

Diseño de pavimentos y revestimientos de taludes para cauces fluviales y canales pluviales



Césped Armado Paviprint®

INTRODUCCIÓN

En la construcción cada vez se da mayor importancia al uso de soluciones "ecológicas", hasta el punto que hoy en día lo consideramos como un requisito indispensable en el diseño de los proyectos.

Los efectos negativos del desarrollo urbano en el medio ambiente son bien sabidos, por lo que los técnicos se enfrentan a una presión cada vez mayor a la hora de diseñar los proyectos de infraestructuras.

El aumento de la construcción hace que el proceso de control de la escorrentía de aguas pluviales tenga que cumplir una función cada vez más exigente. Esto resulta aún más evidente en climas tropicales y subtropicales, donde unas precipitaciones intensas provocan una escorrentía considerable y la posibilidad de crecidas e inundaciones aguas abajo en caso de que el control sea inadecuado.

Este documento trata sobre la creciente importancia de los aspectos medioambientales en el diseño de proyectos de regulación de ríos y canales fluviales.

Los canales de hormigón tradicionales, que anteriormente tenían un papel fundamental en el diseño, están dando paso a soluciones más positivas desde el punto de vista social, estético y medioambiental.

El sistema que denominamos "Césped armado Paviprint®" se considera un medio perfecto para conseguir la estabilidad funcional necesaria manteniendo al mismo tiempo el equilibrio ecológico propio de las zonas húmedas.

Por ello se debe prestar especial atención a la hora de establecer las especificaciones adecuadas para este tipo de sistema.

"Césped armado Paviprint®" presenta diferencias considerables en varios aspectos con otros sistemas existentes.

Ofrece unas ventajas incomparables a los técnicos tanto en el diseño como en la gestión de los proyectos hidrológicos.

Para nosotros es fundamental seguir explorando estas ventajas para poder ofrecerle unas directrices que le ayuden a realizar un diseño eficaz.



¿QUÉ ES CÉSPED ARMADO?

El pavimento continuo "Césped armado Paviprint®" es un sistema de pavimentación que se realiza in situ, que es capaz de combinar el hormigón con elementos naturales como el césped.

Es el único sistema de pavimentación de construcción sostenible, durable y de impacto medio ambiental cero, que además permite un uso tanto para tráfico rodado como para peatonal.

Otra cualidad a destacar del pavimento "Césped armado Paviprint®" es la estabilización de taludes y terrenos en mal estado, creando superficies vegetales inclinadas que soportan perfectamente con el paso del tiempo a los agentes atmosféricos, creando zonas de alto valor medioambiental.

Sistema Césped Armado: ✓



La estabilidad de la estructura resultante no depende de la cobertura del césped, por lo que sus capacidades no se ven afectadas por las variaciones estacionales, obteniéndose un diseño consistente con una capacidad de caudal comprobada de más de 8 metros/segundo (límite de la prueba).

Además de ser utilizado como pavimento peatonal el sistema también se utiliza a menudo en aplicaciones relacionadas con vehículos. Dependiendo del tipo, puede admitir cargas de vehículos de un peso total de 40 toneladas.

Gracias a esta capacidad, el sistema se puede utilizar para el revestimiento de canales incluso en casos en los que es necesario contar con acceso de vehículos en el fondo



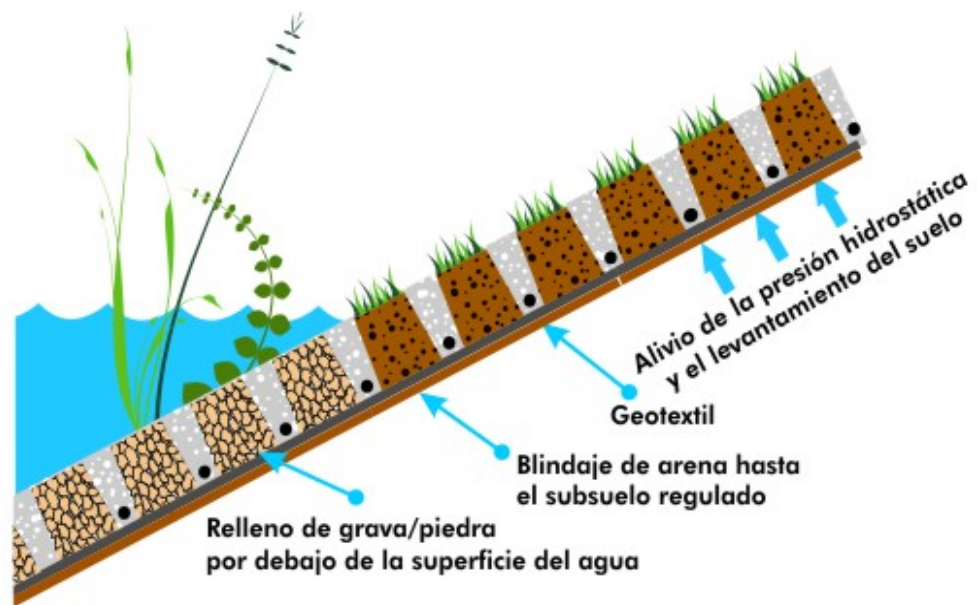
Al estar asegurada la integridad estructural, el Césped armado Paviprint®" es un pavimento continuo de hormigón armado -malla electrosoldada,- realizado "in situ", este pavimento resiste el asentamiento diferencial. Como consecuencia, el nivel de la superficie permanece uniforme, eliminando el efecto de turbulencia que pueden provocar los sistemas de bloques prefabricados

El sistema específico del "Césped armado Paviprint®" cuenta con una sección cónica que hace que las cavidades sean más anchas en la parte baja que en la superficie. Este perfil permite un enraizamiento óptimo, con lo que aumenta la fijación y la resistencia frente al arrastre.

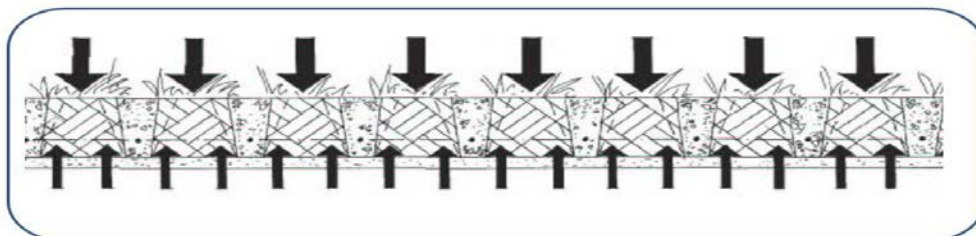
Una de las ventajas más importantes del sistema está en el alivio de las presiones hidrostáticas en los taludes de tierra. De este modo es posible utilizar secciones de pavimento mucho más delgadas de lo que sería necesario para los sistemas de pavimentos o revestimientos "sólidos".



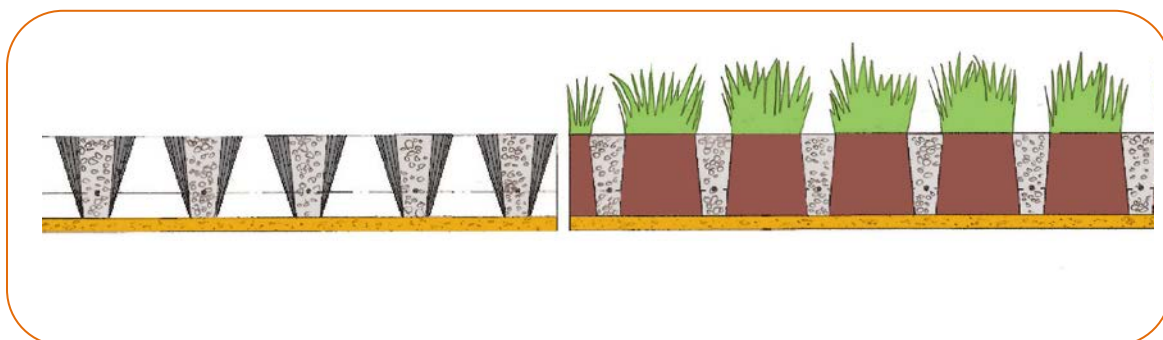
Protección de taludes



Por todo esto en el caso de descenso de olas o de una disminución rápida de los niveles de agua se origina la rápida descarga de las presiones hidrostáticas, lo que hace que de esta forma la presión residual en el subsuelo no deforma al pavimento, lo que podría ocurrir con otros sistemas.



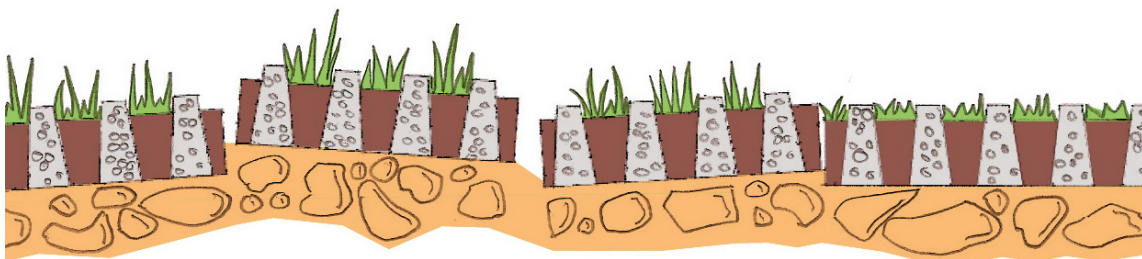
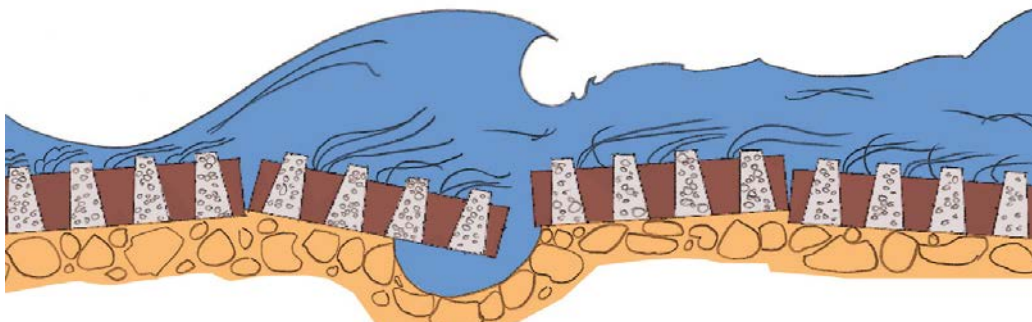
El perfil cónico del "Césped armado Paviprint®" permite que se retengan en la superficie volúmenes de agua considerables, ofreciendo al mismo tiempo un aliviadero eficaz para el subsuelo.



Esto no es: **Césped armado Paviprint®**

El sistema de los bloques prefabricados cumple una función totalmente distinta.

Sistema Prefabricado: X



En cuanto a la estabilidad estructural, tanto frente al flujo hidráulico como al tráfico de vehículos los bloques prefabricados sin unir consiguen como mucho una clasificación intermedia para caudales de hasta 4 metros/segundo.

Su estabilidad se crea mediante una combinación de unión por fricción del césped entre las juntas y penetración de las raíces en el subsuelo. Pero en la práctica esto plantea una serie de problemas:

- a. El crecimiento del césped nunca puede tener una uniformidad de crecimiento garantizada, ya sea por la pauta de crecimiento determinada por las estaciones o por la tensión provocada por el flujo del agua. Como consecuencia, es inevitable que algunos bloques se muevan ante la carga, con lo que es probable que con el tiempo se produzcan fallos a mayor escala.
- b. Si la estabilidad depende de la firmeza de las raíces, esto significa que puede no ser fiable. La mayoría de las raíces no alcanza una profundidad suficiente como para establecer un anclaje, y puede que las que sí la alcanzan no puedan penetrar los geotextiles.
- c. Los bloques hormigón prefabricado no ofrecen continuidad ante los cambios de dirección o de diseño de un detalle. Para superar los límites de tolerancia del bloque rígido, se necesitarán uniones abiertas (sin encajar) para los cambios realizados en el perfil del terraplén. Estas juntas pueden actuar como punto focal para la erosión, ya que es probable que ocupen las zonas de mayor turbulencia.

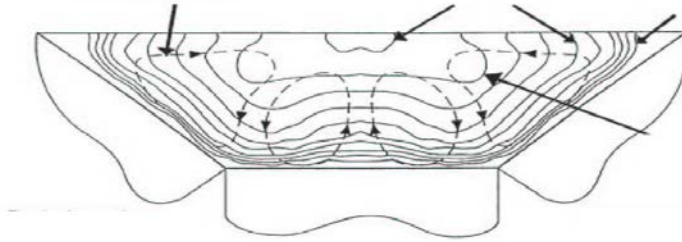


En cambio "Césped armado Paviprint®" ofrece una superficie regular, que mantiene la integridad en los cambios de dirección mediante rellenos de sección decreciente en una sola pieza.



DISEÑO DE PROYECTOS

Podemos ver los contornos de velocidad, las corrientes secundarias y la distribución de la tensión habituales en un canal trapezoidal

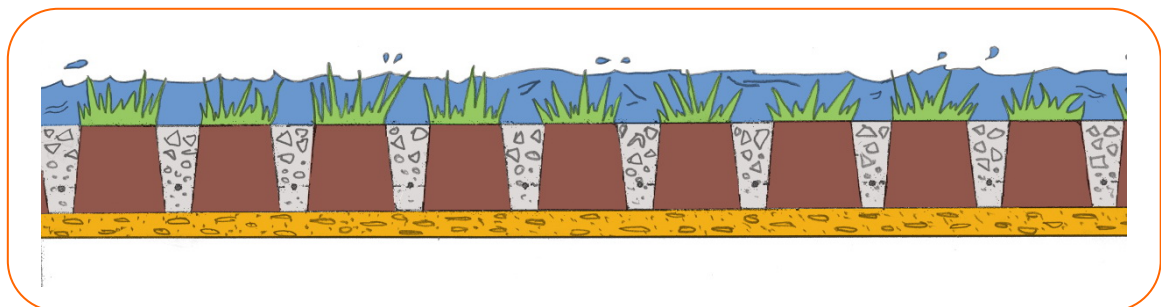


Ri

A menudo se piensa, erróneamente, que la sección transversal de una canal de Césped armado Paviprint®" tiene que ser mayor que la de un canal diseñado con hormigón sólido, por un aumento de la rugosidad hidráulica y por una ralentización del flujo que se produciría como consecuencia. Para refutar este argumento, es importante tener en cuenta dos etapas del flujo:

Flujo subcrítico:

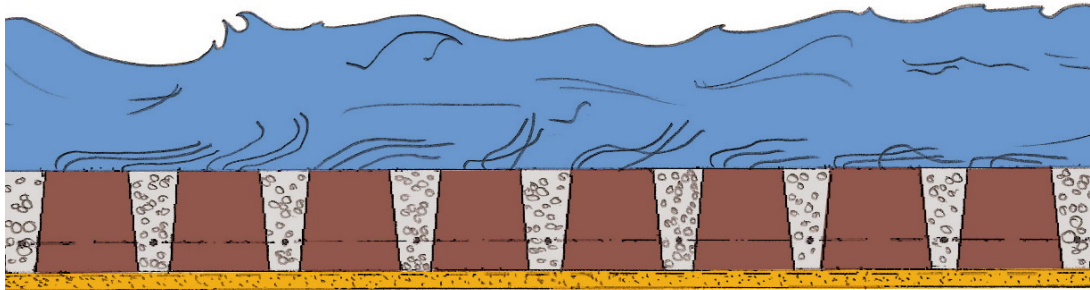
En esta etapa, el flujo puede quedar contenido dentro del nivel de altura de los tallos del césped. Como consecuencia, probablemente la velocidad se vea limitada por el césped. Pero en el caso que estamos suponiendo, un volumen bajo no supondría ningún problema para los límites de diseño del canal en su conjunto. Y de hecho, durante esta fase el canal proporcionaría las condiciones naturales de zonas húmedas que tan a menudo buscan los expertos en medio ambiente.



Flujo supercrítico:

Si pasamos a tener unas características de críticas a supercríticas, los tallos del césped se aplastarán a causa de la carga hidráulica, hasta formar una capa sobre la superficie.

Como consecuencia, se puede llegar a alcanzar un coeficiente de **Manning "n"**: 0,03, en función del tipo de césped.



Al determinar los caudales para losas de hormigón sólido, es fácil hacer generalizaciones.

Sin embargo, en la práctica para la construcción "in situ" de estas secciones el valor "n" puede variar a lo largo de un determinado perfil de canal.

Esto es debido a que las superficies de los taludes de hormigón que tienen pendientes pronunciadas necesitan una consistencia del hormigón más baja para poder mantener la posición del mismo una vez vertido, es decir, para evitar que no se descuelgue.

Si a esto se añade un acabado antideslizante, podemos esperar que la superficie de los terraplenes laterales de los canales realizados con hormigón "in situ", tengan en la práctica más textura que la superficie de los fondos, es decir, un mayor coeficiente de rugosidad "n".

El nivel de intrusión de la vegetación supone otro factor. Esté plano o no, siempre crece vegetación en los canales; ya sea en las juntas o en las fisuras, aparece hierba tosca e incluso arbustos



. Es inevitable que esto produzca turbulencias en el flujo, y en último término puede provocar la acumulación de barras de lodo en el canal.



Movimientos de tierras:

Hay que resaltar que esta publicación trata sobre el uso del "Césped armado Paviprint®" como revestimiento idóneo para taludes y fondos de canales fluviales. Al igual que otros sistemas de revestimiento, están diseñados para estabilizar únicamente la capa de la superficie.

Para que un diseño sea estable hay que tener en cuenta la naturaleza del subsuelo. Hay que evaluar las posibilidades existentes teniendo en cuenta la parte interna del talud, lo que requeriría una solución de retención más que de estabilización.

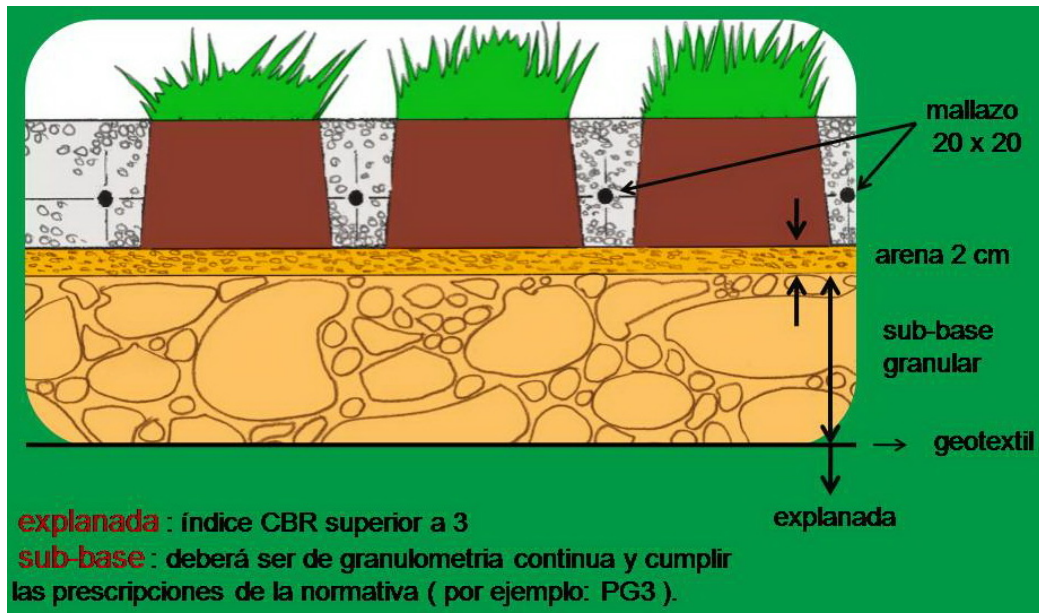
El tipo de suelo afectará la programación de las obras: un suelo granulado no cohesionado, es probable que durante la etapa de trabajos temporales sea susceptible a la erosión superficial y al deslizamiento. Esto puede implicar un programa de excavación en dos fases, llevando a cabo un corte final de inclinación de la cara inmediatamente antes de colocar la capa de revestimiento.

Un suelo cohesivo, aunque con un ángulo de fricción menor en potencia, permitirá un corte de la cara más inclinado. Sin embargo habrá que prestar atención para mantener la plasticidad normal del suelo durante la etapa de trabajos temporales. Una pérdida de humedad excesiva puede provocar la formación de fisuras en el subsuelo, lo que podría tener como consecuencia la formación de bolsas de alta presión intersticial tras la capa de revestimiento.

Con todas las aplicaciones para cursos de agua se recomienda utilizar un geotextil subyacente, para cumplir las siguientes funciones:

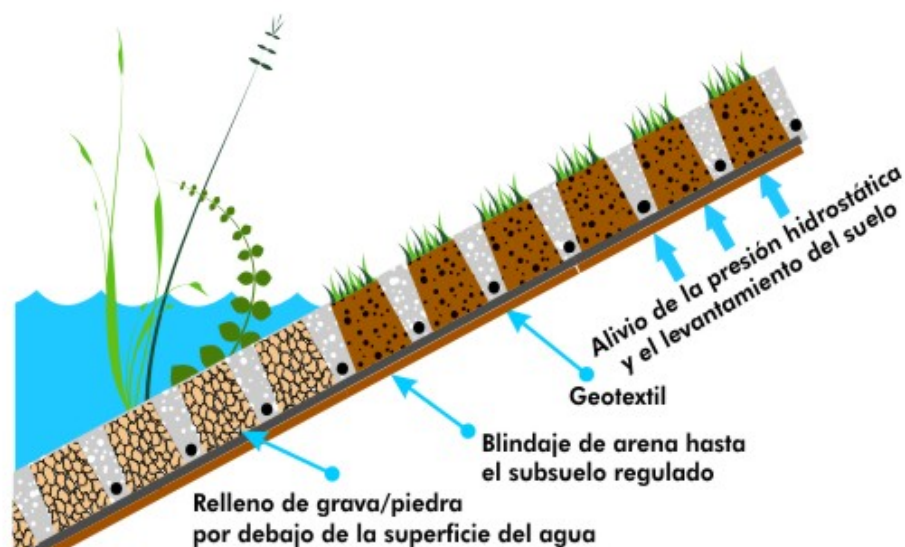
- a. mantener el equilibrio de la presión intersticial del agua.
- b. limitar la "fuga" a través del revestimiento modular de partículas finas de subsuelos granulosos, especialmente en casos de que el agua lleve cierta fuerza, como un golpe de ola.

El tipo y la colocación del geotextil a menudo requieren cierta reflexión por parte de los ingenieros. Para utilizar con "Césped armado Paviprint®", recomendamos adoptar los siguientes principios de construcción para aplicaciones con y sin tráfico de vehículos.



En aplicaciones de taludes, en las que son mayores las posibilidades de arrastre del subsuelo, recomendamos colocar el geotextil lo más cerca posible a la interfaz de pavimento.

Protección de taludes



Para evitar que el geotextil sufra daños mientras se queman los moldes de plástico, se puede colocar una fina película de arena sobre el geotextil antes de colocar los moldes. Para evitar obstrucciones se recomienda utilizar un geotextil tejido, o no tejido agujeteado.

A diferencia de las aplicaciones de bloques prefabricados, el geotextil no tendrá que proporcionar fuerza mecánica a la obra, excepto en el caso de un camino de abastecimiento temporal.

A estos efectos, es posible utilizar un geotextil algo inferior con nuestro sistema del "Césped armado Paviprint®".

Asentamiento tras el movimiento de tierras:

En las aplicaciones en las que se han utilizado materiales de relleno para crear perfiles de formación, es inevitable que se produzcan asentamientos. En estos casos, se puede producir una adaptación al asentamiento mediante una redistribución. Para poder hacer esto recomendamos reducir los puntos de colocación de juntas de expansión a 5 metros para permitir el deslizamiento vertical de las superficies en las juntas.

En estas aplicaciones está desaconsejado utilizar juntas con pasadores, que más bien limitarían dicho movimiento.

Aunque la gente a menudo piensa que el sistema del "Césped armado Paviprint®" es una estructura rígida, su uso en proyectos de presas y embalses ha demostrado claramente que también se puede utilizar para el asentamiento subyacente.

DETALLES DEL DISEÑO

Juntas de expansión:

Tal como se ha mencionado anteriormente, está desaconsejada la utilización de pasadores en las áreas en las que es más probable que se produzca asentamiento.

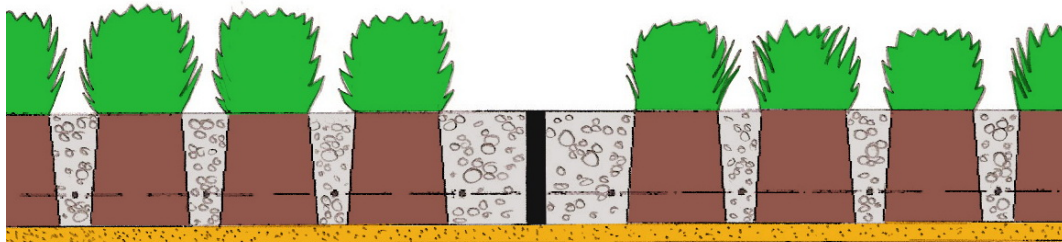
En realidad, para la mayoría de las aplicaciones sólo es necesario utilizarlas cuando se necesita una transferencia de carga extrema.

Debido a la estructura de rejilla de la superficie del pavimento, las fuerzas de dilatación tenderán a moverse alineadas con los intersticios que rodean los huecos.



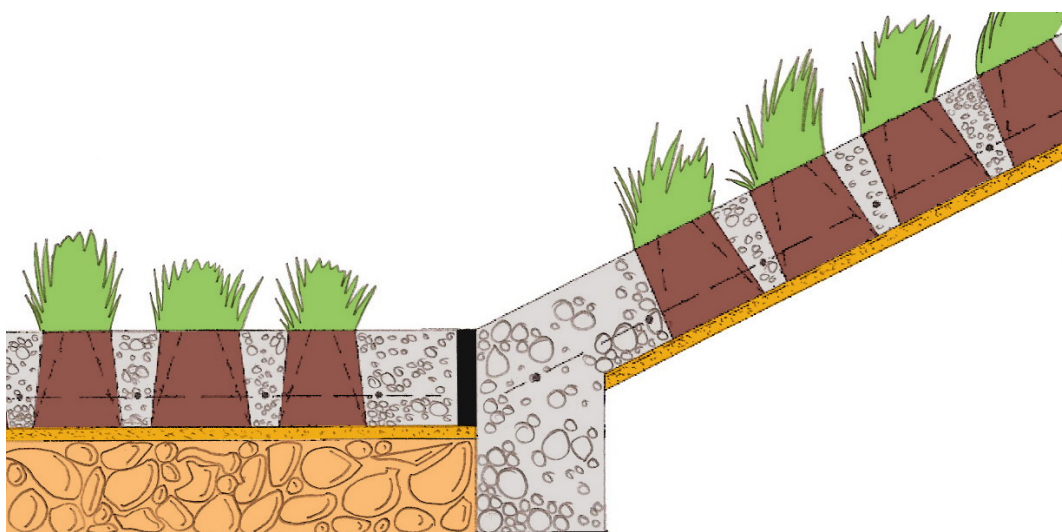
Por lo tanto, en los canales en curva existe la posibilidad de que la ejecución de una junta transversal con pasadores limite el movimiento creando un efecto perjudicial de cuña si la junta no está en ángulo recto con la sección del revestimiento Césped Armado Paviprint®.

Esta junta es conveniente rellenarla con un material compresible.



Soporte de la base.

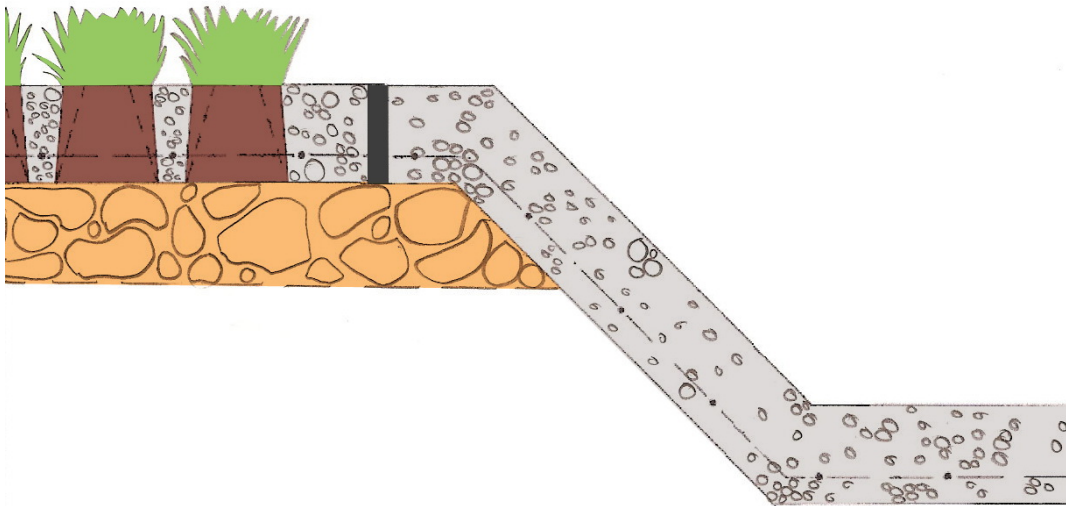
El "Césped armado Paviprint®", al formar una estructura de hormigón armado, ofrece una resistencia uniforme de fricción con el subsuelo. La necesidad de un zuncho de base para los taludes queda limitada por lo tanto a proporcionar una barrera para la migración de materiales del subsuelo, y un límite de perfil para la preparación de sub-base para el fondo.



Canales de flujo bajo:

Una característica habitual en el diseño es la incorporación de un canal central para caudal escaso dentro del fondo.

Así es posible realizar un mantenimiento del resto del fondo durante las estaciones secas



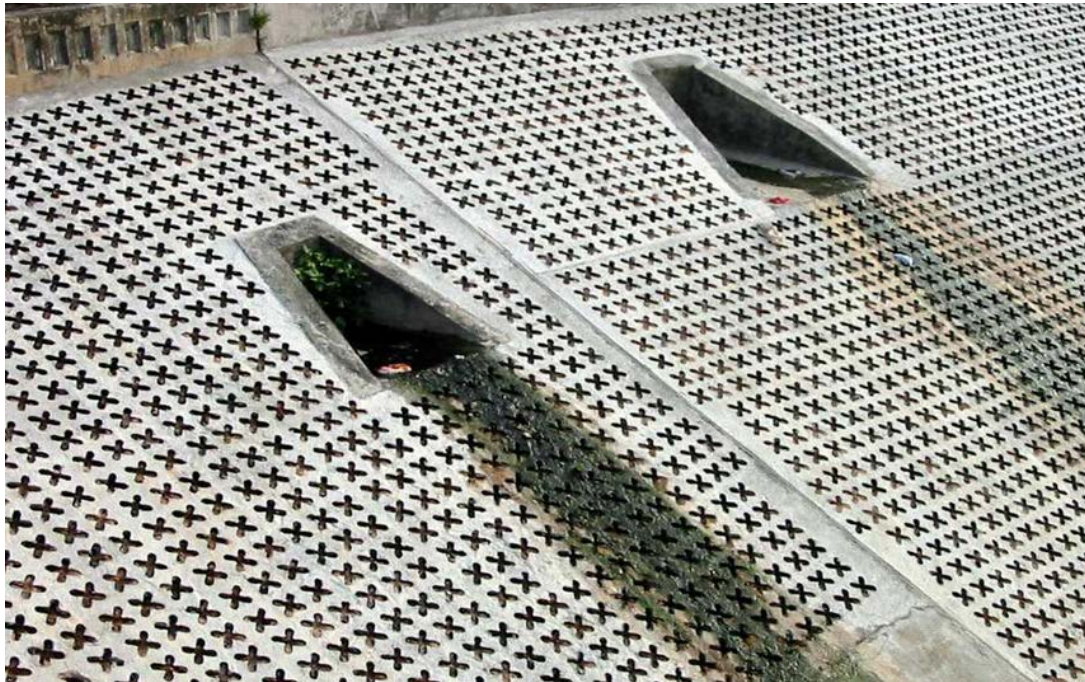
Conductos de entrada:

Para limitar la turbulencia en el punto de entrada, recomendamos construir la sección del talud bajo el conducto de entrada con hormigón sólido.

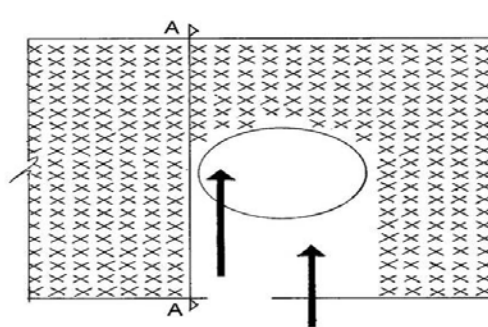
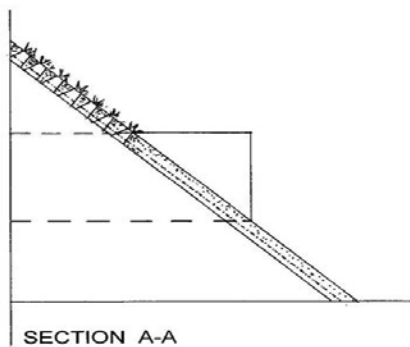


Se puede hormigonar en un solo bloque, con lo que el "Césped armado

Paviprint® " ofrecería una estructura continua.

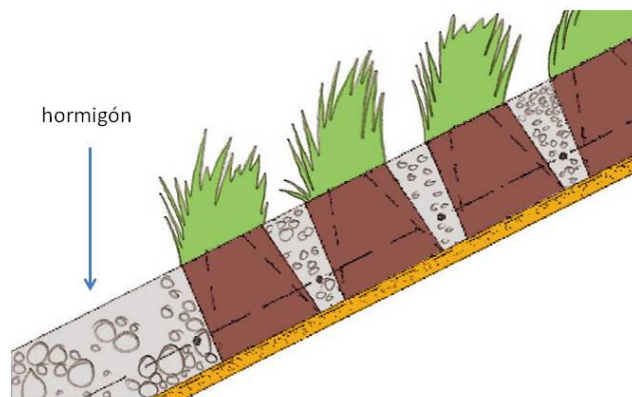


Se desaconseja utilizar unidades de albañilería prefabricadas, ya que es probable que no resistan la presión debido a la acumulación de presión intersticial al pasar el agua a través de la estructura



Taludes contra la socavación.

Durante la estación de mayores precipitaciones el agua lleva cantidades significativas de sedimentos y detritus. En función del perfil del canal, los puntos de contacto a mayor velocidad pueden requerir un tramo de construcción sólida anti-socavación. Al igual que con el conducto de entrada, se recomienda emplear hormigón ejecutado en una sola pieza con el "Césped armado Paviprint®" para mantener la integridad del refuerzo.



El uso de unidades de albañilería prefabricadas en este punto podría llegar a producir una debilitación en lugar de tener un efecto estabilizador.

ESPECIFICACIONES PARA EL Césped armado Paviprint®

TIPO DE BANDEJA A SELECCIONAR

TIPO A SELECCIONAR	HH3 75 mm de grosor	HH1 100 mm. de grosor	HH2 150 mm. de grosor
Peso (incluido tierra)	170 kg/m ² de promedio	234 kg/m ² de promedio	325 kg/m ²
APLICACIÓN			
Talud			
(*) flujo máximo del agua:			
< 4 m/sec	✓		
< 6 m/sec		✓	
< 10 m/sec			✓
Fondo	Armatura ME 20X20 Ø B 500 T		
Carga por tráfico *			
< 4,3 toneladas de PTV (peso total del vehículo)	✓ 6mm Ø		
< 10,00 toneladas de PTV		✓ 6mm Ø	
< 13,00 toneladas de PTV		✓ 8mm Ø	
< 30,00 toneladas de PTV			✓ 8 mm Ø
< 40,00 toneladas de PTV			✓ 10 mm Ø

(*) La selección de especies de césped debe tener en cuenta la cantidad de flujo de agua.

(**) Con una capacidad de carga del suelo hipotética mínima 45 Kn/m².

Especificaciones recomendadas para el hormigón:

Resistencia a compresión (fck)	30N/mm ²
Contenido mínimo de cemento	350kg/m ³
Relación agua-cemento máxima:	0,55
Tamaño máximo del árido:	12 mm
Relación arena-árido	0,45
Incorporación de aire	3%
Control de consistencia	5 cm (taludes) 10 cm (fondo)
Consistencia puesta en obra (*)	7,5 cm (taludes) fluida (en el fondo)

(*) se alcanza añadiendo un aditivo súper-fluidificante al hormigón para ayudar la puesta en obra del mismo, en una dosis a determinar mediante pruebas en la obra o en el laboratorio.

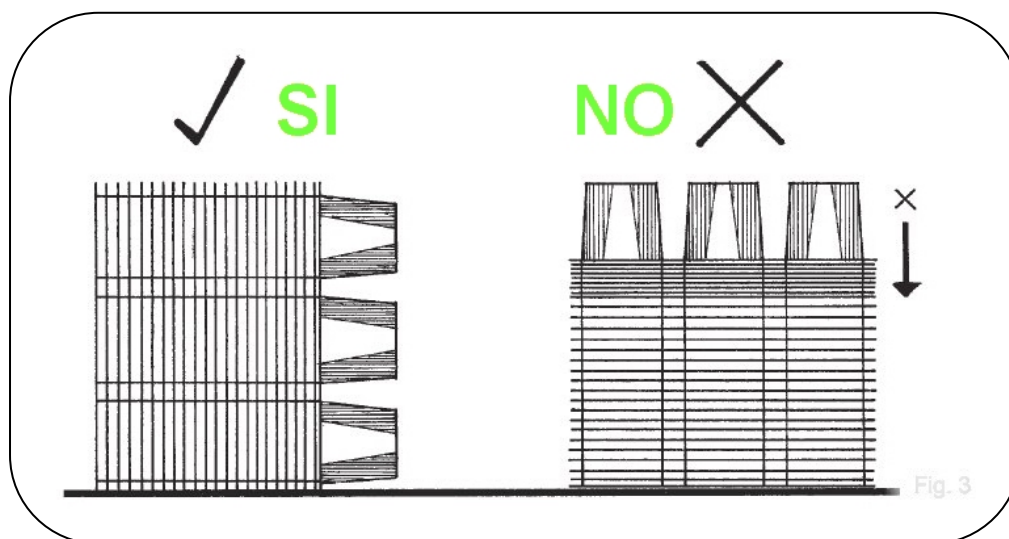
NOTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Las bandejas del Césped armado Paviprint®

Durante la construcción sólo se colocarán las bandejas que se puedan hormigonar en un día. Las bandejas que no se estén utilizando se deben guardar en un lugar protegido de la luz del sol.

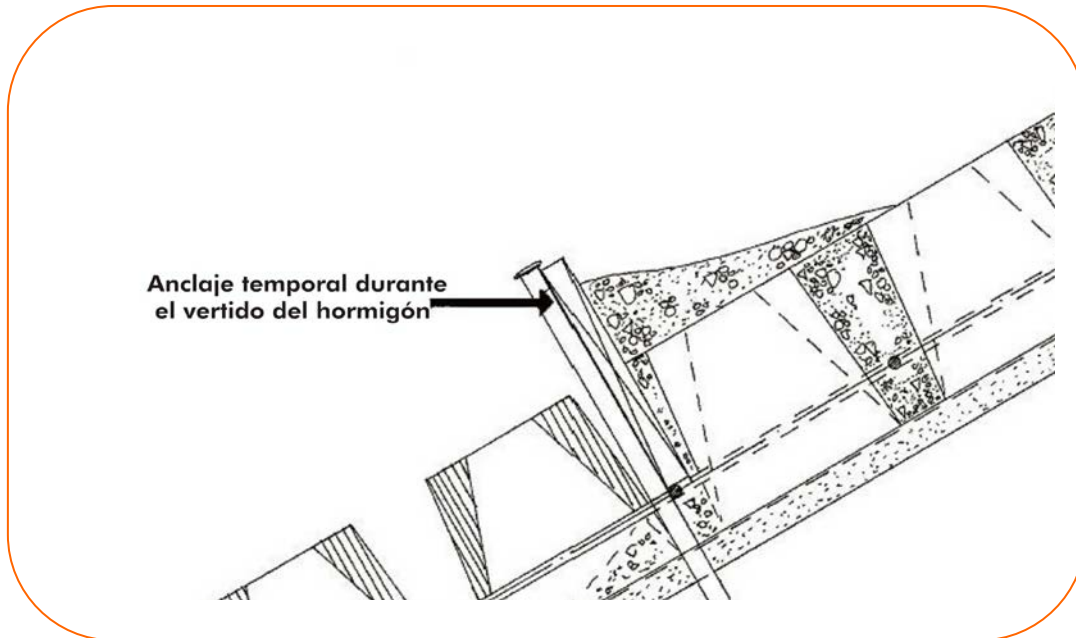
Para todas las pendientes excepto las de mayor inclinación (superior al 50%), se puede colocar el hormigón sin vibrar, utilizando hormigón fluido con los bordes superiores de las bandejas como límite. Cuando se utilice compactación, se hará usando tubos tremie vibradores de diámetro pequeño, con cuidado de no dañar las bandejas.

Al almacenar las bandejas es mejor colocarlas de canto que en horizontal, para evitar una compactación excesiva



En circunstancias normales, el propio peso de la armadura de refuerzo sobre las bandejas evitará que se produzcan movimientos no deseados de las mismas durante el hormigonado.

Para las mayores inclinaciones se recomienda colocar tableros de contención de forma longitudinal entre los resaltes de las bandejas en los centros de los espacios cada 1,80 m, clavados hasta el subsuelo. Se podrán ir retirando a medida que avance el trabajo



El hormigón se deberá verter sobre andamiaje de madera para no dañar las bandejas. Para pendientes muy inclinadas se puede construir una plataforma de trabajo para tener mejor acceso...





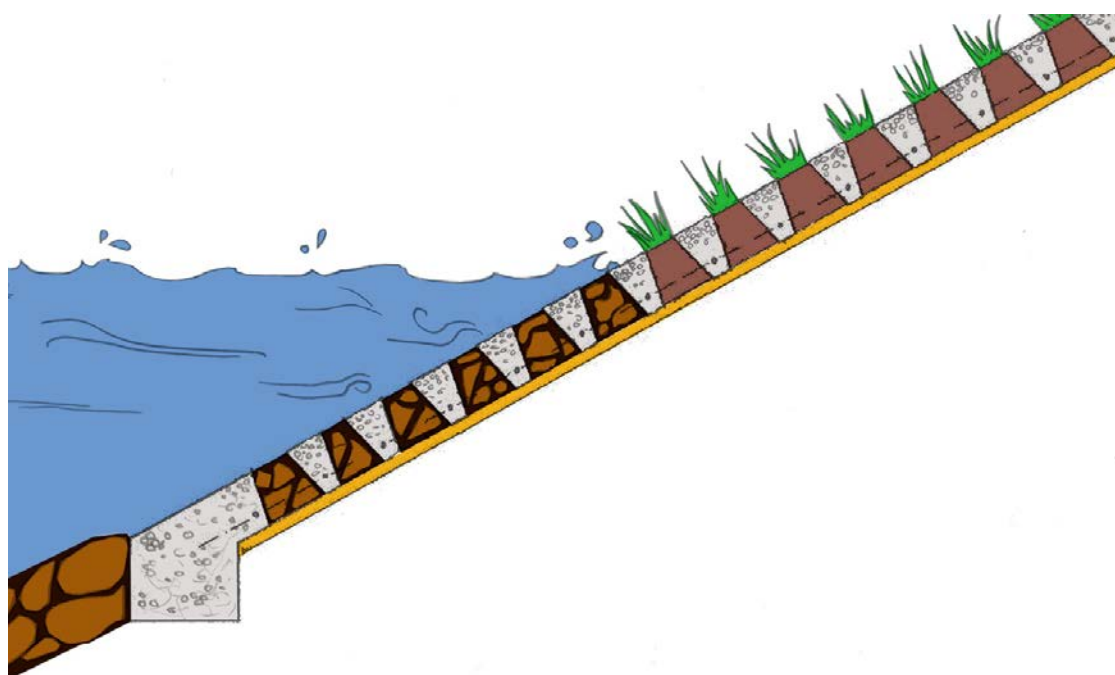
Durante el proceso de hormigonado del sistema del **Césped armado Paviprint®** el diseño cruciforme con acanaladuras de las bandejas de plástico limita el flujo de hormigón, lo que permite adaptarse a ángulos de inclinación de hasta 45°.

Por su capacidad de soportar carga de tráfico, **Césped armado Paviprint®** se puede utilizar como una capa de refuerzo "total" para caballones de embalse, que permiten la incorporación de un acceso a la corona para vehículos pesados.





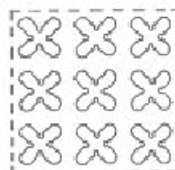
En zonas sensibles desde el punto de vista medioambiental, como salinas, etc., en los huecos de **Césped armado Paviprint®** se puede tanto sembrar mezclas de semilla de flora natural como plantar juncos autóctonos.



MOLDES-DATOS TÉCNICOS

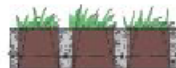
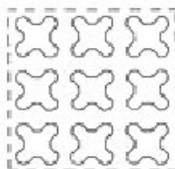
MOLDE HH 1

Dimensiones = 600 x 600 x 100 mm.
 espesor = 100 mm.
 moldes por m² = 2,78 uds.
 hormigón = 1 m³ sirve para hacer 15 m²
 tierra de relleno = 1 m³ sirve para hacer 18 m².



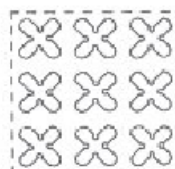
MOLDE HH 2

Dimensiones = 600 x 600 x 150 mm.
 espesor = 150 mm.
 moldes por m² = 2,78 uds.
 hormigón = 1 m³ sirve para hacer 11 m²
 tierra de relleno = 1 m³ sirve para hacer 12 m².

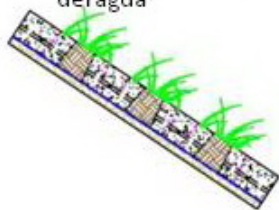


MOLDE HH 3

Dimensiones = 600 x 600 x 75 mm.
 espesor = 75 mm.
 moldes por m² = 2,78 uds.
 hormigón = 1 m³ sirve para hacer 17 m²
 tierra de relleno = 1 m³ sirve para hacer 21 m².

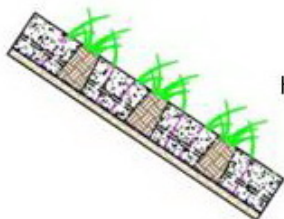
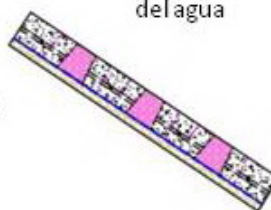


Talud por encima de la línea
del agua

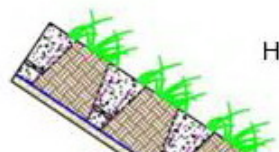


HH-3 e: 75 mm

Talud por debajo de la línea
del agua

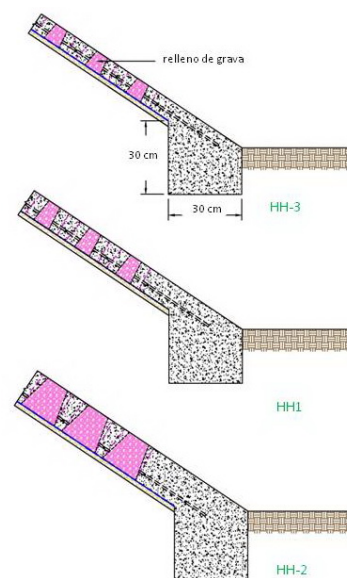
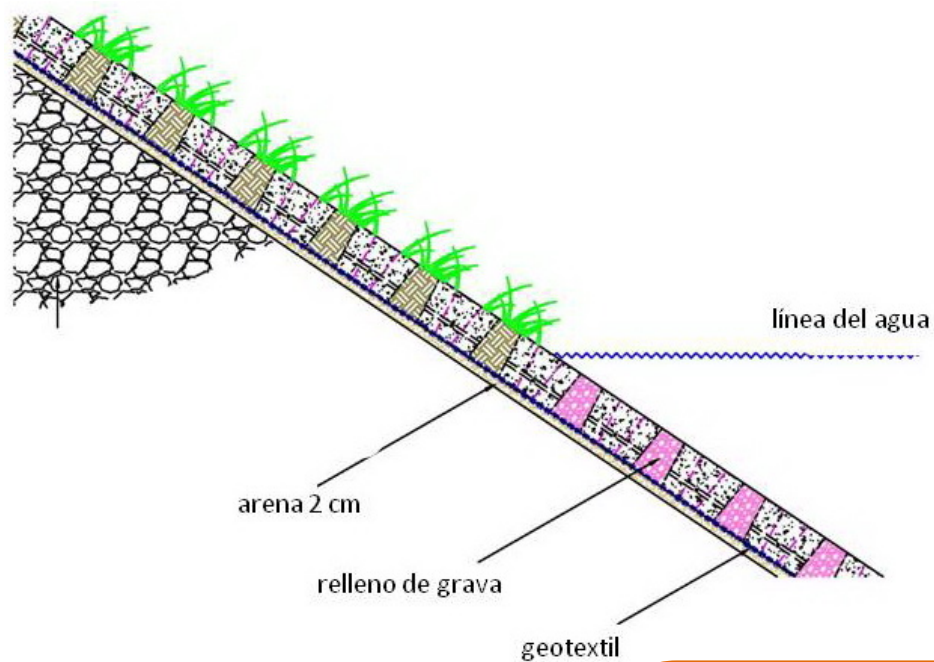


HH-1 e: 100 mm



HH-2 e: 150 mm





Productos **Paviprint®**

Sede Central: Avda. de España, núm.29-Vivi.5
28220 Majadahonda - Madrid - ESPAÑA

Telf. +34 91 634 42 24

E-mail: paviprint@paviprint.com

www.paviprint.com