes (4) sirve como apoyo estable en los bordes de la cubierta. Cuando los bordes de una zona pavimentada no son ortogonales respecto al patrón de colocación de las losas, se utiliza el soporte a inglete para bordes (5).



Pavimento p. ej. de hormigón, piedra natural, cerámica, o bien tarimas de madera\*

ZinCo Elefee® (de diferentes alturas)

Elastosave ES 30  
en caso necesario, colocar una capa de separación, p. ej. lámina de separación y deslizante TGF 20

Forjado con la impermeabilización correspondiente

\* El grosor del material suele ser de hormigón > 4 cm, las losas de cerámica > 2 cm. Si el fabricante lo aprueba, en algunos casos también un menor grosor es posible

### La colocación sobre el sistema Elefee® ofrece ventajas importantes:

- Ajuste exacto de alturas gracias a la arandela de ajuste incluso protección contra la rotación inversa
- Reducida carga propia – lo único que pesa es el pavimento de losas
- Instalación fácil debido a los materiales prácticos con alta flexibilidad
- No hay problemas de transporte (grava, mortero) hacia y en el lugar de instalación
- Una pestaña flexible de retención advierte de que no hay que desenroscar demasiado
- Juntas abiertas, libres de suciedad y de vegetación indeseada
- Amplia gama de accesorios
- Los soportes para bordes permiten fijar y ajustar las losas en los bordes
- Soporta cargas de hasta 600 kg/unidad.
- Drenaje seguro y fiable para pavimentos y cubiertas
- Apto para cubiertas sin pendiente, gracias al gran volumen de drenaje en el espacio inferior.
- Excelente ventilación del pavimento de losas o de madera
- Amplio espacio bajo el pavimento para el tendido de cables y tuberías

### La variante fija: Elering ER6

Para alcanzar alturas de hasta 24 mm se puede utilizar el soporte elevador de 6 mm de altura. Apilando varios soportes elevadores se consigue un múltiplo de su propia altura, es decir, 6 mm, 12 mm, 18 mm y 24 mm. La estructura es estable y no rebota ("sin efecto trampolín"), ya que los soportes son de plástico reciclado

resistente a la presión. Los separadores de juntas integrados, de 3 mm de ancho, definen el fino patrón de las juntas, lo que garantiza un aspecto uniforme y atractivo. Los soportes elevadores también pueden combinarse con el sistema de rieles de soporte.



# Preparado a todo de forma estable - El sistema de rieles de soporte ZinCo Elefeet®



El clip de fijación en el riel permite el enganche fácil del riel en la parte superior de los soportes elevadores Elefeet®.



Gracias a los conectores flexibles de los railes, es posible responder a casi cualquier desafío estructural y a la geometría necesaria de la subestructura.



Los escalones, descansillos y otras obstrucciones son fáciles de construir combinando los soportes elevadores Elefeet® con el sistema de rieles de soporte Elefeet®.

## Máxima flexibilidad con el sistema de rieles de soporte Elefeet®:

- Ahorro de soportes elevadores con la misma capacidad de carga
- Alineación fácil y más rápida (los soportes iniciales y finales se colocan primero, los soportes intermedios se ponen más tarde)
- La conexión de todos los elementos crea una subestructura segura y estable durante el montaje y en funcionamiento
- La subestructura se puede utilizar repetidamente varias veces (por ejemplo, si hay que reemplazar la terraza de madera)
- Subestructura ideal para las capas finas de cerámica



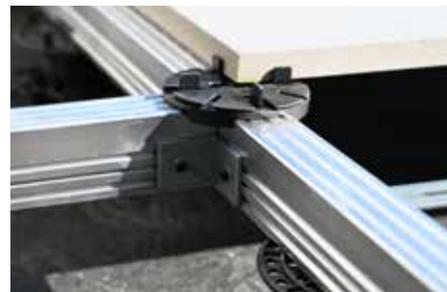
- Subestructura ligera y resistente a la climatización para las terrazas de madera
- La colocación del pavimento en sí es mucho más rápida



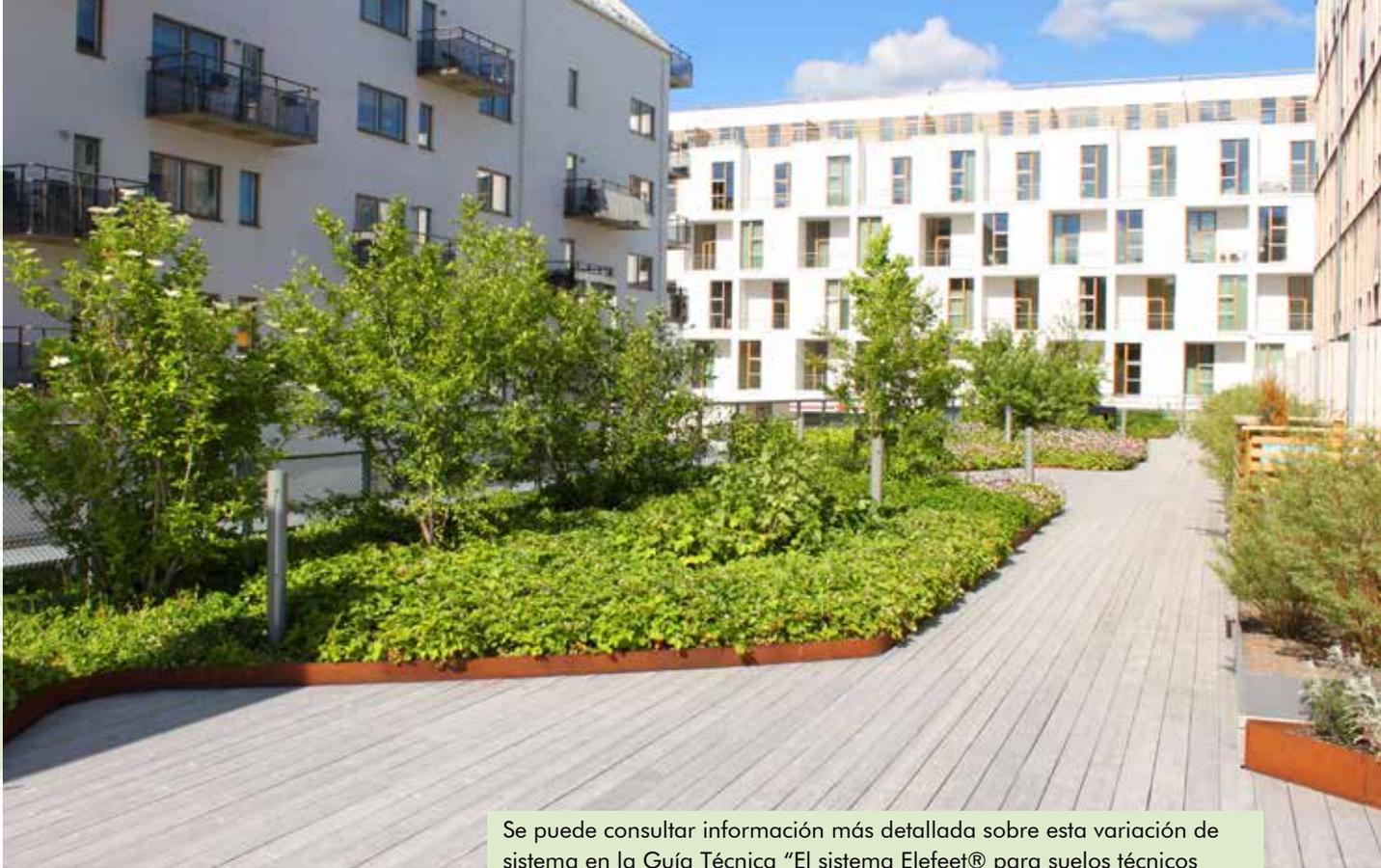
Los dos tipos de soportes de borde aseguran la estabilidad hasta el borde. Estos están disponibles para su fijación lateral en el riel y para su fijación en los extremos del riel.



El espaciador variable se adapta a cualquier formato de pavimento deseado y asegura una subestructura estable con dimensiones constantes.



La placa de soporte con separador de juntas integrado que está firmemente atornillada al sistema de rieles de soporte, evita que las losas se deslicen.



Se puede consultar información más detallada sobre esta variación de sistema en la Guía Técnica “El sistema Elefeet® para suelos técnicos elevados en cubiertas y terrazas” disponible en nuestra página web: <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/guias-tecnicas>



Pavimento p. ej. de hormigón, piedra natural, cerámica, o bien tarimas de madera\*

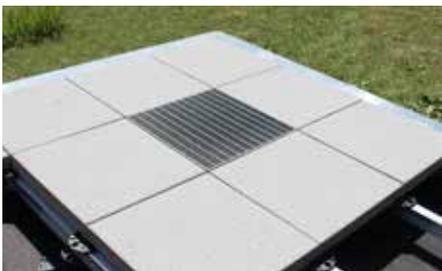
Riel de soporte ZinCo Elefeet® con placa de soporte

ZinCo Elefeet® con clip de fijación (disponible en varias alturas)

Elastosave ES 30 en caso necesario, colocar una capa de separación, p. ej. lámina de separación y deslizante TGF 20

Forjado con la impermeabilización correspondiente

\* El grosor del material suele ser de hormigón > 4 cm, las losas de cerámica > 2 cm. Si el fabricante lo aprueba, en algunos casos también un menor grosor es posible



Por supuesto, se pueden combinar fácilmente diferentes tipos de pavimento como rejillas y placas de hormigón con el sistema Elefeet®.



Otra variante es el uso bajo terrazas de madera. La pendiente deseada se puede realizar mediante los soportes elevadores.



Esta terraza de madera sube constantemente desde el „punto forzado de salida de la puerta“ hasta el borde de la cubierta, ganando así altura para ubicar el sistema de la cubierta verde.

# Consideraciones generales sobre pavimentos para el tráfico peatonal en cubiertas transitables



Las cubiertas planas, especialmente si tienen suficiente capacidad de carga y son fácilmente accesibles, son idóneas para crear zonas de paseo y descanso o incluso parques infantiles o instalaciones deportivas.

Para prevenir el riesgo de caídas, se instalarán sistemas de seguridad como barandillas o petos perimetrales.

Cuando se planifican zonas de tránsito sobre las cubiertas, se debe planificar en las primeras etapas del proyecto, teniendo en cuenta las cargas de la estructura del sistema y la presión ejercida sobre los materiales de aislamiento térmico.

Durante la instalación de las diferentes capas, la impermeabilización se debe proteger frente a daños mecánicos. Por eso, al principio se debe instalar una capa de protección adecuada. Esta puede ser una manta de protec-

ción, pero también es posible instalar un elemento de drenaje ya integrando esa función protectora, como p. ej. el Elastodrain® EL 202 o el Protectodrain® PD 250.

Para la instalación y compactación de las capas soporte y capas de lecho hay que tener en cuenta que las estructuras de los edificios pueden ser susceptibles a vibraciones, evitando así la compactación que normalmente se realizaría sobre el terreno natural.

Se deben realizar una pendiente suficiente que permita el drenaje hacia los desagües de las cubiertas.

Por encima de los desagües, las rejillas de las canaletas desmontables asegurarán que el agua pueda descender y las canaletas de registro permitirán un fácil acceso para realizar las operaciones de mantenimiento.



Durante la fase de construcción, muchas veces se utilizan las cubiertas planas para almacenar material o colocar maquinaria de construcción, como p. ej. en la cubierta del Parlamento Reichstag en Berlín.



La manta Zinco, con doble función de protección y drenaje, colocada en esta obra sigue protegiendo el sellado de la cubierta bajo las grandes losas de hormigón.

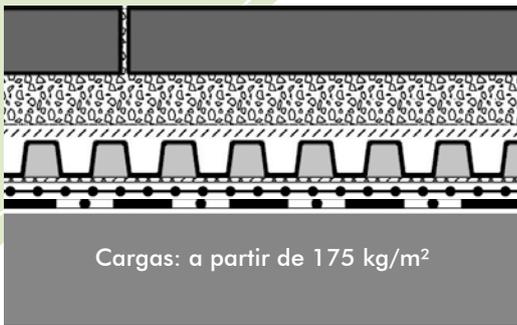


La base para pavimentos creativos: Sobre Protectodrain® se pueden colocar todo tipo de pavimentos.



Altura  
cm

—  
≥ 4  
—  
≈ 4  
—  
3  
—



Cargas: a partir de 175 kg/m<sup>2</sup>

Pavimentos de losas a partir de  $d > 4$  cm o

Pavimentos de adoquines a partir de  $d > 8$  cm de hormigón o piedra natural

Lecho de gravilla

Filtro sistema TG

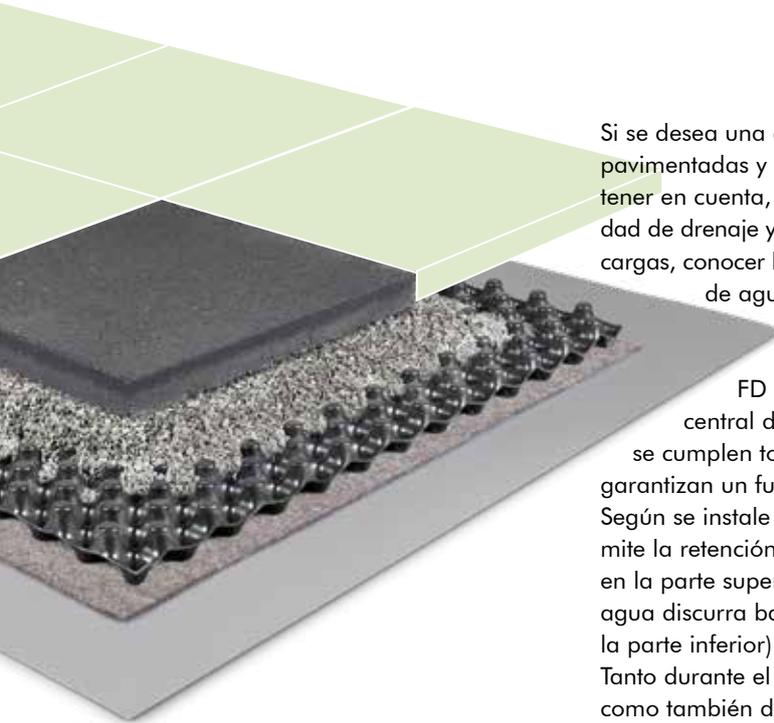
Protectodrain® PD 250

En caso necesario colocar una lámina separadora p. ej. lámina de separación y deslizante TGF 20



Después de extender el filtro TG sobre la capa de drenaje, sigue la colocación y nivelación de la capa de relleno para asegurar la estabilidad necesaria del pavimento.

# Combinación de zonas peatonales y cubiertas verdes con Floradrain® FD 40-E



Si se desea una combinación de zonas pavimentadas y ajardinadas es necesario tener en cuenta, además de la capacidad de drenaje y de la resistencia a las cargas, conocer la capacidad de retención de agua en el proyecto.

Con Floradrain® FD 40-E como elemento central del sistema constructivo, se cumplen todos los requisitos que garantizan un funcionamiento duradero. Según se instale la placa drenante permite la retención del agua (con orificios en la parte superior) o permite que el agua discurra bajo ella (con orificios en la parte inferior). Tanto durante el proceso de planificación como también durante los trabajos de ejecución hay que tratar con mucho cui-

dado los encuentros del pavimento con la zona ajardinada. En caso de que se coloque Floradrain® FD 40-E en toda la superficie, sobre la capa protectora, se puede utilizar la placa drenante como un encofrado perdido sobre el que instalar los cimientos de los paramentos de la cubierta, sin bloquear el paso de aguas pluviales.

De esta manera, los diseños de espacios complejos no encarecen los costes de instalación porque la parte inferior de la placa de drenaje permite que el agua discurra libremente. Por otro lado, al utilizar un único elemento de drenaje en toda la superficie de la cubierta se reducen sensiblemente los posibles errores en la instalación.



Esta fotografía no se tiene la impresión de que se trata de una cubierta.



Especialmente en los patios interiores, visibles desde los edificios circundantes, se ofrece la combinación de espacios funcionales y naturales.



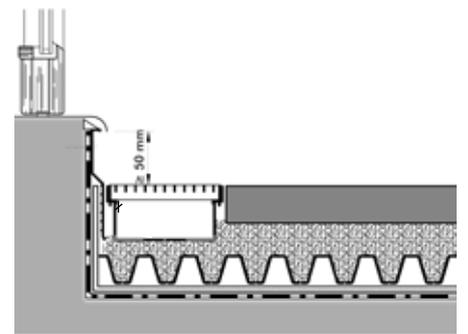
No solamente por motivos estéticos – islas verdes llenan de vida las cubiertas de los edificios.



La ventaja de integrar los fundamentos de los paramentos y las instalaciones sobre la placa drenante, permite a los diseñadores una gran libertad en el diseño del espacio.



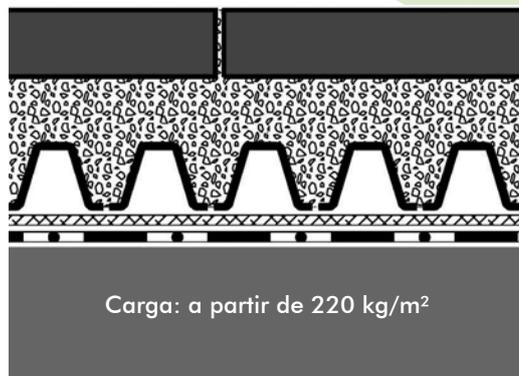
Otro ejemplo de flexibilidad en el diseño del espacio: la recogida de aguas con



las canaletas ZinCo, siguiendo las directivas para cubiertas planas.

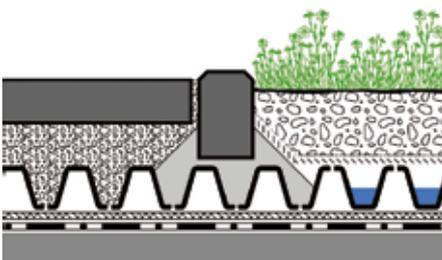


a partir de aprox. 12 cm



Pavimentos de losas a partir de  $d \geq 4\text{cm}$  o pavimentos de adoquines de hormigón o piedra natural \* a partir de  $d \geq 8\text{cm}$   
 Lecho de gravilla, 3-5cm  
 Floradrain® FD 40-E relleno  
 Manta protectora y retenedora SSM 45  
 Forjado de la cubierta con impermeabilización antirraíz

\* El lecho de gravas se debe instalar en mortero



Utilizado como "encofrado perdido", se permite el flujo de agua bajo las zonas pavimentadas y vegetadas.



El drenaje continuo en toda la superficie permite tener absoluta libertad en el diseño del espacio.



Una cubierta poco después de su finalización: las superficies ajardinadas y las superficies pavimentadas se encuentran al mismo nivel.

# Pavimentos y zonas de uso sobre sistemas de drenaje.

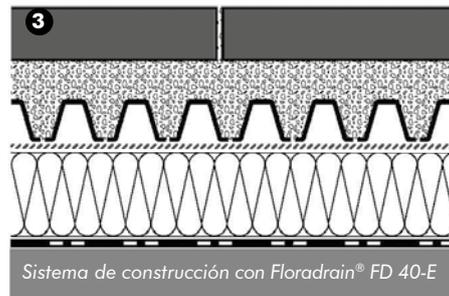
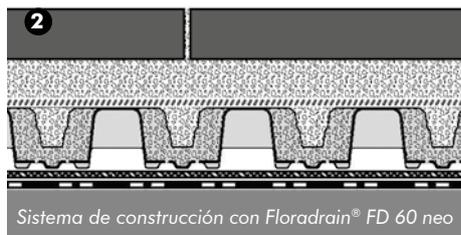
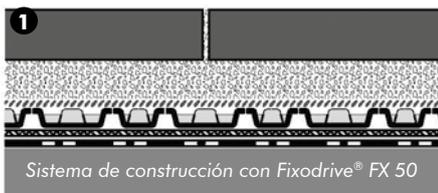
## Variantes de construcción y detalles

La mayoría de los elementos de drenaje ZinCo han sido diseñados con la suficiente resistencia de carga para soportar el tráfico peatonal. Gracias a ello, los diseñadores tienen a su disposición

diferentes sistemas constructivos adaptados a cada circunstancia particular.

En caso que se necesite una altura constructiva extremadamente baja (1), o con una

gran capacidad de retención de agua, p. ej. en el caso de combinar ajardinamientos intensivos (2) o bien cuando se trate de pavimentos en cubiertas invertidas (3), ZinCo le ofrece siempre el sistema de construcción idóneo.



### Desagüe

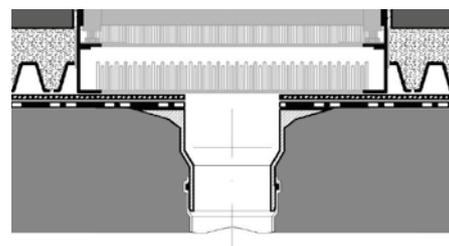
En el caso del drenaje de las escorrentías superficiales sobre superficies selladas, es tan importante como el drenaje subterráneo.

Las canaletas ZinCo colocadas permiten drenar fácilmente el agua en ambas capas, la superficial y la interior. También facilitan las operaciones de limpieza y mantenimientos.

Colocar una canaleta delante de una fachada es una buena alternativa a la

franja de grava habitual. El agua drena rápidamente y sin problemas y se evitan salpicaduras. Además, estas zonas se pueden mantener libres de hierbas indeseadas.

Las rejillas y las canaletas ZinCo son ajustables en altura, de manera que se pueden adaptar a los espesores diferentes de losas o adoquines.





## Superficies deportivas

Los sistemas ZinCo también pueden ser instalados bajo pavimentos para deporte. Bajo las superficies de plásticos, poroso, la capa de drenaje y la capa de gravas son capaces de cumplir su función drenante.

El departamento técnico de ZinCo le ofrece gustosamente su apoyo para la planificación de proyectos específicos.



Revestimiento plástico (permeable)

Asfalto permeable

Capa soporte de grava

Filtro sistema PV Floradrain® FD 40-E relleno de gravilla Manta protectora y retenedora ISM 50

Forjado con impermeabilización



## Bordes y delimitaciones

Los bordes perimetrales estables tienen casi la misma importancia que un elemento de drenaje fiable. Los perfiles de acero inoxidable de ZinCo o las piezas angulares de hormigón ofrecen soluciones de detalle estéticamente satisfactorias. Su instalación sobre los elementos de drenaje garantiza el perfecto drenaje en toda la superficie de la cubierta.



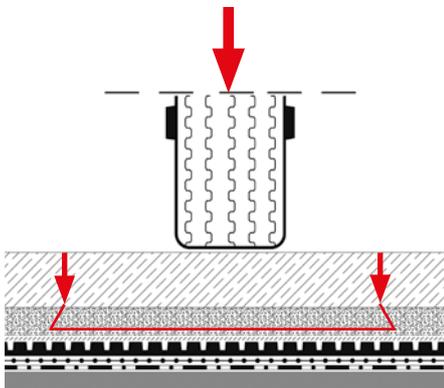
# Consideraciones generales sobre firmes para el tráfico rodado sobre cubiertas: Impacto de las fuerzas de torsión sobre las fuerzas de carga

## Cargas

En los firmes sobre cubiertas no se requiere solamente un sistema constructivo de alta resistencia a las cargas, sino también una cubierta con suficiente capacidad de carga estructural. Cuando la estática no permite cargas altas, se señalan en muchas superficies transitables limitaciones de carga, como p. ej. carga máxima admisible por

eje o vehículos industriales hasta 3,5 t. Al definir éstas limitaciones es posible, siempre que la situación lo permita, „adelgazar“ la estructura constructiva de nuestro sistema. Debido a su estrecha superficie de contacto, las cargas puntuales generadas por los neumáticos de los vehículos en tránsito, son altísimas. En el diseño

se debe tener en cuenta una distribución de carga suficiente que se consigue bien mediante placas drenantes distribuidoras de carga o bien con capas de soporte suficientemente gruesas.

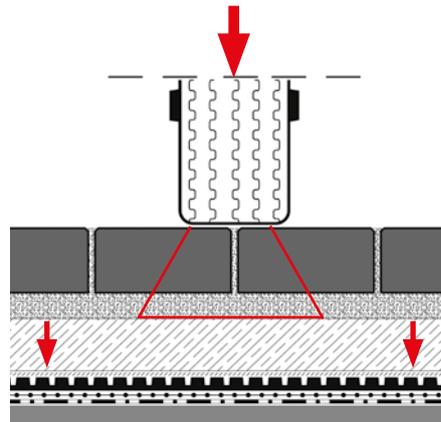


### Capa soporte de hormigón

➔ distribución de carga en toda la superficie de la losa

### Lecho de gravilla

➔ distribución de carga adicional menor de 60°

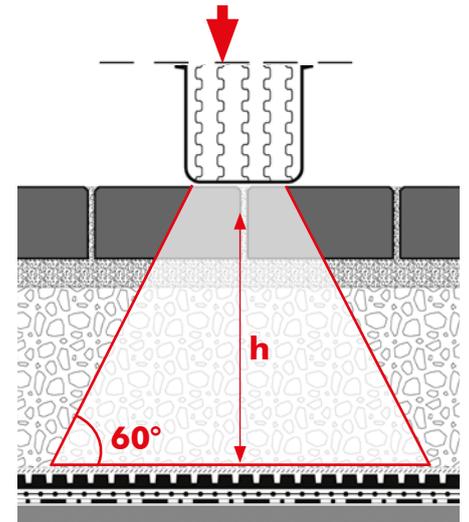


### Lecho de gravilla y adoquines

➔ distribución de carga de 60°

### Capa soporte de hormigón

➔ distribución de carga en toda la superficie de la losa



### Capa soporte de gravilla

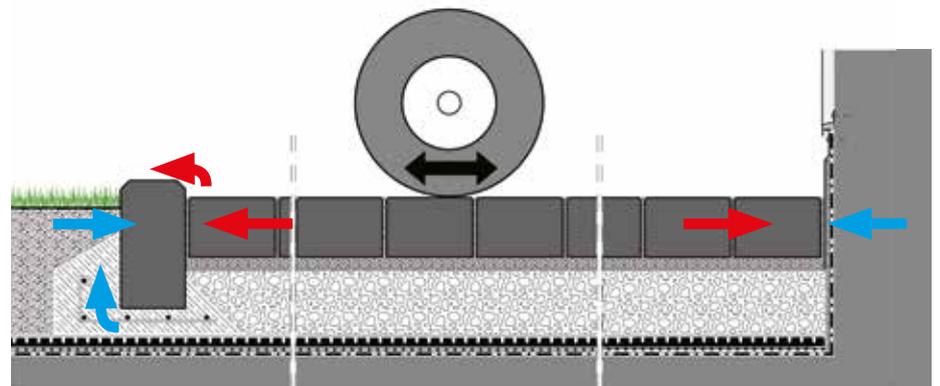
➔ cono de distribución de carga de 60°

## Bordes

Las excepcionales fuerzas horizontales y de rodadura producidas en la cubierta por la circulación, la aceleración y las frenadas de los vehículos en movimiento, deben de ser absorbidas.

Para evitar que estas cargas horizontales puedan dañar la impermeabilización de la cubierta, habrá que tomar medidas especiales, p. ej. colocando capas antideslizantes.

Además, las fuerzas deben ser absorbi-



das y contenidas por sólidos bordes, que se construirán con una zapata trasera de apoyo, de manera que ni el pavimento, ni el material del lecho pueda deslizarse.

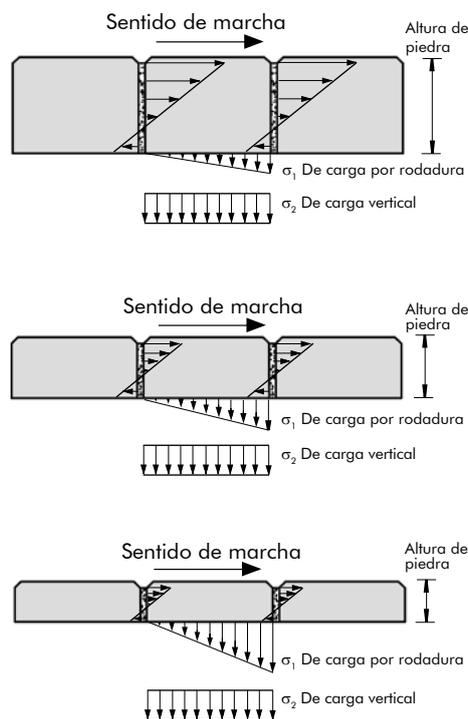
Si el borde perimetral está junto a muros verticales, es vital proteger la impermeabilización con dispositivos metálicos como las sólidas perfilarias metálicas.



## Pavimentos

Los pavimentos y su espesor deben ser seleccionados en función de las cargas que se esperan generar en la cubierta.

Si se ejercen cargas pequeñas, como p. ej. las de la circulación peatonal, el pavimento no tiene que tener el mismo espesor como el que está expuesto a cargas mayores. Al utilizar un pavimento para el tráfico de coches y de camiones, el firme está expuesto a cargas por rodadura que pueden causar torsiones. Al decidirse a favor de piedras de mayor espesor, se puede aprovechar que la superficie de apoyo es más grande entre las piedras lo que contrarresta mejor la torsión. Cuanto menor es el espesor de piedra, tanto mayor son las fuerzas de compresión que se ejercen sobre los cantos en la cara inferior. Las fuerzas se desvían verticalmente, de manera que el lecho del adoquinado puede sufrir deformaciones permanentes. Cuando los pavimentos de piedra tienen un gran espesor, las fuerzas se distribuyen sobre todo en sentido horizontal hacia las piedras vecinas que las absorben. El adoquinado queda intacto.



Las flechas indican, que los pavimentos de piedra de gran espesor desvían las cargas mayormente por los flancos, mientras las piedras delgadas cuya superficie lateral (superficie de apoyo) es menor, desvían la carga móvil sobre todo mediante la compresión de los cantos en el lado inferior, y en consecuencia, deformando el lecho del adoquinado.

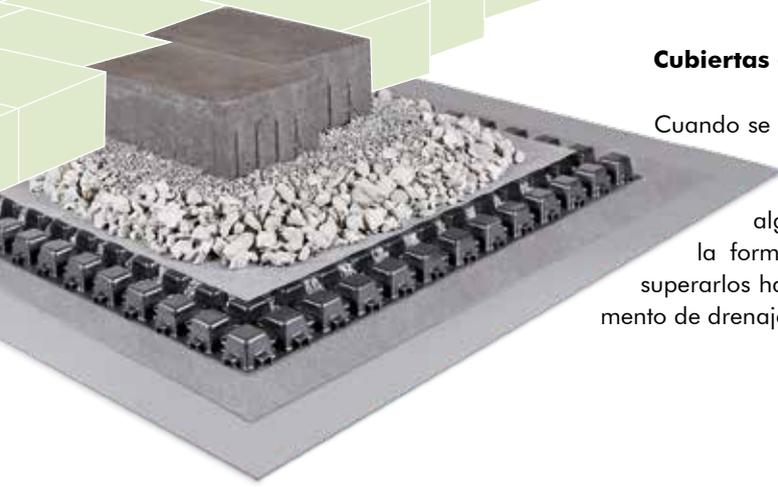
## Patrón de instalación

En primer lugar es el arquitecto o la propiedad quien decide el patrón de pavimentación de una superficie. Pero hay que tener en cuenta que el tipo de adoquinado tiene que corresponder al tipo de carga y a la utilización de la superficie. Una colocación entrelazada del pavimento reduce el riesgo de que se deforme el pavimento y en consecuencia mejora su durabilidad. Una buena alternativa es colocar los adoquines en diagonal. Gracias a tales medidas se pueden desviar las fuerzas por una superficie mayor que en el caso de haber realizado la pavimentación en el sentido transversal a la dirección de marcha. (Los cuatro lados de un adoquín absorben las fuerzas de carga.)

En general, no se recomienda colocar grandes adoquines con enclaves transversales para firmes, debido a su baja capacidad de distribución de la carga.



# Firmes para tráfico rodado de vehículos ligeros con Stabilodrain® SD 30 o Fixodrive® FX 50



## Cubiertas de 0°

Cuando se construyen firmes en cubiertas poco inclinadas o sin pendiente alguna hay que contar con la formación de charcos. Para superarlos habrá que colocar un elemento de drenaje suficientemente alto.

Stabilodrain® SD 30, desarrollado especialmente para soportar las cargas del uso bajo de firmes de tráfico rodado, y con una altura de 30 mm para ofrecer un drenaje eficiente.



Con una superficie drenada con Stabilodrain® SD 30 no hay problema en recoger el exceso de agua de lluvia que se acumula en las fachadas y se recogen en canaletas.



Los bordes hormigonados encima de un elemento de drenaje ofrecen una delimitación estable.

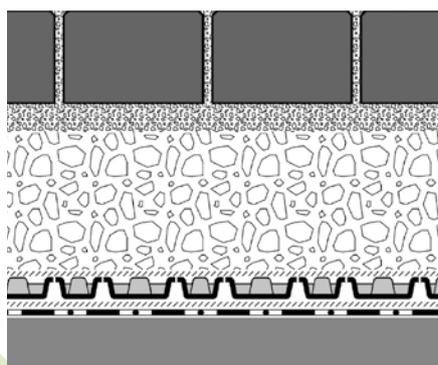
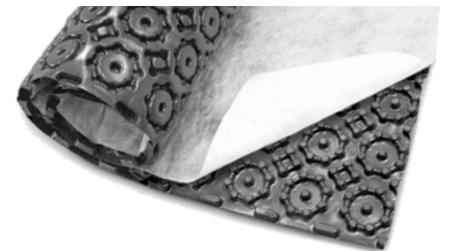


Si se quiere usar la superficie completa de una cubierta, habrá que instalar un dispositivo anticaída, como p. ej. barandillas adecuadas.

## Cubiertas inclinadas

Si la estructura soporte tiene una pendiente suficiente, el uso de Fixodrive® FX 50 es una buena alternativa económica. Se entrega con filtro preinstalado permitiendo su instalación eficiente.

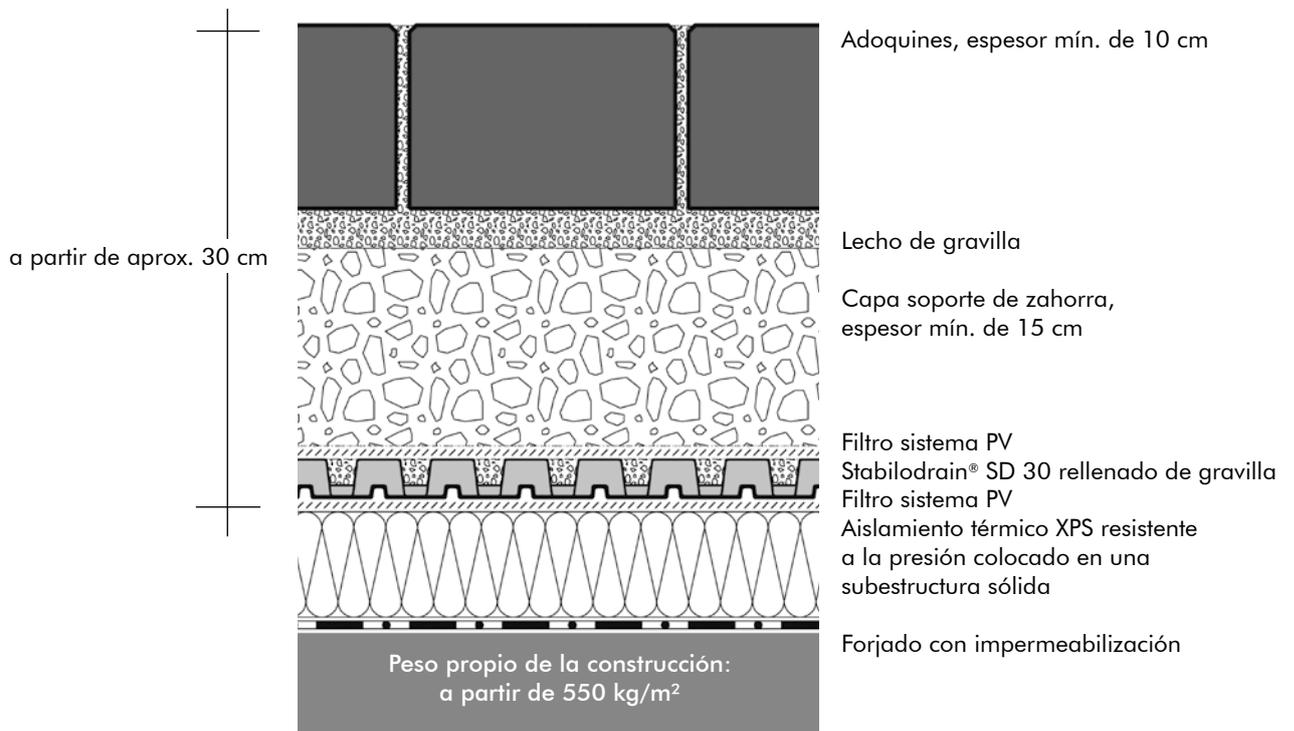
Gracias a sus pestañas de conexión laterales, se crea una gran capa de protección para la impermeabilización.



Adoquines en lecho de gravilla

Capa soporte de zahorra, espesor mínimo de 15 cm

Fixodrive® FX 50  
Filtro sistema PV  
Forjado con impermeabilización adecuada



### Firme en cubiertas invertidas

Cuando la cubierta transitable para vehículos es sobre cubierta invertida, se debe evitar crear cualquier barrera de vapor sobre el aislante térmico, para favorecer su función termoaislante. Esto se garantiza con Stabilodrain® SD 30. La primera capa sobre el aislante térmico será el filtro PV. Este filtro es muy estable y permite la difusión del aire y del vapor. A continuación se instalan los elementos

Stabilodrain®, cuyo tamaño es de 1 x 2 m aproximadamente, se rellenan de gravilla, y posteriormente se cubren con una segunda capa del filtro PV para que no se filtren partículas de la capa soporte de zahorra que distribuye la carga de presión.

Sobre el anterior sistema constructivo, se instalará la base de zahorras, el lecho de gravillas y el adoquinado escogido.



# Firmes para tráfico rodado de vehículos ligeros con Elastodrain® EL 202

Las cubiertas destinadas al tráfico rodado están sometidas a altas cargas y fuertes tensiones. En consecuencia, la capa de impermeabilización debe ser bien protegida con una manta de protección muy resistente.

El sistema constructivo para tráfico rodado con Elastodrain® EL 202 está diseñado para estos casos por su extrema resistencia. Gracias al elevado número de nódulos en la placa drenante Elastodrain® EL 202 se garantiza la distribución uniforme de cargas hacia la subestructura

y se evita que la tela filtrante se combe entre los nódulos bajo una gran carga.

El sistema "Cubiertas transitables para vehículos ligeros" con Elastodrain® EL 202 convence por su gran robustez pese a la ligereza de su grosor. No obstante, para su aplicación es condición indispensable la formación de pendiente previa a la instalación del sistema constructivo y evitar la formación de dicha pendiente con el lecho de gravas. En caso de que la pendiente de la capa

de impermeabilización fuera distinta a la pendiente de la capa del pavimento, entonces será necesario colocar una capa soporte de gravilla intermedia adicional, para obtener la pendiente deseada.

El grosor de los adoquines utilizados debe ser el adecuado para garantizar que las cargas producidas por el tráfico rodado en la superficie pavimentada, se distribuyan de forma segura.

Elastodrain® EL 202 se coloca sobre dos capas de la manta deslizante TGF 20. Los conectores fijan las placas Elastodrain® EL 202 que tienen un tamaño de 1 x 1 m. La impermeabilización queda protegida inmediatamente tras haber colocado las placas Elastodrain®. Sobre ella, el filtro TG permite crear la capa de zahorras. Con la instalación de esta capa, ya, es posible circular con maquinaria de obra sobre el sistema constructivo.



El filtro sistema TG se extiende con un solape de mín. 20 cm.

La capa de gravilla se puede repartir e igualar hasta conseguir el espesor deseado según la normativa vigente. Los adoquines colocados deberán ser los idóneos para soportar altas cargas de tráfico y deberán seguir la normativa vigente.

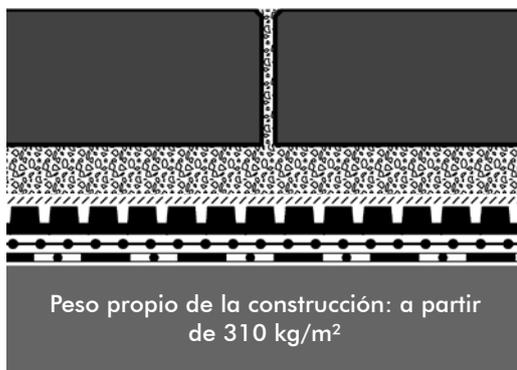


Igualmente, el relleno de juntas del pavimento seguirá los estándares. Se recomienda rellenar las juntas con mucho esmero para garantizar la adhesión lateral necesaria y considerar el mantenimiento regular necesario para conservar el buen estado del mismo.





a partir de 15 cm



Adoquines en lecho de gravilla

Lecho de gravilla de 3-5 cm

Filtro sistema TG

Elastodrain® EL 202

2 capas de Manta separadora y deslizante TGF 20

Forjado resistente a la carga en caso necesario con impermeabilización antirraíces



# Firmes para tráfico rodado de vehículos pesados con Elastodrain® EL 202

Con frecuencia las cubiertas transitables deben soportar cargas excepcionalmente altas, en caso de que sean accesibles para vehículos de emergencias.

El grosor de los adoquines tiene que garantizar la mayor distribución posible de las cargas, pero simultáneamente, la instalación no debe perjudicar la rentabilidad del proyecto.



Se debe diseñar una capa de base capaz de distribuir las cargas de más de 3 Toneladas que circulen por la cubierta.

En aquellos casos de vehículos pesados, se deberá buscar la mejor capa de protección para salvaguardar la impermeabilización. También una capa deslizante funcional, para evitar que se transmitan las cargas horizontales causadas por



frenadas, giros y aceleraciones a la capa de impermeabilización.

El perímetro del firme tiene gran importancia porque contribuye a la estabilidad del mismo al soportar todas las fuerzas de empuje. Hay que prestar atención a proteger suficientemente la impermeabilización de los bordes.



Con Elastodrain® es posible colocar la capa soporte y también las otras capas superiores de modo frontal, incluso con maquinaria pesada.

Hay que compactar la capa soporte de zahorra antes de colocar el adoquinado o el firme de asfalto. El tipo de placa vibradora que se utiliza para compactar el material depende, entre otras cosas, del espesor de la capa soporte y de la susceptibilidad del edificio a las

vibraciones lo que hay que comprobar en la obra misma.

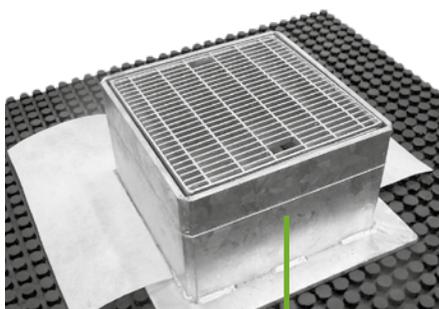
Si se trata de superficies suficientemente grandes, tanto el adoquinado como también el asfaltado se podrá efectuar con maquinaria de obra.

## Desagüe seguro

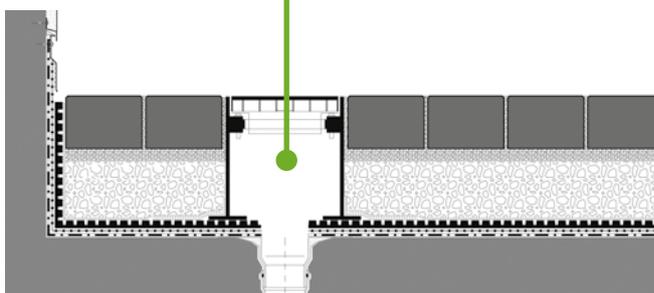
Las superficies selladas a nivel del pavimento, requieren un doble drenaje, en dos niveles.

La caja de registro transitable BES de ZinCo cumple con este requisito. Se puede circular sobre ella incluso con camiones, además, se puede ajustar prácticamente a cualquier espesor de pavimento.

El solape de filtro de la caja de registro es muy resistente e impide que se filtren pequeñas partículas de la capa de gravillas.

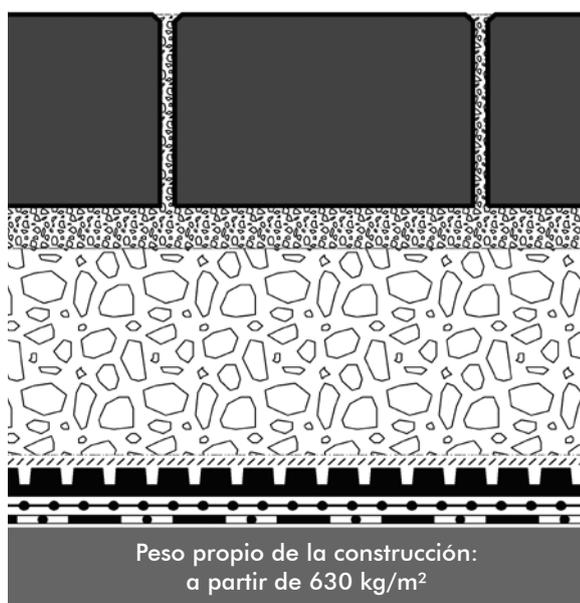


Instalado sobre Elastodrain® EL 202, la resistente caja de registro BES está equipada con una brida de apoyo que distribuye la presión.





a partir de aprox. 32 cm



Pavimento  
Espesor > 12 cm hasta 16 t  
> 14 cm hasta 60 t



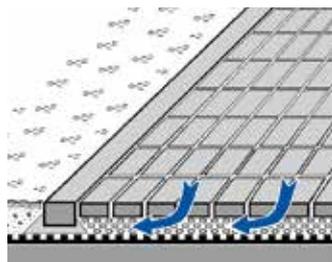
Lecho de gravilla de 3-5 cm

Capa soporte de zahorra,  
Espesor mín. de 15 cm

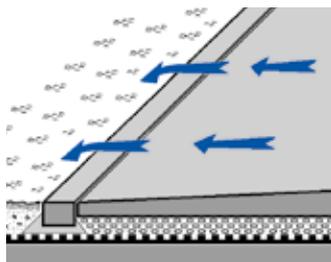
Filtro sistema PV  
Elastodrain® EL 202  
2 capas de Manta separadora y deslizante TGF 20

Subestructura sólida y resistente a la carga con  
una impermeabilización adecuada

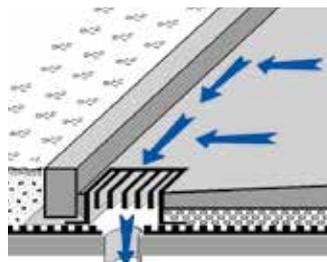
### Opciones de drenaje:



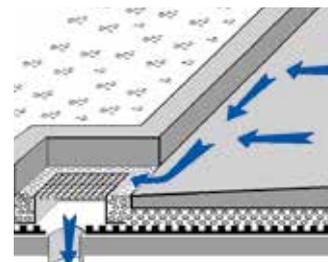
Drenaje directo hacia la capa de drenaje gracias al pavimento de junta abierta.



Drenaje perimetral hacia la zona ajardinada.



Drenaje por sólida caja de registro transitable sobre la superficie de firme de circulación.



Drenaje por caja de registrable peatonal sobre la superficie pavimentada.

# Combinación de firmes para tráfico y zonas ajardinadas sobre garajes subterráneos con Protectodrain® PD 250



La accesibilidad y las altas cargas que soportan las cubiertas sobre garajes subterráneos, permiten la distribución del sustrato sobre la cubierta con vehículos de obra. Para estos proyectos, el sistema constructivo "Garaje subterráneo" con Protectodrain® PD 250 se ajusta a los requerimientos de protección de la impermeabilización frente a daños mecánicos durante la construcción, gracias a Protectodrain® PD 250, con su manta protectora de goma encolada, fijada a la placa drenante.

Sobre dicha placa, el filtro PV proporciona un desagüe seguro para los excedentes de agua.

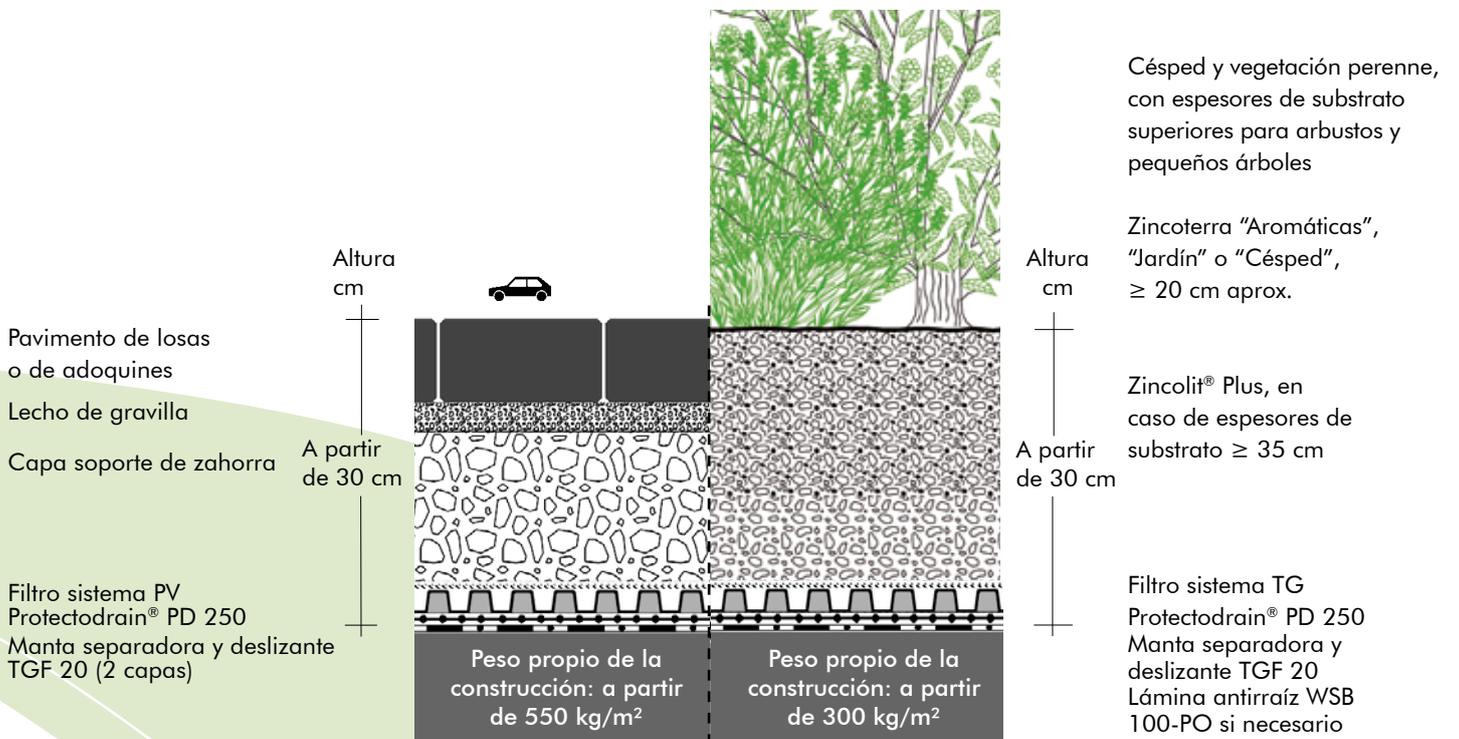
Junto con Zincolit® Plus y los sustratos Zincoterra, el sistema de construcción ofrece muchas posibilidades de diseño paisajístico.





Protectodrain® PD 250 es una placa drenante estable, de alta resistencia a la compresión, fabricado en plástico ABS (Acrilonitril Butadieno Estireno), con mancha protectora de goma encolada por su cara inferior y con solapes perimetrales.

Para fijar las placas PD 250 entre sí, se pueden unir con unos conectores especiales que se encajan sobre los nódulos de los bordes de las placas. Recomendamos un conector por metro lineal.



\* en función del espesor total del sustrato

# Plazas de estacionamiento verdes, accesos para vehículos de emergencia, césped de grava, pavimentos de rejillas de césped, rejilla de panel de césped...

Las superficies selladas generan altos volúmenes de escorrentía de aguas al no infiltrarse en el terreno natural.

Las superficies con un alto nivel de uso no siempre se pueden construir sobre superficies permeables. Sin embargo, para superficies de tráfico rodado, un camino verde puede proporcionar una solución.

Existe una amplia gama de posibilidades como ilustran las fotografías inferiores.

El porcentaje de la superficie ajardinada varía entre las "juntas verdes" de superficies adoquinadas hasta una superficie cubierta casi completamente de césped mediante una trama de pavimento y vegetación. También es posible realizar

una construcción pobre sin armadura, como se ilustra en la fotografía inferior, de césped en lecho de grava. Esta puede ser una solución económica cuando buscamos una compensación ecológica, sin embargo, tales construcciones no son las más adecuadas para su uso regular.



Césped en lecho de grava



Juntas verdes de una superficie adoquinada



Adoquines jardinera con césped

## Sistema constructivo con elementos reticulares

Las rejillas precultivadas con césped proporcionan una atractiva superficie para el tráfico rodado. Dependiendo de su uso, la siega del césped se debería realizar entre 15-20 veces por año.

En caso de lluvias escasas o irregulares, se recomienda la instalación de un sistema de riego automático para garantizar

el suministro de agua.

De esta manera se obtendrá un césped con un óptimo aspecto. Se recomienda el uso de estos elementos reticulares en zonas de aparcamiento con poco uso. Para las zonas del aparcamiento con mayor tráfico, se aconseja que pavimenten con asfalto o adoquines.

## ¿Carga admisible sobre las retículas de césped?

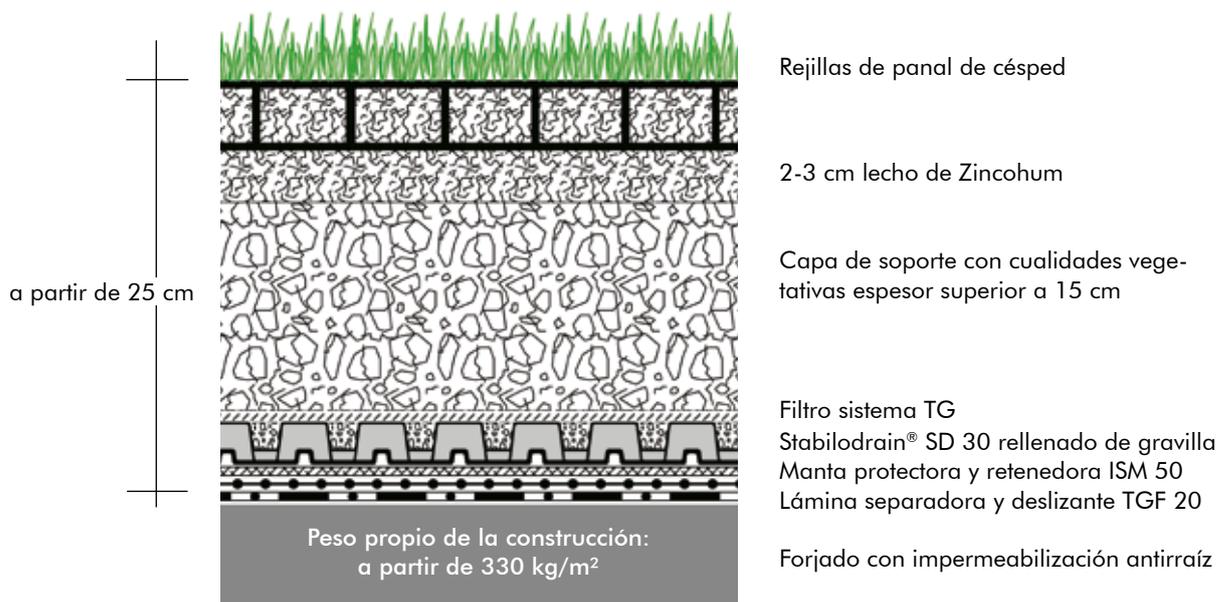
**Vehículos de hasta 3 t:\***  
pueden pasar hasta 5 veces por día o permanecer de 8 a 10 horas máximo

**Camiones de hasta 7,5 t:**  
pueden pasar hasta 2 veces por día o permanecer 8 a 10 horas máximo

**Camiones > 7,5 t:**  
sólo acceso en caso de emergencias o en casos puntuales

\* Dependiendo del fabricante de retículas





# Sistemas constructivos para zonas peatonales y tráfico de vehículos con Floradrain® FD 60 neo y hormigón / Detalles gráficos.



## Sistema constructivo con Floradrain® FD 60 neo con distribución de cargas sobre capa de mortero

En caso de cubiertas verdes intensivas sin pendiente, la combinación de Floradrain® FD 60 neo con una capa soporte de mortero, permite distribuir las cargas de circulación de vehículos pesados. La alta capacidad drenante de la placa de drenaje Floradrain® FD 60 neo, permite una elevada actuación en su cara inferior.

Para garantizar la uniforme distribución de cargas de presión, es necesario rellenar las placas de Floradrain® con mortero de calidad C 25/30 (o superior) y cubrirlas con una capa superior de hormigón de, al menos, 8 cm.

Entre la capa de mortero de 8 cm o más, se incorporará una malla de acero para hormigón armado Q 257 A. La posición de la malla de acero se fijará con distanciadores. Para minimizar la aparición de posibles grietas causadas por retracción, se preverán juntas de dilatación cada 5m, tanto en dirección longitudinal como transversal. Para evitar la infiltración de pequeñas partículas en las juntas de dilatación, se cubrirán con una capa de filtro.

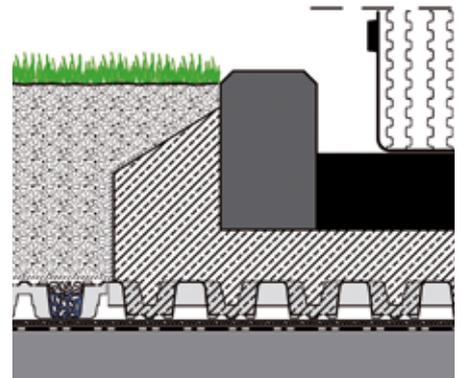


Superficie asfaltada accesible para vehículos de emergencias

Pavimento de asfalto

Mortero reforzado

Floradrain® FD 60 neo  
Manta protectora y retenedora ISM 50  
Forjado de la cubierta con impermeabilización antirraíces

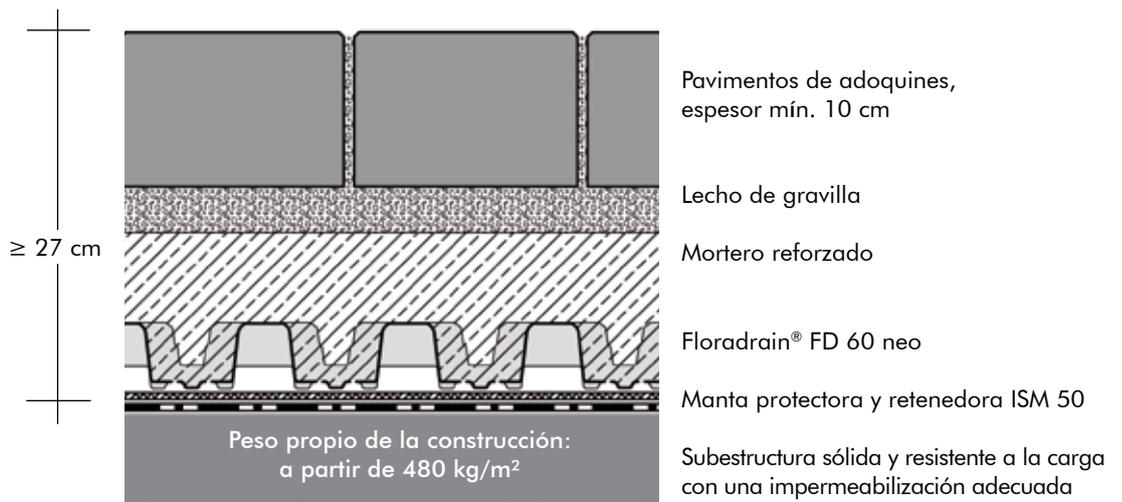


## Pavimentos de relleno

Con las placas drenantes Elastodrain®, Stabilodrain® y también con Floradrain® se pueden crear pavimentos de relleno. La solución se crea conduciendo sobre la capa base ya construida y compactando dicha capa. Se humedece el estrato superior, se compacta con un rodillo, y antes de que se seque completamente se añade una capa fina de gravilla y se vuelve a compactar.



Un drenaje continuo con Floradrain® FD 60 se ha instalado bajo las jardineras y bajo el pavimento de relleno.



Con Floradrain® FD 60 y sobre la capa soporte de gravilla (ver páginas anteriores) o sobre la capa soporte de hormigón, es posible instalar capas de soporte

de mortero u otros materiales comúnmente utilizados en el paisajismo. Por supuesto, también se puede combinar una amplia variedad de estos materiales.

En casos individuales para proyectos específicos, por favor contacte con el departamento técnico de ZinCo.

# Soluciones creativas de cubiertas transitables para peatones y vehículos



## Centro de Congresos Tivoli y Archivo Nacional de Dinamarca en Copenhague

Las cubiertas ajardinadas de los dos edificios cubren una superficie total de 15.000 m<sup>2</sup>. Mientras que los jardines de flores y el césped predominan en la cubierta del Archivos Nacional (a la derecha al fondo), la cubierta del Centro de Congresos ofrece un vasto ajardinamiento intensivo y zonas de juego, rodeados por pavimentos de granito.



## Comturey en la Isla de Mainau en el Lago de Constanza en Alemania



Para poder aprovechar todas las variedades del diseño paisajístico en una cubierta, en este proyecto se utilizó el sistema "Cubierta Jardín" de ZinCo. El elemento de drenaje y de retención de agua Floradrain® FD 60 con 60 mm de altura, asegura un buen equilibrio hídrico para las 16.000 plantas de más de 200 especies diferentes creciendo en esta cubierta con una superficie total de 1.500 m<sup>2</sup>.



Este sistema multifuncional también permite la instalación de todo tipo de zonas pavimentadas, aptas para el tráfico de pequeños vehículos de mantenimiento o de terrazas y plataformas de madera que crean zonas de recreo.

En el borde de la cubierta la base de la barandilla GB de ZinCo garantiza la seguridad de los visitantes. Integrados en el sistema de cubierta verde y fijados al sistema por lastrado, estos elementos protegen a los transeúntes sin penetrar la impermeabilización de la cubierta.

## ARCO KÖ en Dusseldorf, Alemania

En el corazón de Dusseldorf, el extravagante complejo comercial y de oficinas "ARCO KÖ" caracteriza el paisaje urbano. Este complejo de edificios de seis plantas, obra de Daniel Libeskind, no sólo destaca por su innovador diseño, sino que además ha obtenido la certificación LEED Platino por su construcción sostenible. Por cierto, el nombre "ARCO KÖ" hace referencia a la famosa calle comercial de lujo "Königsallee", la llamada KÖ, situada en las inmediaciones. El diseño ecológico



del edificio incluye un ajardinamiento extensivo de la cubierta con el elemento de drenaje Floraset® FS 50 y un ajardinamiento intensivo de las dos cubiertas transitables del patio interior con la banda de drenaje Fixodrive® FX 50. El elemento de drenaje Stabilodrain® SD 30,

extremadamente estable, se instaló bajo el pavimento de la explanada, situada sobre un aparcamiento subterráneo.

## SFNCC Atenas



El centro cultural SFNCC con la Ópera Estatal, la Biblioteca Nacional y un gran aparcamiento está situado a unos 4,5 km del centro de Atenas.

En las tres cubiertas principales del complejo, se crearon más de 25.000 m<sup>2</sup> de vegetación intensiva. Entre los pavimentos y terrazas del paisaje mediterráneo hay una gran variedad de plantaciones. Se utilizaron especies de la flora regional,

como el boj, el orégano, la lavanda y el romero, así como diversos arbustos, hierbas y gramíneas.

En la cubierta del garaje de aparcamientos hay numerosos árboles de olivos que pueden desarrollarse bien en la capa de sustrato de hasta 120 cm de espesor. Se utilizaron distintas soluciones constructivas con diferentes elementos de drenaje como



Floradrain® FD 40-E, Stabilodrain® SD 30 y Protectodrain® PD 250, siempre adaptados a los requisitos del uso específico.

# Soluciones duraderas y técnicamente perfectas

Esta guía ofrece una visión general sobre pavimentos y firmes en cubiertas transitables.

Nuestro departamento técnico de ZinCo y también nuestros asesores técnicos están a su disposición con sus consejos y su apoyo en cualquier fase del proyecto.

Solicite información en nuestro teléfono 910 059 175



ZinCo Cubiertas Ecológicas S.L.  
C/ Velázquez 15, 1º Derecha · 28001 Madrid  
Teléfono 910 059 175 · [contacto@zinco-iberica.es](mailto:contacto@zinco-iberica.es)  
[www.zinco-cubiertas-ecologicas.es](http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es)