

Pavimento cerámico permeable para la gestión sostenible del agua de lluvia en las ciudades LIFE CERSUDS



Javier Mira
INSTITUTO TECNOLOGÍA CERÁMICA

Coordinador:

- Instituto de Tecnología Cerámica (ITC-AICE)

Socios:

- Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA)
- Ayuntamiento de Benicàssim
- CHM Infraestructuras
- Trencadís de Sempre
- Centro Cerámico de Bologna (CCB)
- Centro Tecnológico de Cerámica y Vidrio (CTCV)



Programa:

LIFE 2015 /Climate Change Adaptation

Título proyecto:

Ceramic Sustainable Urban Drainage System

Duración:

Octubre 2016 ⇨ Septiembre 2019

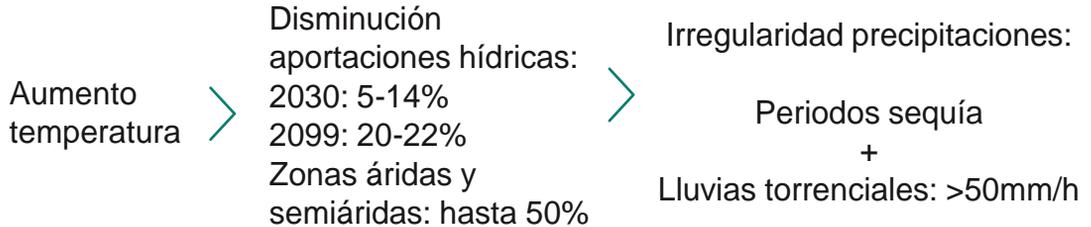
Página web:

www.lifecersuds.eu



Presupuesto total	59,98% CE	Generalitat Valenciana
1.817.972€	986.947€	198.974€

Cambio Climático



Proceso urbanización



**Stock cerámico de bajo valor comercial:
Impactos de 9 M m²**

SO ₂	388 T
CO ₂	115.133 T
Gas natural	24.000.000 m ³
Electricidad	290 Gwh
Materias primas	180.600 T
Agua	185.000 m ³



Cerámica bajo
valor comercial

Periodos de **sequía**
Lluvias **torrenciales**

Sellado del suelo



Pavimento
permeable



Sistema Urbano
Drenaje Sostenible

⊖ Escorrentías
⊖ CO₂
⊖ Energía
⊕ H₂O



Mejorar la capacidad de **adaptación** de las ciudades al Cambio Climático

Promover el uso de **infraestructuras verdes** en los planes urbanísticos

Diseñar un **pavimento permeable** basado en cerámica con bajo valor comercial

Diseñar y construir un **demostrador SUDS** basado en un pavimento permeable cerámico



- Sistema cerámico
- Demostrador
- Resultados

SISTEMA
CERÁMICO
PERMEABLE

- Concepto
- Diseño
- Fabricación





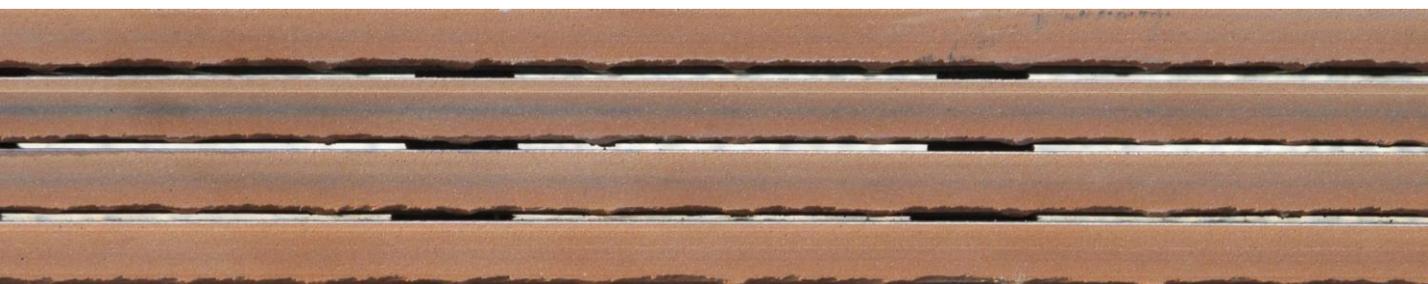
Baldosa



Cintas



Módulo



Stock: 140.000 m²
Pavimento: 17.000 m²

AVEIRO

FIORANO

Stock: 3,65 millones de m²
Pavimento: 444.000 m²

CASTELLÓN

Stock: 5,24 millones de m²
Pavimento: 638.000 m²

**REQUISITOS
A CUMPLIR**



Flexión
Permeabilidad
Impacto
Resbaladidad

Helada
Estabilidad Dimensional
Carga puntual

**UNIÓN DE
CINTAS**



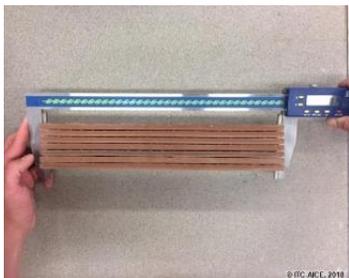
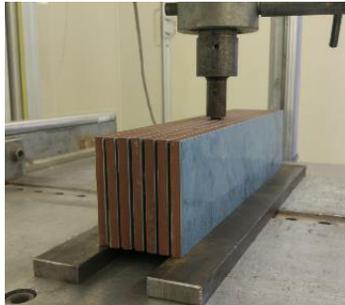
Material adhesivo
Disposición adhesivo
Espesor adhesivo

**VARIABLES
MÓDULO**



Tipo de material cerámico
Altura del módulo
Largo del módulo
Número de cintas

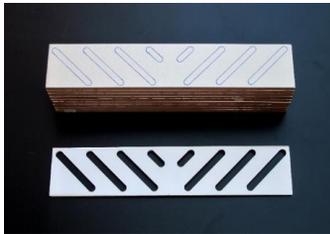
Batería de ensayos / Proceso cíclico



> 500 MÓDULOS ENSAYADOS

Permeabilidad recomendada > 5.000 mm/h
Carga mínima de rotura T40 > 80 N/mm

TIPO 1



Permeabilidad (mm/h)

2.300

Carga de rotura (N/mm)

182

TIPO 2



Permeabilidad (mm/h)

39.200

Carga de rotura (N/mm)

124

TIPO 3



Permeabilidad (mm/h)

34.900

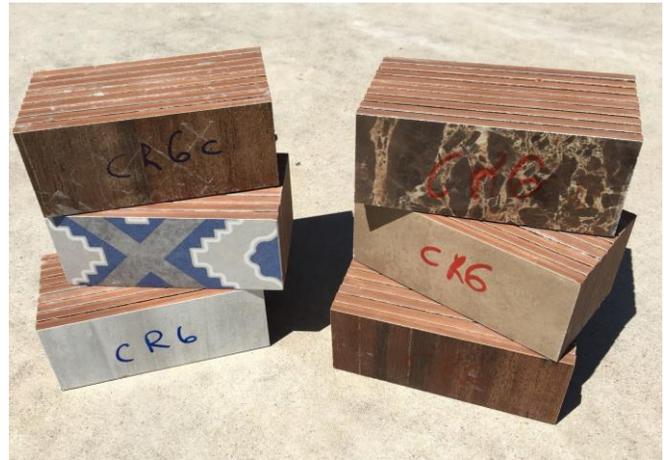
Carga de rotura (N/mm)

178

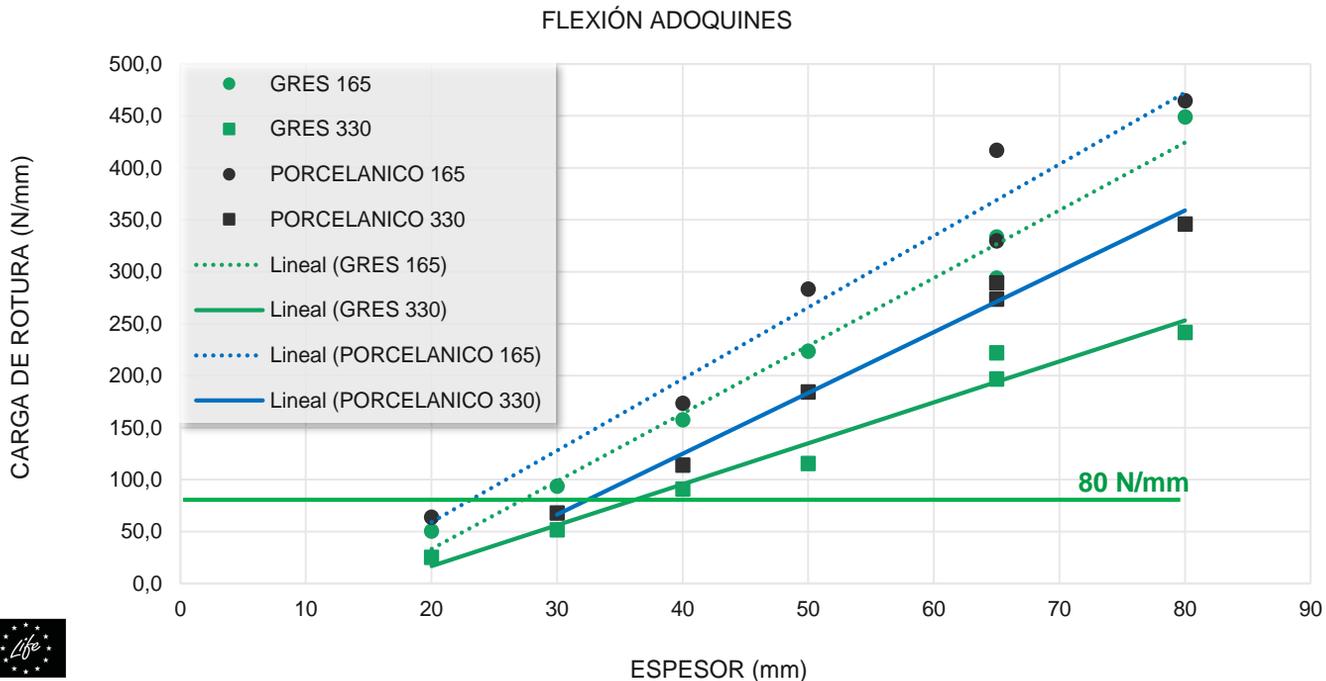
Gres porcelánico/Gres pasta roja

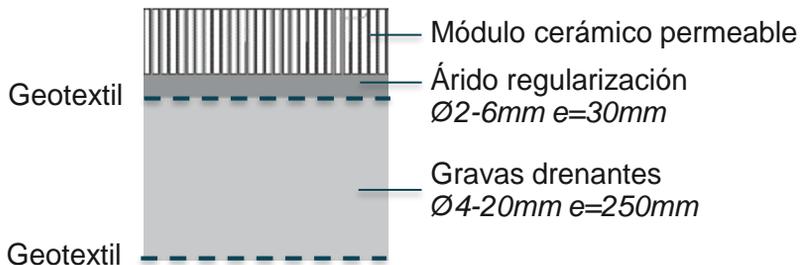
Largo de 333 mm y 165 mm

Espesores de módulos (2cm > 8cm)



Ensayos realizados variando material, espesores y anchura de los módulos



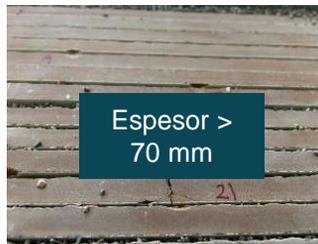


Adaptación del método
descrito en el anexo 6 del
Cahier 3778:2017

PORCELÁNICO



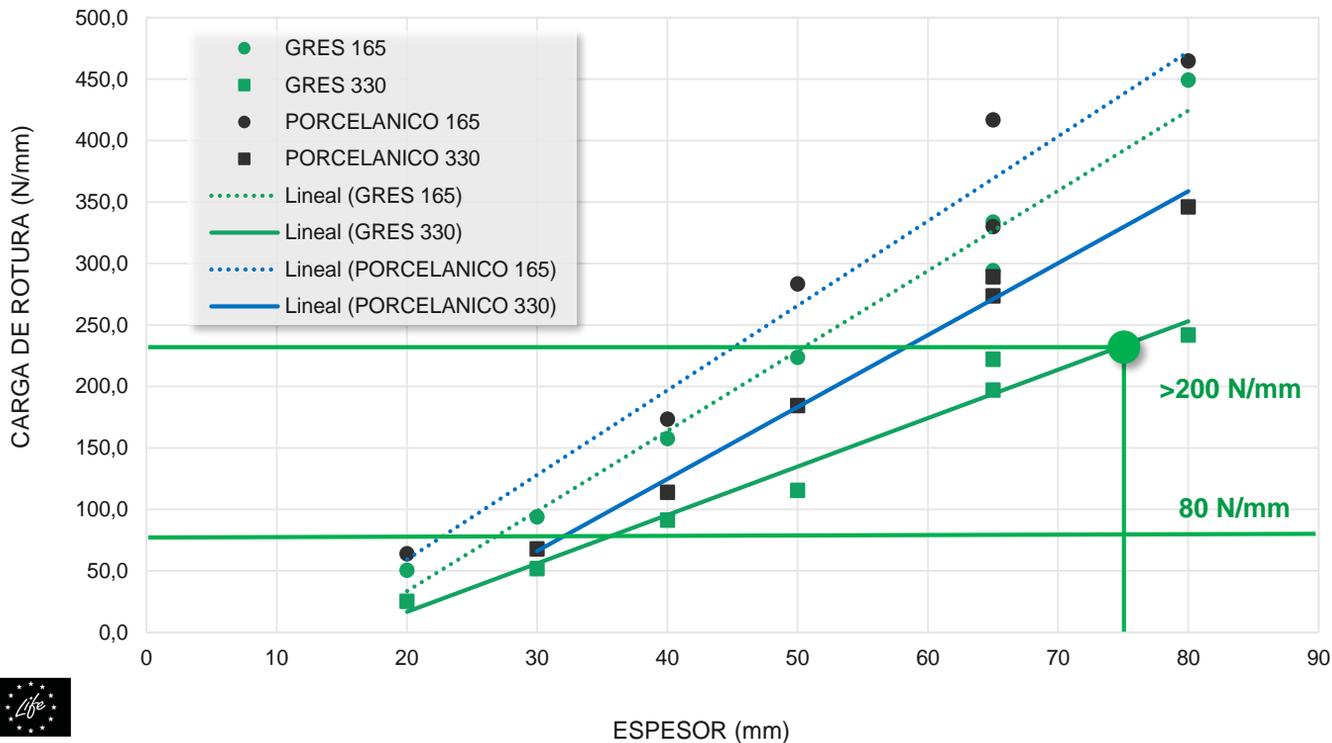
GRES PASTA ROJA



Espesor >
70 mm



FLEXIÓN ADOQUINES





- > 7 cintas cerámicas de gres de pasta roja
- > Unión de cintas mediante adhesivo cementoso
- > Dimensión total de 335x65x75 mm
- > Peso aproximado de 3 kg.

Característica	Valor obtenido	Normativa de referencia
Permeabilidad	$K > 80 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s}$ > 28.800 mm/h	NLT-327/00
Resistencia al deslizamiento	Rd > 45 CLASE 3	UNE-ENV 12633:2003 CTE DB SUA. Sección SUA 1
Carga de rotura transversal	F/w > 150 N/mm CLASE T4	UNE-EN 1344:2015
Características dimensionales	VALOR MEDIO = $\pm 3 \text{ mm}$	UNE-EN 1344:2015
Resistencia al hielo/deshielo	RESISTENTE	UNE-EN ISO 10545-12:1997



DEMOSTRADOR

- Entorno
- Proyecto arquitectura
- Proyecto hidráulico
- Monitorización
- Construcción

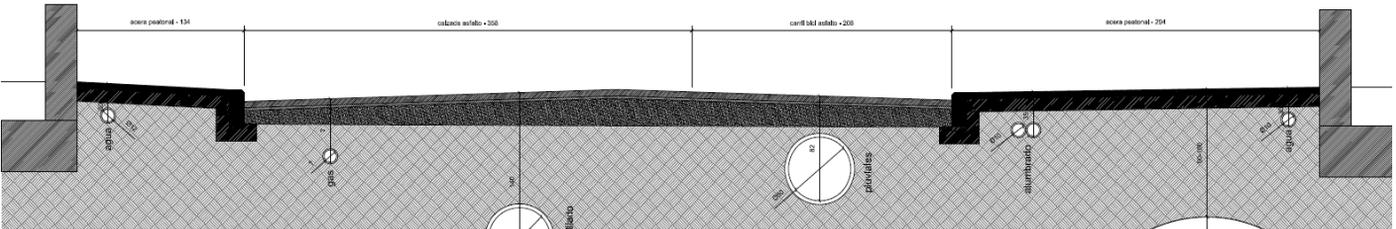
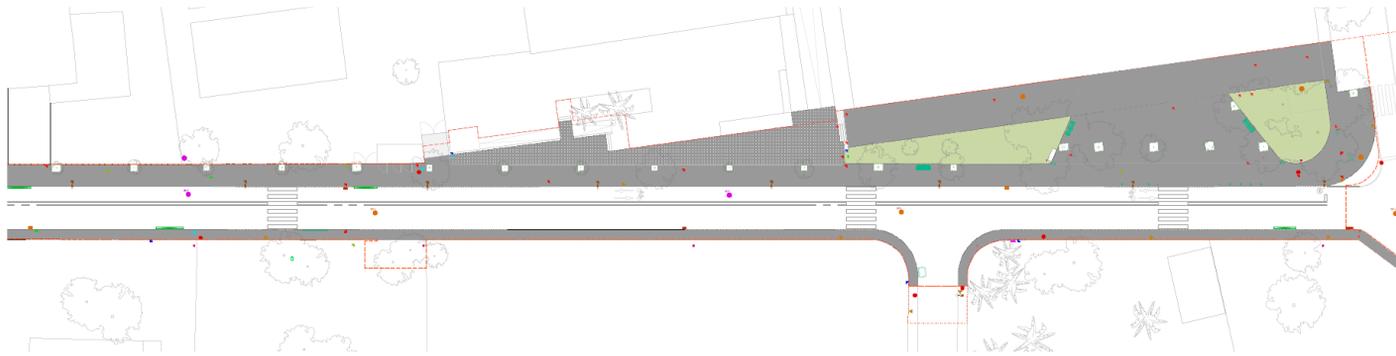


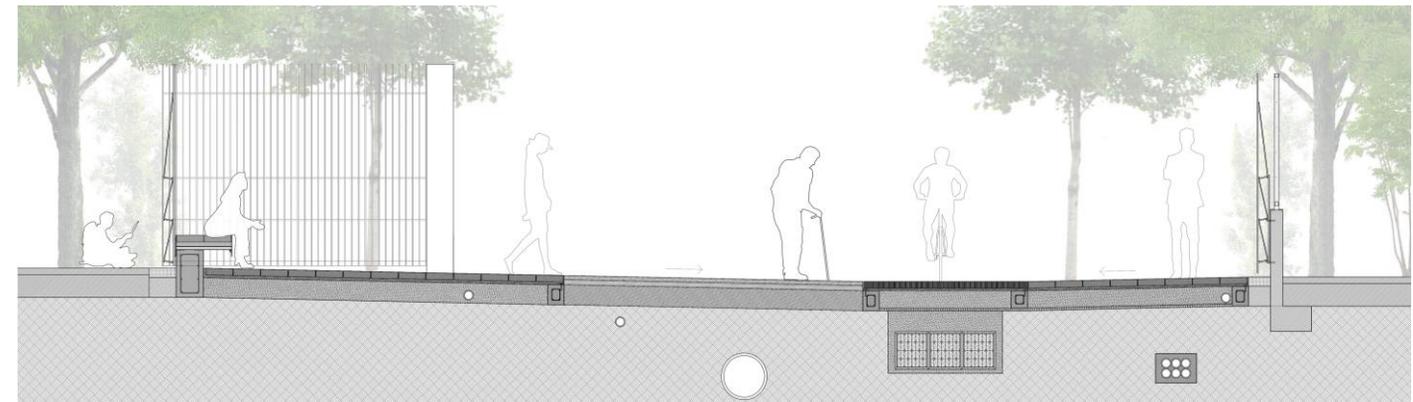
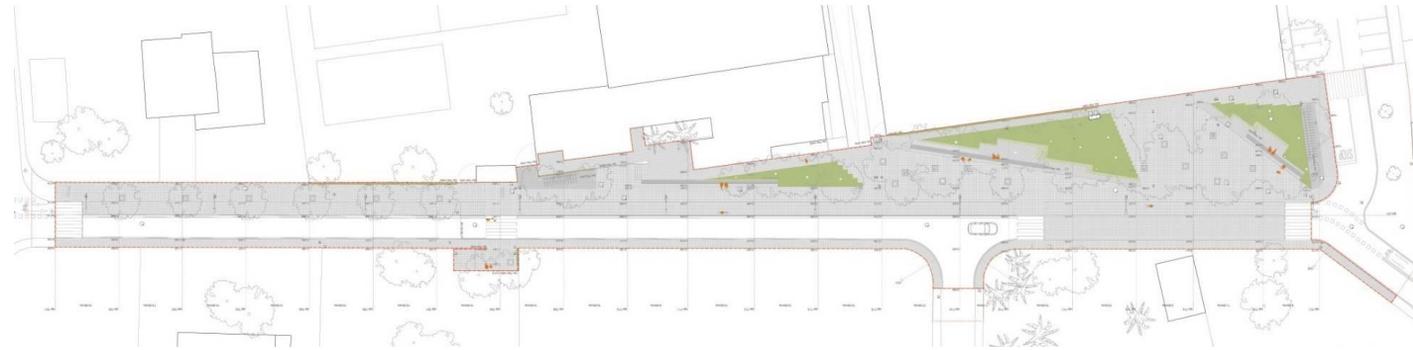
Arquitectos: **Enrique Fernandez-Vivancos** y **Eduardo de Miguel**

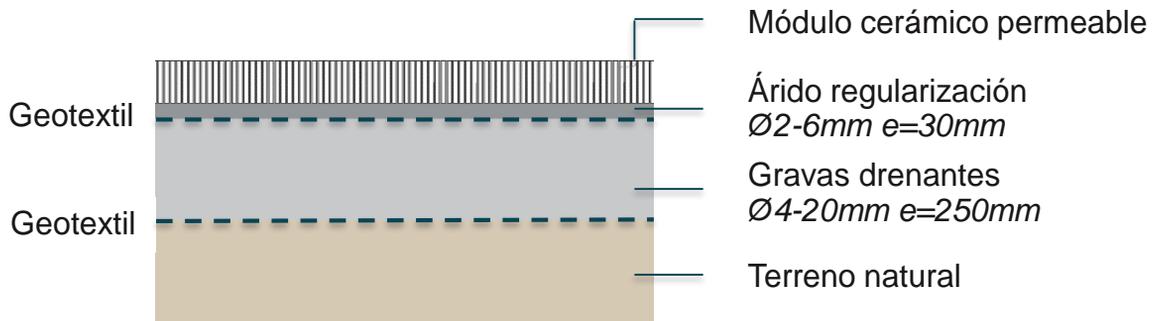
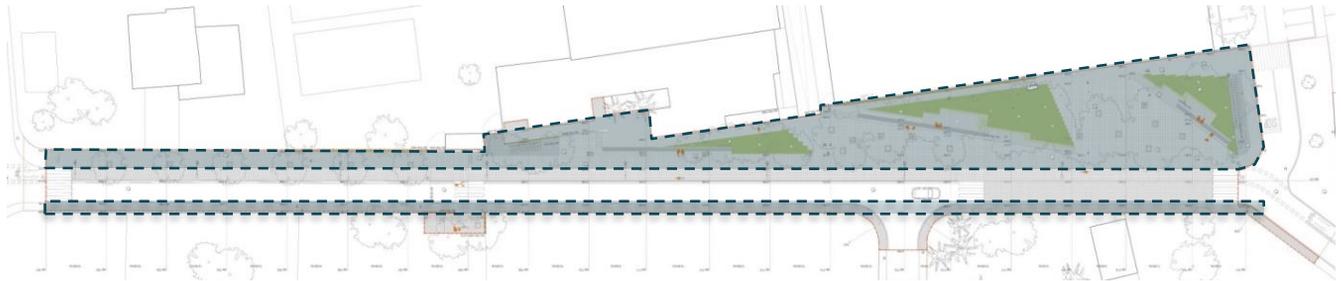
Ingeniería hidráulica: **Sara Perales Monparler**. Green Blue Managment

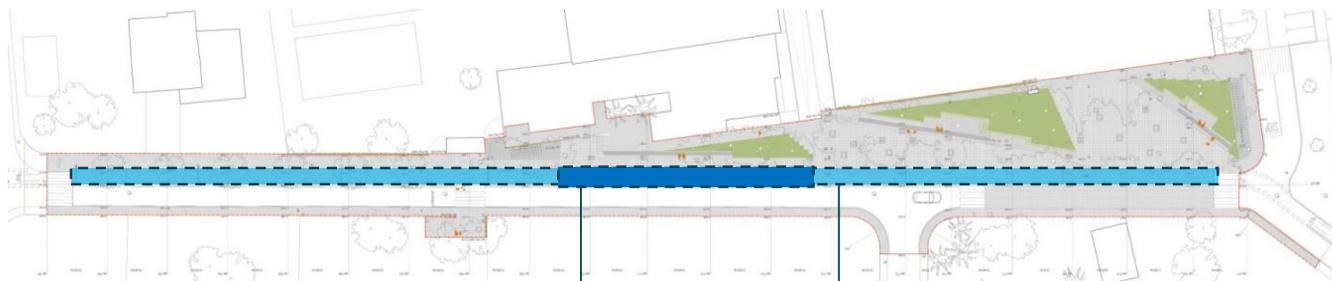




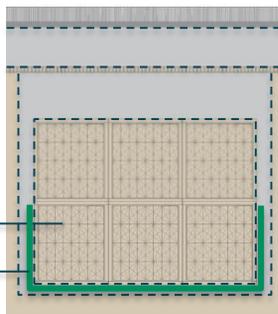






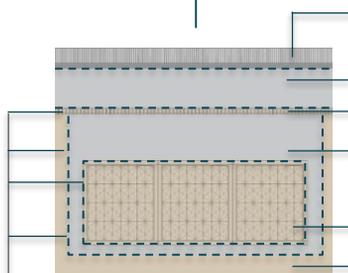


ALJIBE



2º nivel
Cajas

Impermeabilización



Geotextil

Módulo cerámico
permeable

Árido regularización

Celdas

Gravas drenantes

Cajas

Terreno

Proyecto demostrador. Funcionamiento hidráulico

SUPERFICIE DRENANTE

que recoge el agua de lluvia para su infiltración en el terreno.

Acera con Pavimento cerámico permeable

Gravas drenantes

Calzada bituminosa

SUPERFICIE DRENANTE Y CAPTACIÓN

que permiten la infiltración del agua al terreno, conduciendo el exceso a un canal formado por cajas de polipropileno situado bajo el carril bici.

Carril bici con pavimento cerámico permeable

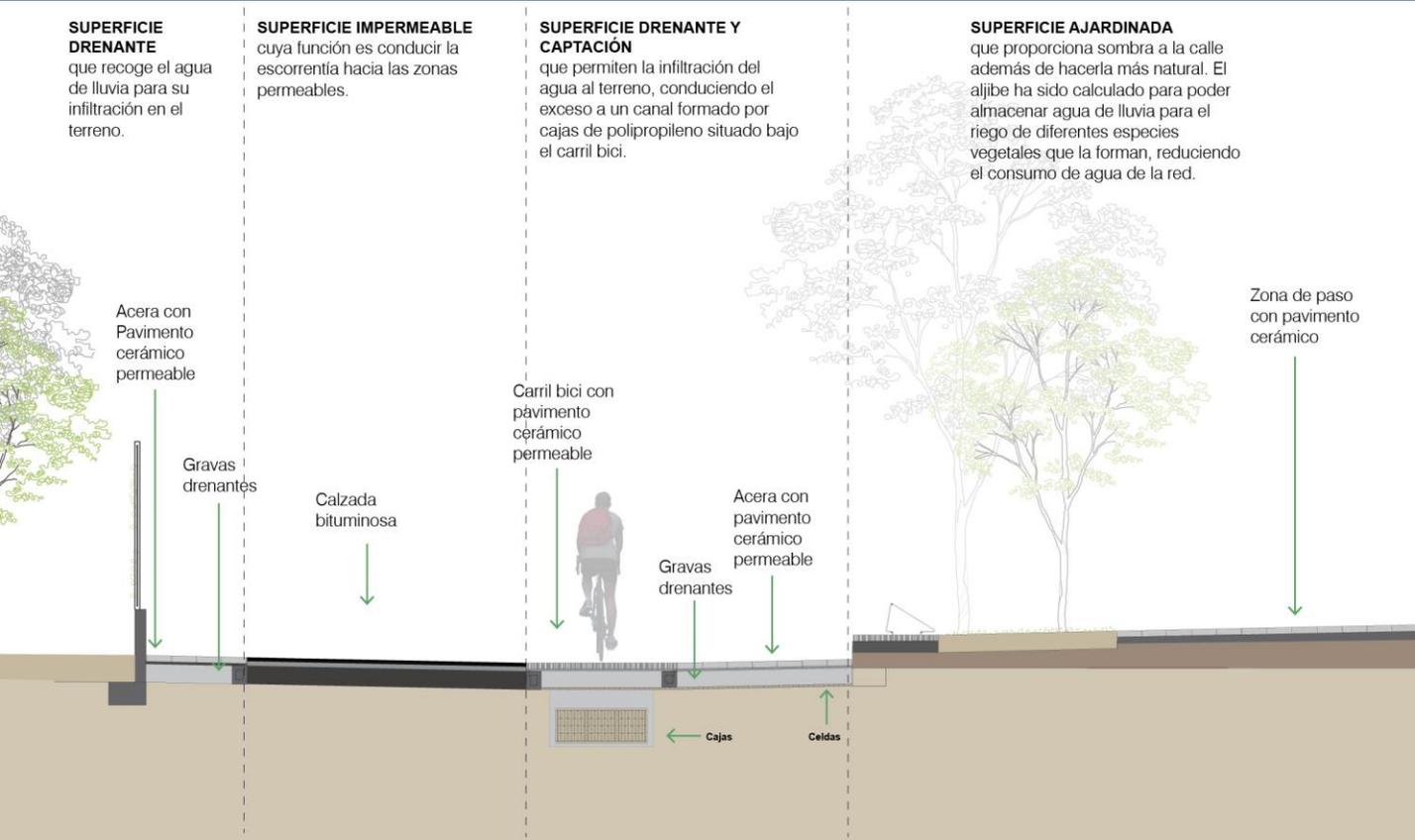
Gravas drenantes

Acera con pavimento cerámico permeable

SUPERFICIE AJARDINADA

que proporciona sombra a la calle además de hacerla más natural. El aljibe ha sido calculado para poder almacenar agua de lluvia para el riego de diferentes especies vegetales que la forman, reduciendo el consumo de agua de la red.

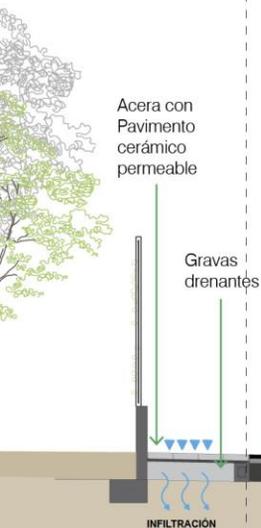
Zona de paso con pavimento cerámico



Proyecto demostrador. Funcionamiento hidráulico

SUPERFICIE DRENANTE

que recoge el agua de lluvia para su infiltración en el terreno.



SUPERFICIE IMPERMEABLE

cuya función es conducir la escorrentía hacia las zonas permeables.



SUPERFICIE DRENANTE Y CAPTACIÓN

que permiten la infiltración del agua al terreno, conduciendo el exceso a un canal formado por cajas de polipropileno situado bajo el carril bici.

Carril bici con pavimento cerámico permeable



Acera con pavimento cerámico permeable

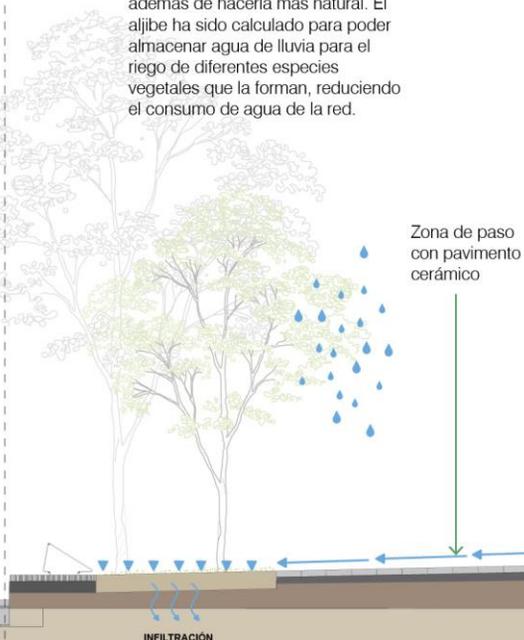
Gravas drenantes

INFILTRACIÓN

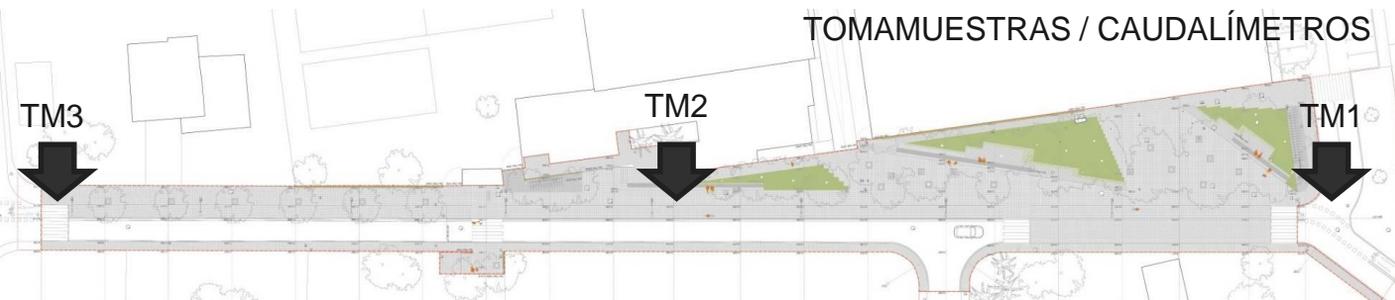
This diagram shows a cross-section of a sidewalk with permeable ceramic pavement and drainage gravel. Blue arrows indicate rainwater falling through the pavement and gravel into the ground, labeled as 'INFILTRACIÓN'.

SUPERFICIE AJARDINADA

que proporciona sombra a la calle además de hacerla más natural. El aljibe ha sido calculado para poder almacenar agua de lluvia para el riego de diferentes especies vegetales que la forman, reduciendo el consumo de agua de la red.



TOMAMUESTRAS / CAUDALÍMETROS

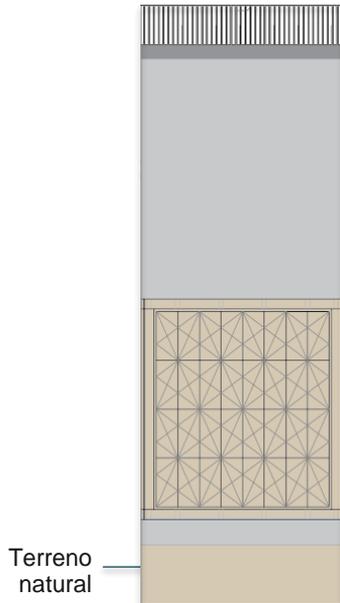


RECOGIDA DE MUESTRAS:

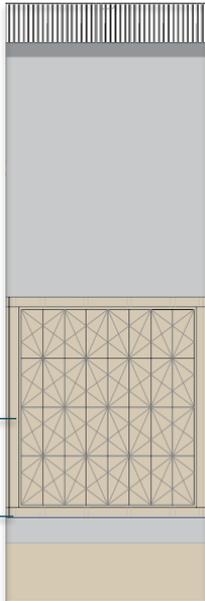
- 2 muestras por equipo (12 botellas por muestra)
- 3 equipos tomamuestras



SUB-BASES DEL SISTEMA



SUB-BASES DEL SISTEMA



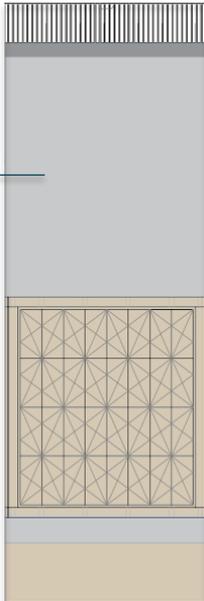
Cajas

Geotextil

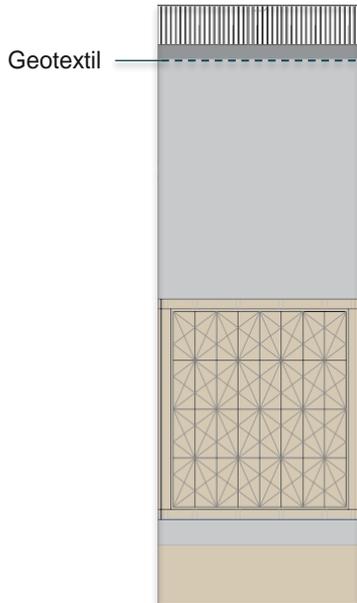


SUB-BASES DEL SISTEMA

Gravas
drenantes

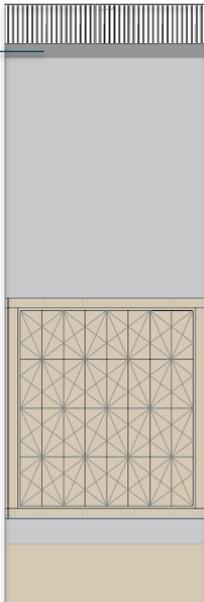


SUB-BASES DEL SISTEMA

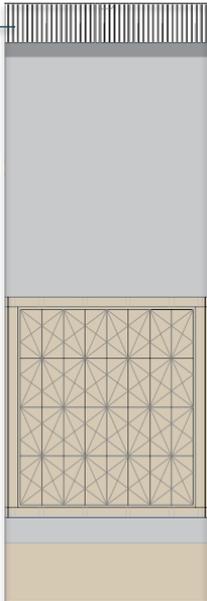


SUB-BASES DEL SISTEMA

Árido
regularización



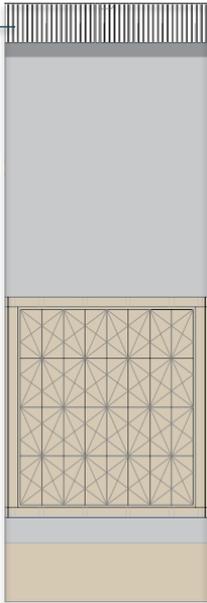
Módulo
cerámico



INSTALACIÓN DEL SISTEMA CERÁMICO



Módulo
cerámico



INSTALACIÓN DEL SISTEMA CERÁMICO





☀️ **Primer Premio SOM CERÁMICA 2018** al Uso de Producto Cerámico de la Diputación de Castellón.

☀️ **Mención de honor** en el Espacio de innovación de **Tektónica 2019**, Feria Internacional de Construcción y Obras Públicas de Portugal.

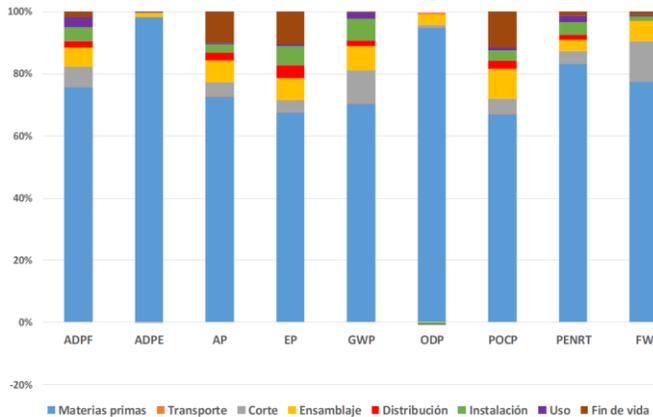
☀️ **Premio** al producto o material innovador en Future Arena de **Construmat 2019**, Salón Internacional de la Construcción.

RESULTADOS

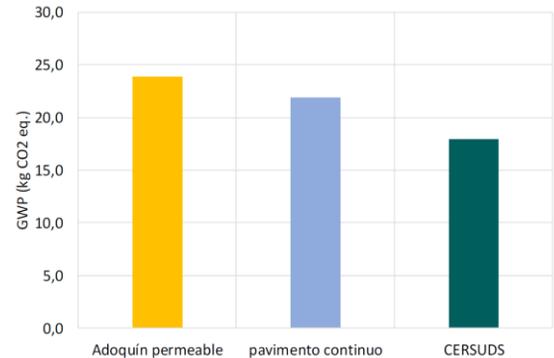
- Análisis del ciclo de vida
- Monitorización hidráulica
- Permeabilidad
- Material formativo
- Replicación
- Evaluación usuarios



Impactos ambientales asociados a las categorías de impacto del ciclo de vida de CERSUDS

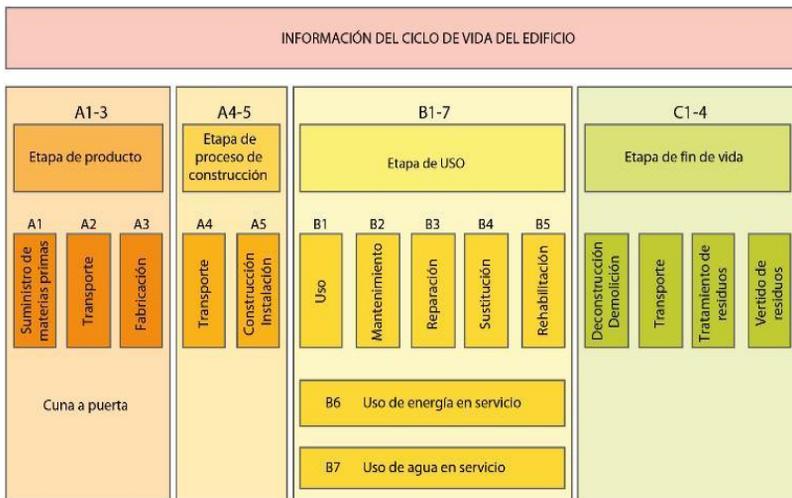


Comparativa con otros materiales Potencial de calentamiento global (GWP) Etapas A1-A3 (Fabricación)



Reducción del 18 al 25% CO₂ eq

Estudio comparativo de costes durante el ciclo de vida de referencia (40 años) entre dos sistemas urbanos de drenaje: Demostrador LIFECERSUDS y un sistema de drenaje convencional.

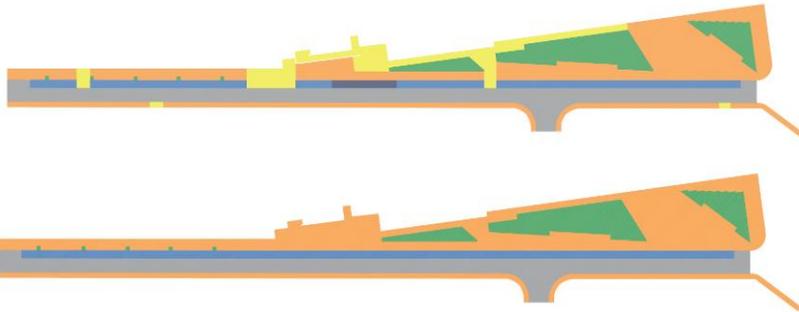


Indicadores económicos	Unidades
Fabricación (A1-A3)	€ / m ²
Transporte (A4)	€ / m ²
Construcción e instalación (A5)	€ / m ²
Mantenimiento (B2)	€ / m ²
Sustitución (B4)	€ / m ²
Uso de agua en servicio (B6)	€ / m ²
Tratamiento escorrentía (B8)	€ / m ²
Fin de vida (C1-C4)	€ / m ²

Normas de Sostenibilidad en la Construcción
(UNE EN 15978:2012 Y 15804:2012)



Unidad Funcional: 1 m²

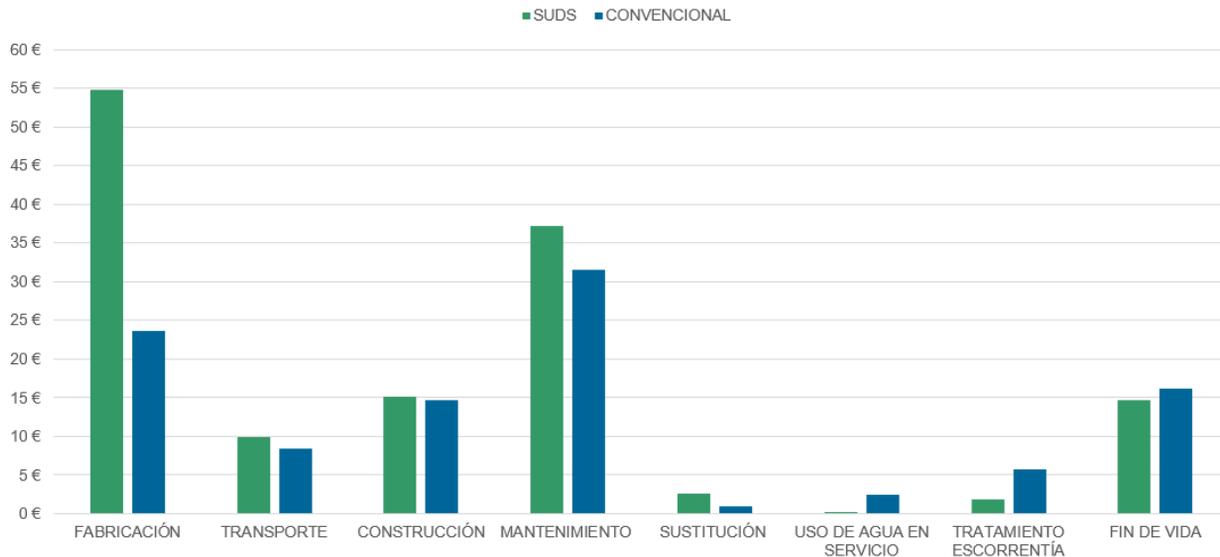


Demostrador LIFECERSUDS

Sistema de drenaje convencional

	Zonificación	LIFE CERSUDS	Convencional
	Z1 – Zonas verdes	407,60	407,60
	Z2 – Áreas peatonales	1.268,90	1.615,20
	Z3 – Área peatonal vehículos puntuales	346,33	-
	Z4 – Carril bici	304,54	338,95
	Z5 – Aljibe	34,41	-
	Z6 – Calzada	812,50	812,50
	TOTAL	3.174	3.174

Coste total m2 demostrador (40 años)



Precios pavimentos:

- Adoquines CERSUDS: 44,80 €/m²
- Baldosa hormigón: 10,58 €/m²

**COSTES
TOTALES**
(40 años)

SUDS
136 €/m²

CONVENCIONAL
103 €/m²



RESUMEN DE EVENTOS DE PRECIPITACIÓN REGISTRADA (septiembre 2018 – agosto 2019)

Fecha	P (mm) 24 horas	V (l) Zona demostrador	V (l) Caudalímetro (TM3)	Reducción
15/09/2018	8.2	27060	0	100%
18/09/2018	22.2	73260	16415	78%
26/09/2018	1.2	3960	0	100%
14/10/2018	17.4	57420	0	100%
18/10/2018	48.8	161040	119359	26%
19/10/2018	38.4	126720	8580	93%
27/10/2018	11.6	38280	0	100%
30/10/2018	7.4	24420	0	100%
31/10/2018	11.8	38940	0	100%
09/11/2018	13.4	44220	0	100%
16/11/2018	21	69300	0	100%
17/11/2018	6	19800	0	100%
18/11/2018	22.2	73260	3889	95%
19/11/2018	14.4	47520	982	98%
23/11/2018	2	6600	0	100%
13/12/2018	3.8	12540	0	100%

28 días con precipitación > 1 mm en 24 h
 Precipitación total acumulada en el período: **322.4 mm**
 Máximo registro: **48.8 mm** (18/10/2018)

Fecha	P (mm) 24 horas	V (l) Zona demostrador	V (l) Caudalímetro (TM3)	Reducción
19/03/2019	5	16500	0	100%
31/03/2019	5.4	17820	0	100%
02/04/2019	3.6	11880	0	100%
08/04/2019	1.4	4620	0	100%
18/04/2019	28.6	94380	0	100%
22/04/2019	2.2	7260	0	100%
03/05/2019	1.6	5280	0	100%
21/05/2019	1.8	5940	0	100%
24/05/2019	8.6	28380	0	100%
07/07/2019	4.6	15180	0	100%
08/07/2019	6.2	20460	0	100%
14/07/2019	3.6	11880	0	100%

CALIDAD DEL AGUA. CONCLUSIONES PRELIMINARES

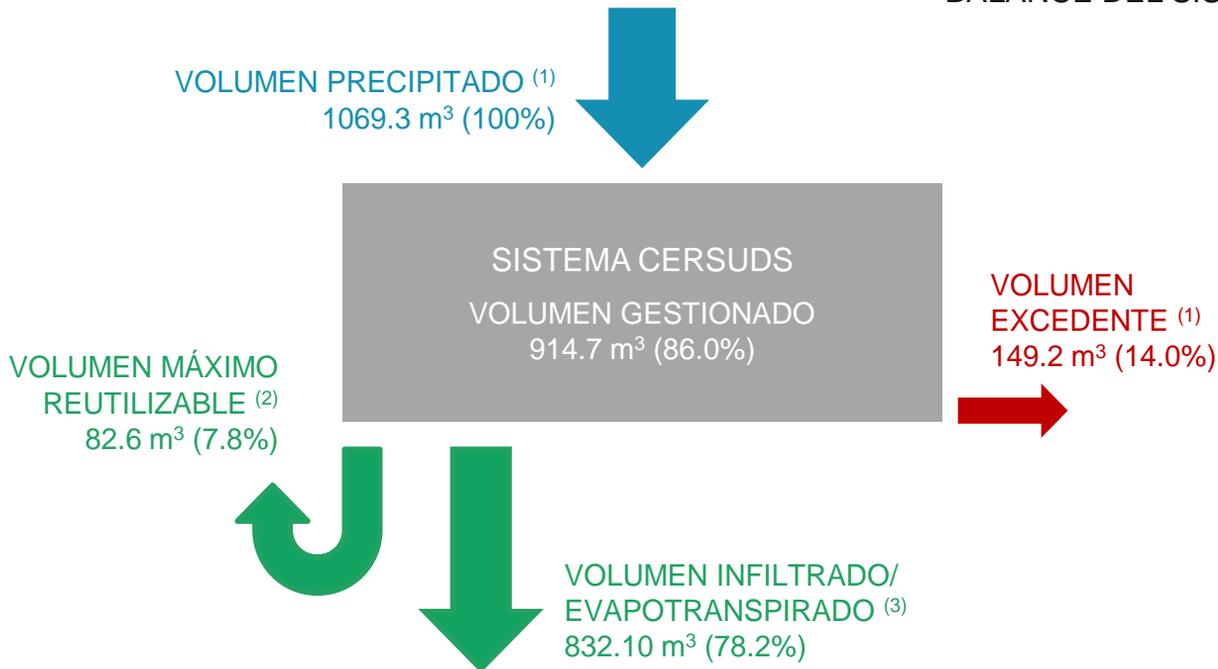
Reducción de sales >80%

Filtrado de materia orgánica 100 %

Reducción UFC de 2 a 5 ordenes de magnitud

- El **bajo número de muestras** que ha sido posible caracterizar hace que estas conclusiones sean todavía provisionales
- Con los datos disponibles puede afirmarse que el comportamiento del sistema en la eliminación de contaminantes es **satisfactorio**.
- Se va a continuar con la campaña de caracterización durante el mes de septiembre y más allá de la finalización del proyecto para intentar conseguir **más resultados** que confirmen este comportamiento.

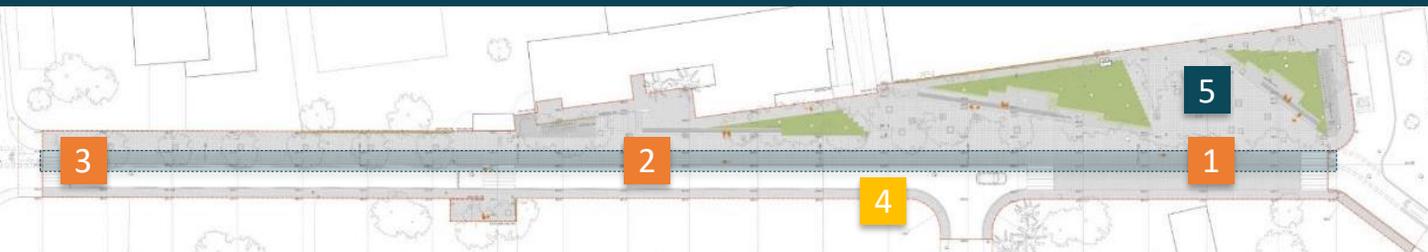
BALANCE DEL SISTEMA



(1) Componente del balance medida (monitorización)

(2) Según estudio de demanda de riego y capacidad del aljibe

(3) Componente deducida del cierre del balance

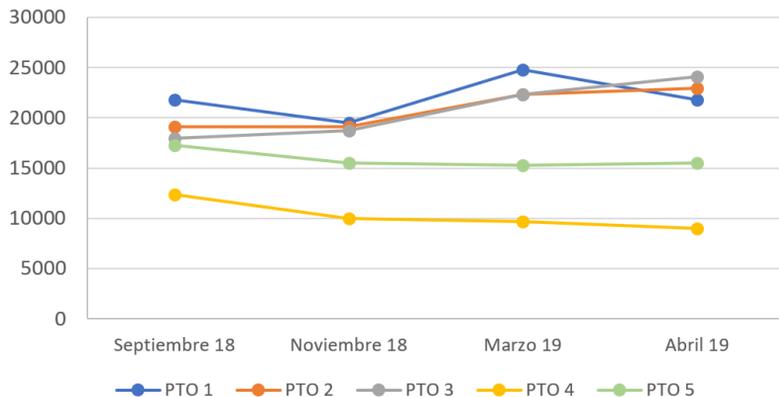


Permeabilidad **mínima** > 2500mm/h

Permeabilidad **recomendada** >5.000 mm/h

Valores permeabilidad > **10.000 mm/h**

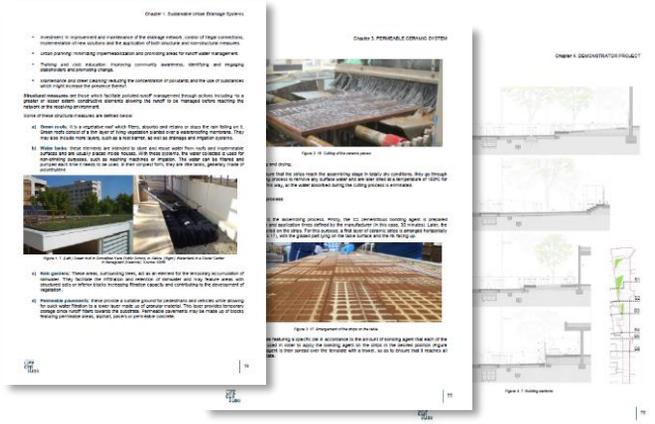
Permeabilidad ASTM (mm/h)



SISTEMA CERÁMICO PERMEABLE
COMO SOLUCIÓN DE DRENAJE
URBANO SOSTENIBLE:

Principios, diseño y puesta en obra

Proyecto demostrador en Benicàssim
(Castelló)

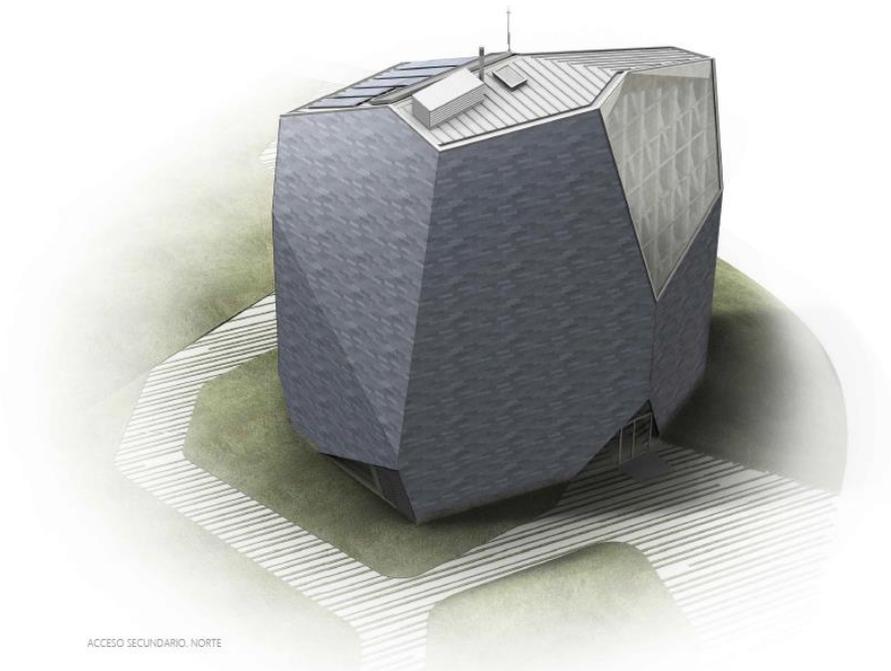


Disponible en:
www.lifecersuds.eu

Español
Inglés
Portugués
Italiano



Parco Centrale
Fiorano Modenese, Italia



ACCESO SECUNDARIO. NORTE

Life Lugo + Biodinámico Lugo





Valora del 1 al 5 (escala Likert para medir la satisfacción) la **satisfacción del pavimento permeable LIFECERSUDS**, de cada una de estas características:

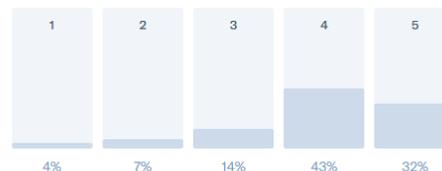
(siendo 1 = muy insatisfecho; 2 = insatisfecho; 3 = neutral; 4= satisfecho; 5= muy satisfecho)

.al 4b

Seguridad al andar (suelo mojado o ausencia de charcos)

Promedio 3.9

100 de 100 personas respondieron a esta pregunta

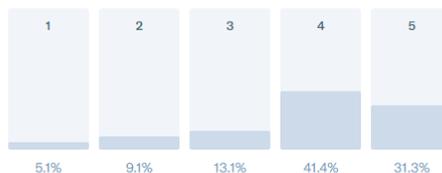


.al 4c

Permeabilidad (ausencia de agua y charcos durante el periodo de lluvia)

Promedio 3.8

99 de 100 personas respondieron a esta pregunta



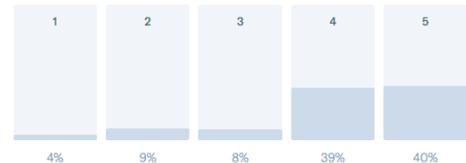


Valora del 1 al 5 (escala Likert para medir la satisfacción) la **satisfacción del pavimento permeable LIFECERSUDS**, de cada una de estas características:

(siendo 1 = muy insatisfecho; 2 = insatisfecho; 3 = neutral; 4= satisfecho; 5= muy satisfecho)

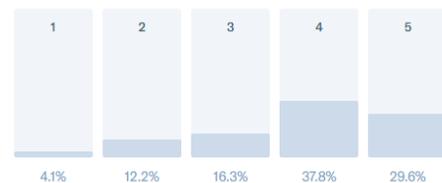
9 ¿Cree que LIFECERSUDS un producto útil para las ciudades? Promedio 4
Valore del 1 al 5

100 de 100 personas respondieron a esta pregunta



4d Aspecto estético Promedio 3.8

98 de 100 personas respondieron a esta pregunta





Gracias

🌐 www.lifecersuds.eu
@ javier.mira@itc.uji.es



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

