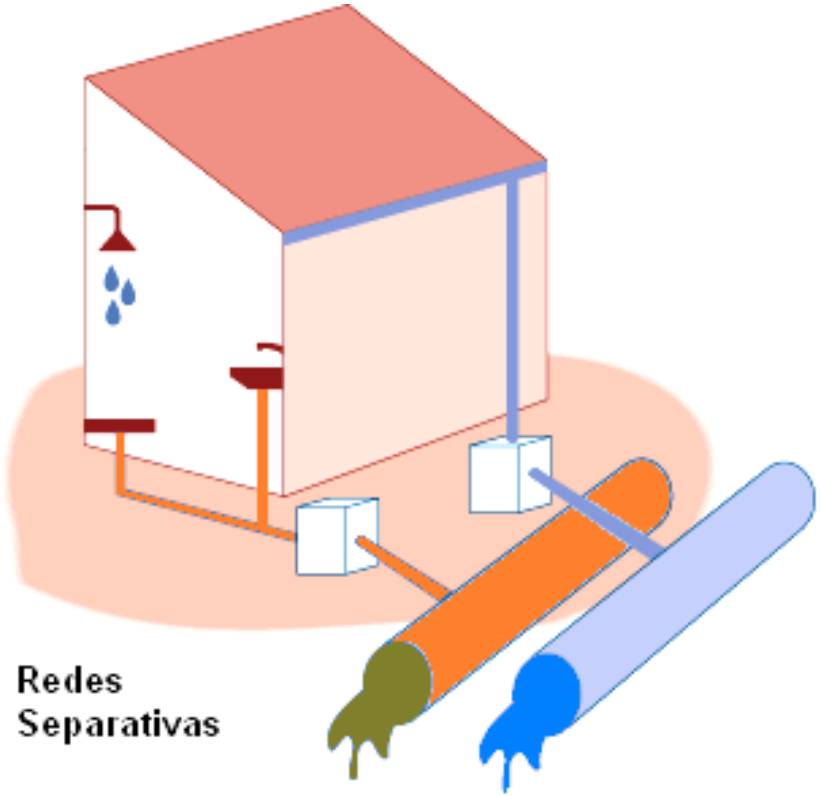
Hacia el “Drenaje Urbano Sostenible”

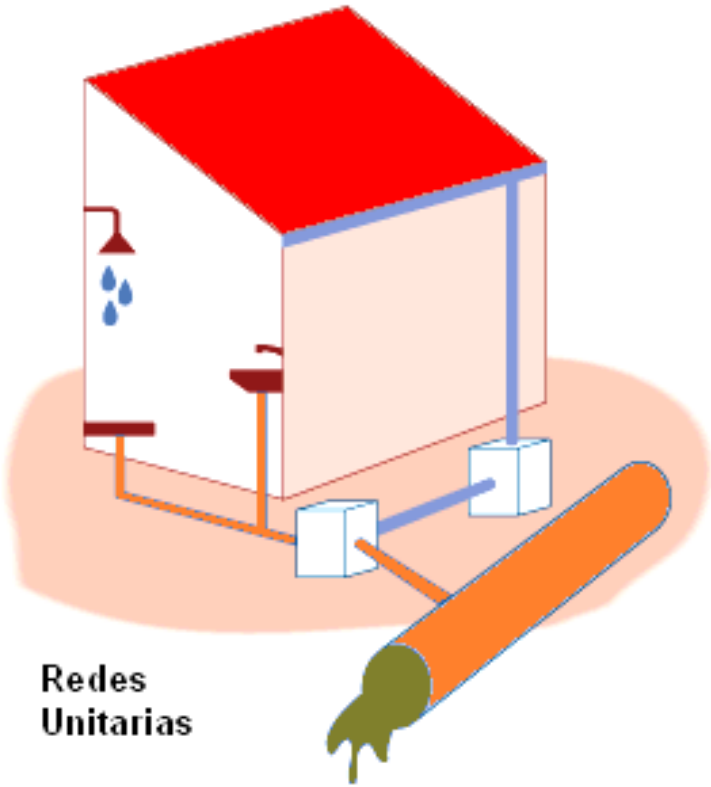
Octubre 2010

Juan Garcia Ganuza NILSA

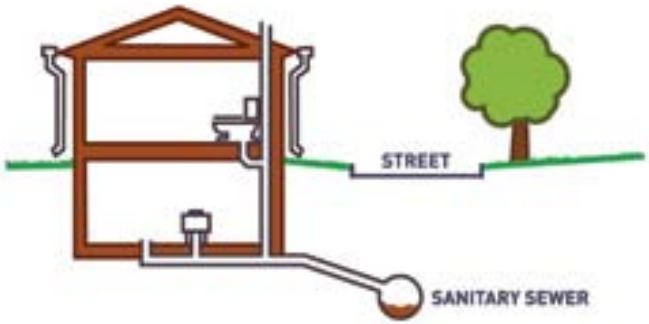
Tipos de redes Urbanas Convencionales

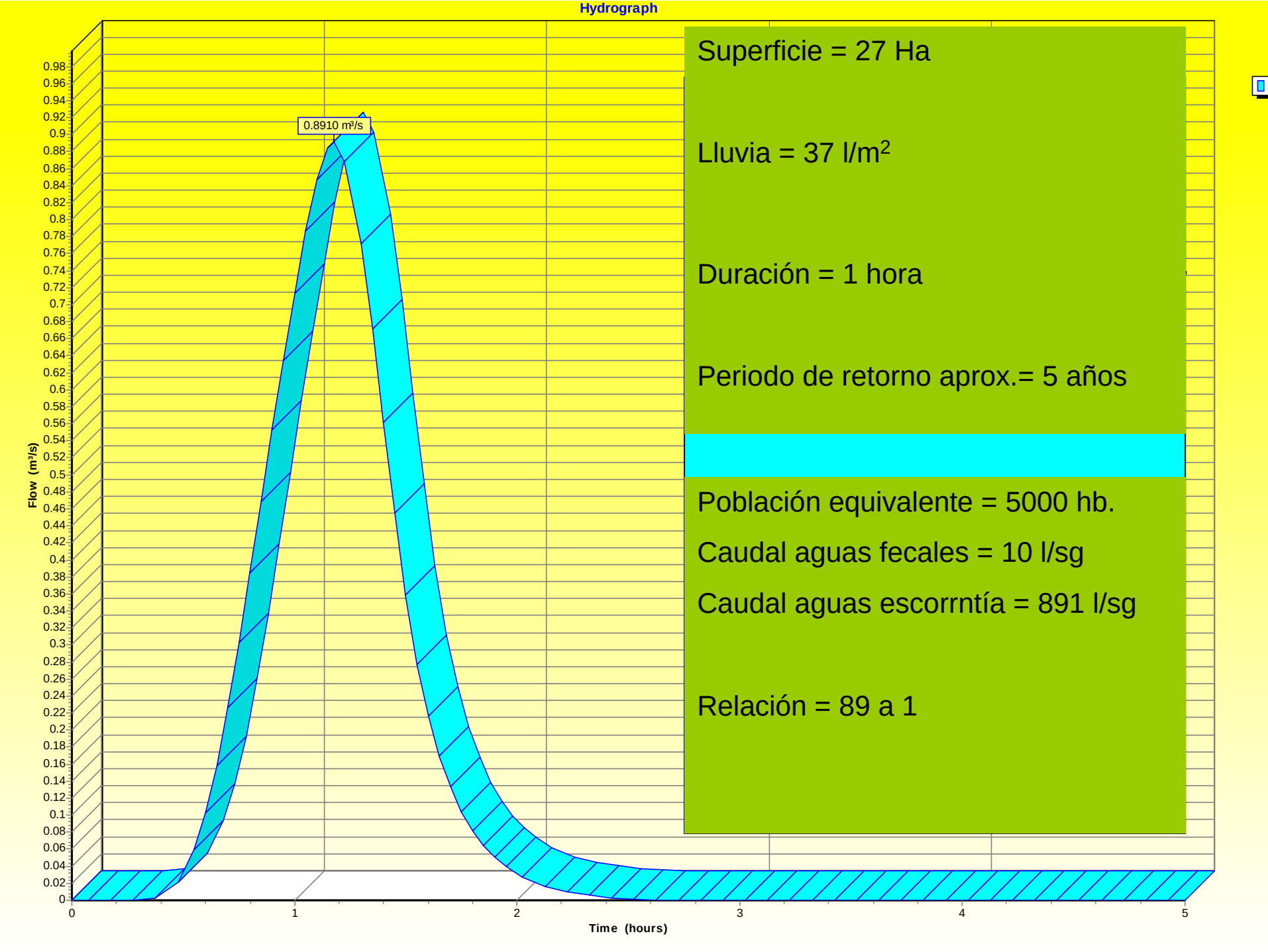


Redes Separativas

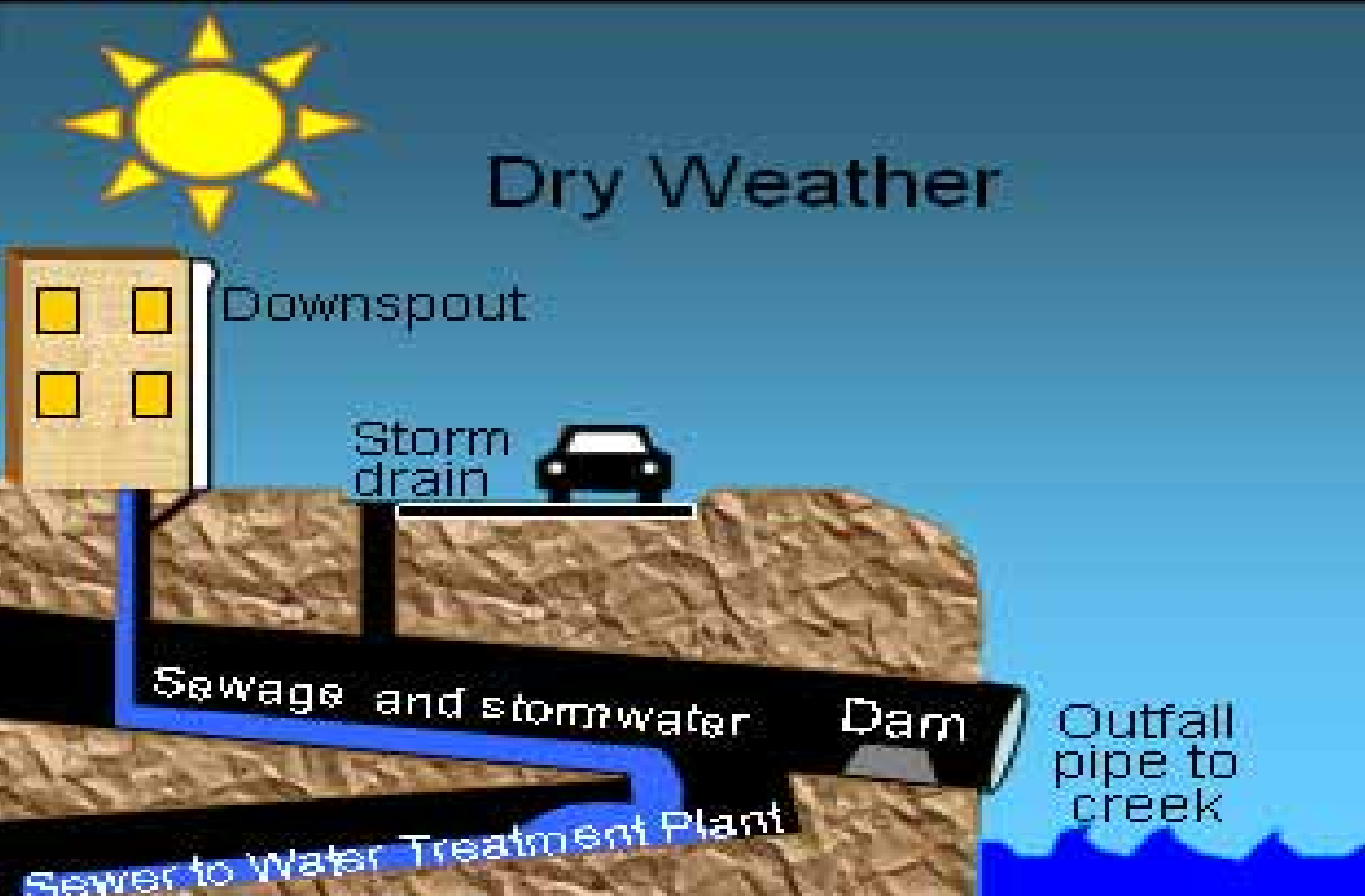


Redes Unitarias




Hydrograph
0.8910 m³/s
Flow (m³/s)
Time (hours)
0
1
2
3
4
5
Superficie = 27 Ha
Lluvia = 37 l/m²
Duración = 1 hora
Periodo de retorno aprox.= 5 años
Población equivalente = 5000 hb.
Caudal aguas fecales = 10 l/sg
Caudal aguas escorrntía = 891 l/sg
Relación = 89 a 1

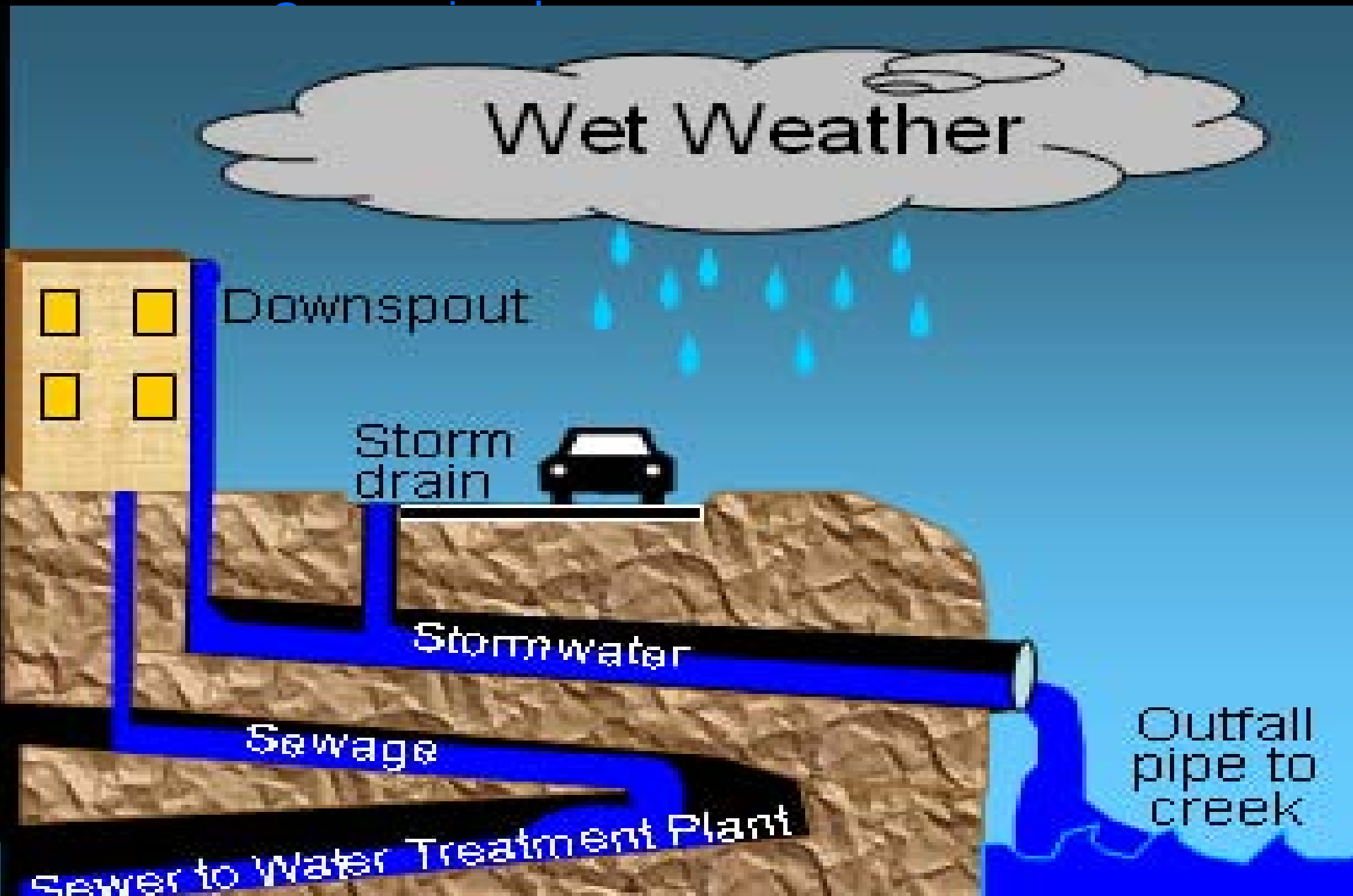
Tipos de redes Urbanas



Tipos de redes Urbanas

Tipos de redes Urbanas

Tipos de redes Urbanas



Impactos ambientales:

Redes Unitarias

- Contaminación de las aguas y fondos de los ríos por alivios

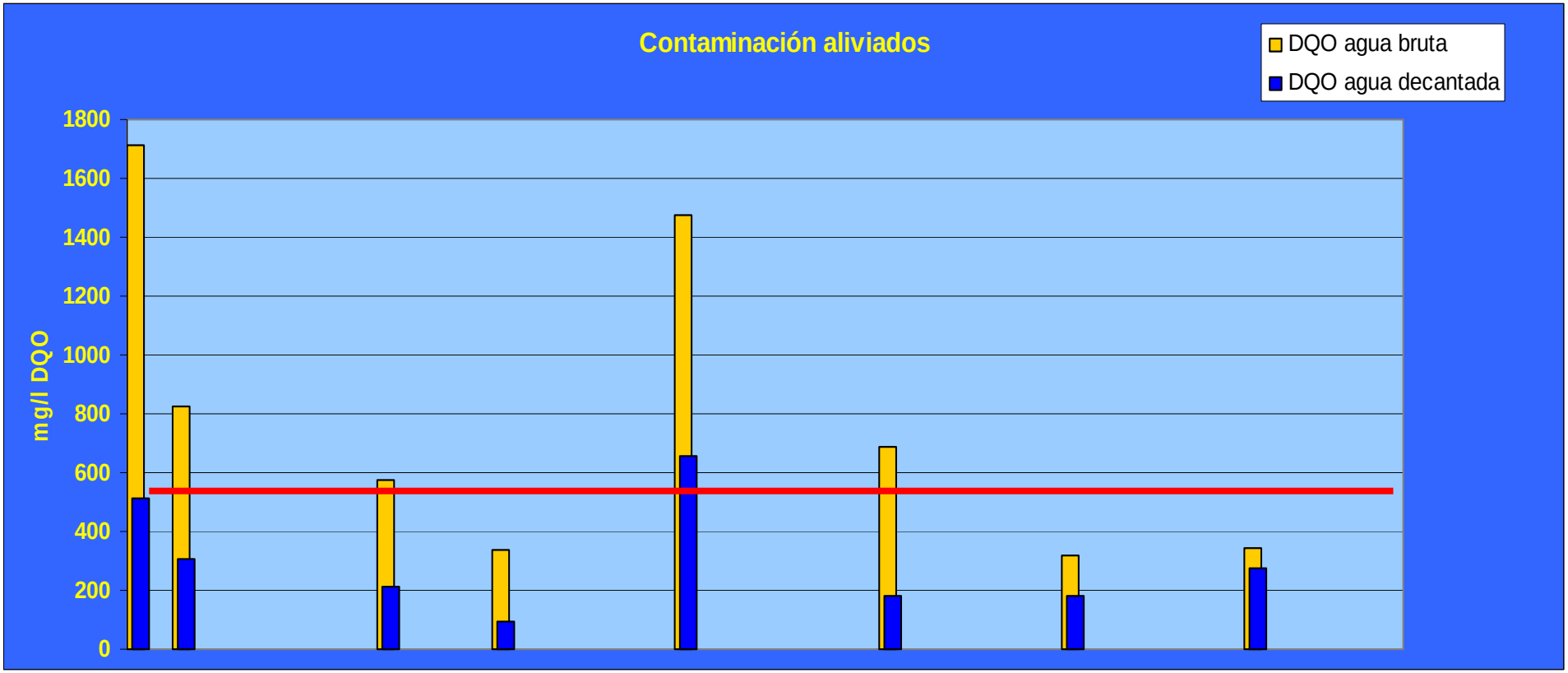
Redes pluviales

- Contaminación
- Inundaciones en zonas bajas
- Erosión de los cauces y arrastre de sólidos -
- Depósitos en fondo de los ríos
- Calentamiento del agua

Impacto común

- Reducción de la alimentación de capa freática

Environmental Law Clinic
UNIVERSITY OF VICTORIA


Contaminación aliviados
DQO agua bruta
DQO agua decantada
mg/l DQO
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0

Aliviadero de red unitaria 1

Aliviadero de red unitaria 2

The harmful effects of runoff pollution

Santa Margarita Water District

Many day-to-day activities can cause urban runoff pollution. By making small changes in the way we live, we can reduce the pollution we produce.

Never pour harmful liquids such as oil, paint or antifreeze in the street, gutter or storm drain. It's very easy to dispose of these materials legally. Just call (714) 834-4000 for details.

Avoid using pesticides, herbicides or fertilizers if rain or high winds are expected. Do not over-water your yard following the application of any of these chemicals.

Use a broom to sweep your driveway and dispose of debris in the trash. If you hose off your driveway you can wash contaminants into storm drains.

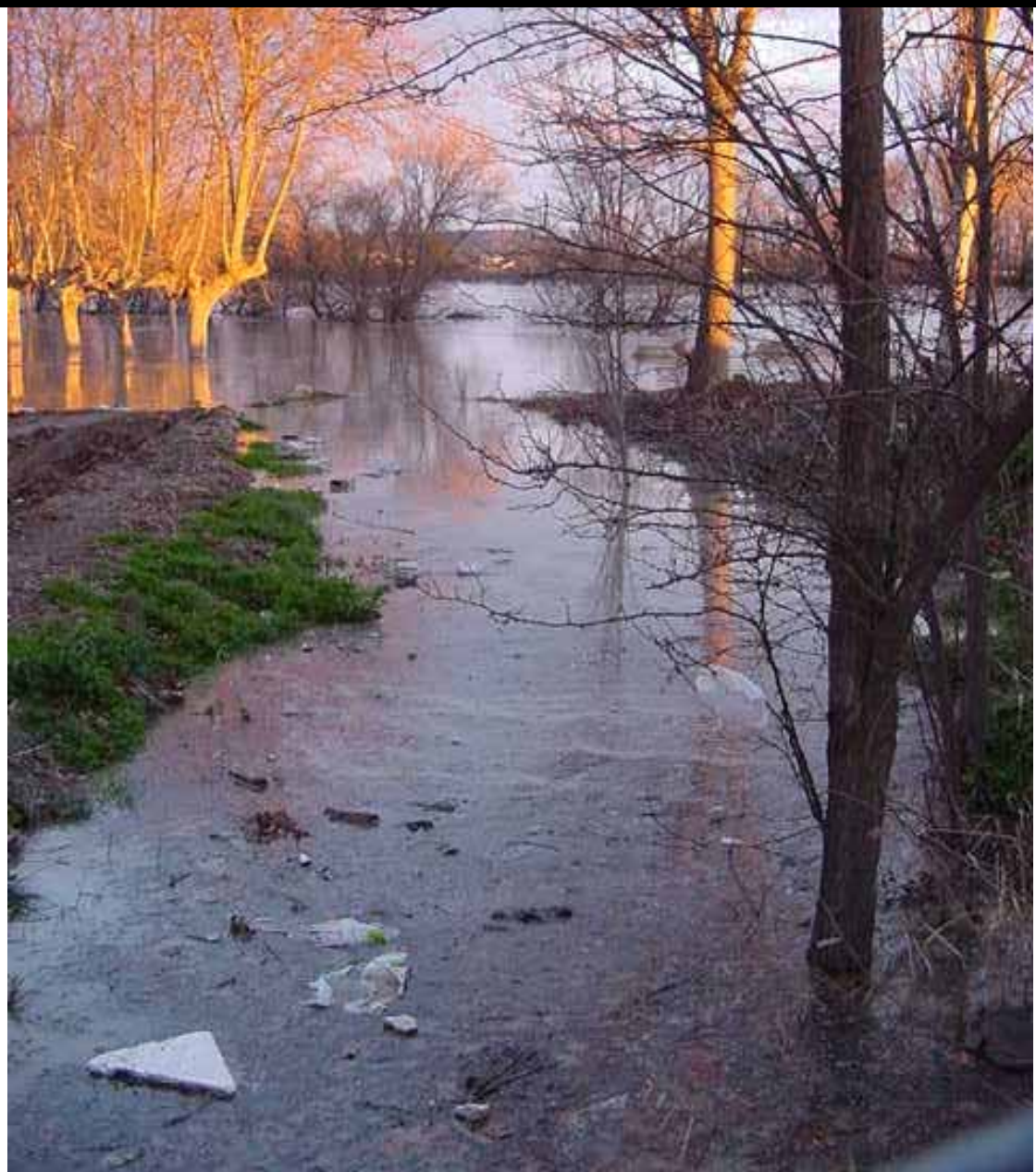
Adjust your sprinklers so they don't overspray onto paved surfaces. This will eliminate excess runoff and conserve water.

Clean up pet waste and place it in the trash. Pet waste is one of the biggest contributors of harmful bacteria in runoff pollution.

Be sure to place trash and litter into securely covered trash cans.

Don't wash your car in your driveway because soaps, road grime, brake dust and other contaminants will end up in the storm drain system. Instead, take it to a local car wash that filters and recycles water.

Inundación de zonas bajas a través de las redes



Sólidos en el agua

Arrastre de suelo

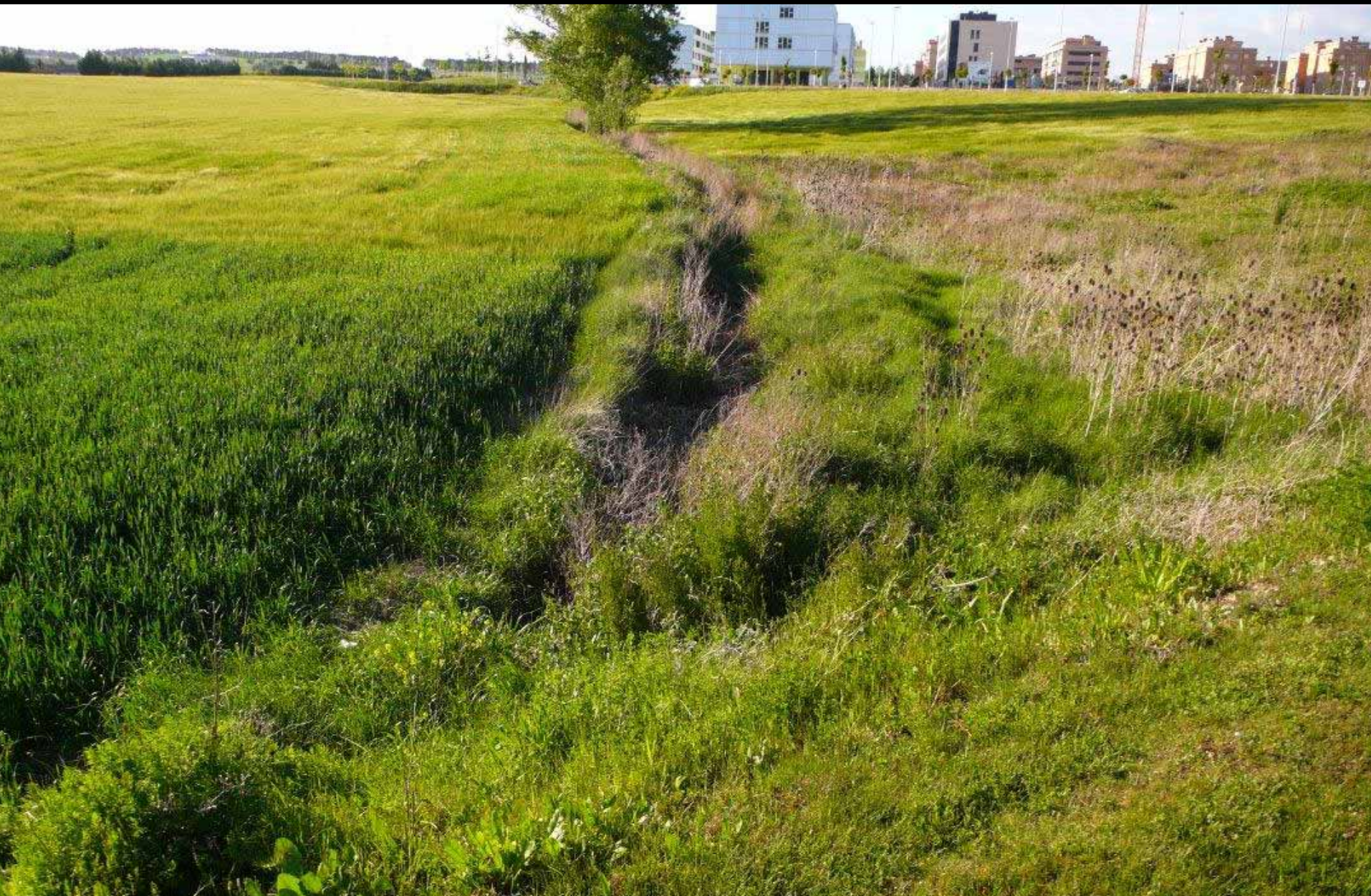
Turbidez del agua

Depósitos sobre el fondo

Erosión de los cauces por desagüe directo del agua de escorrentía

Erosión de los cauces por desagüe directo del agua de escorrentía

Aspecto de un cauce de escorrentía antes de urbanizar



Aspecto de un cauce de escorrentía durante la urbanización

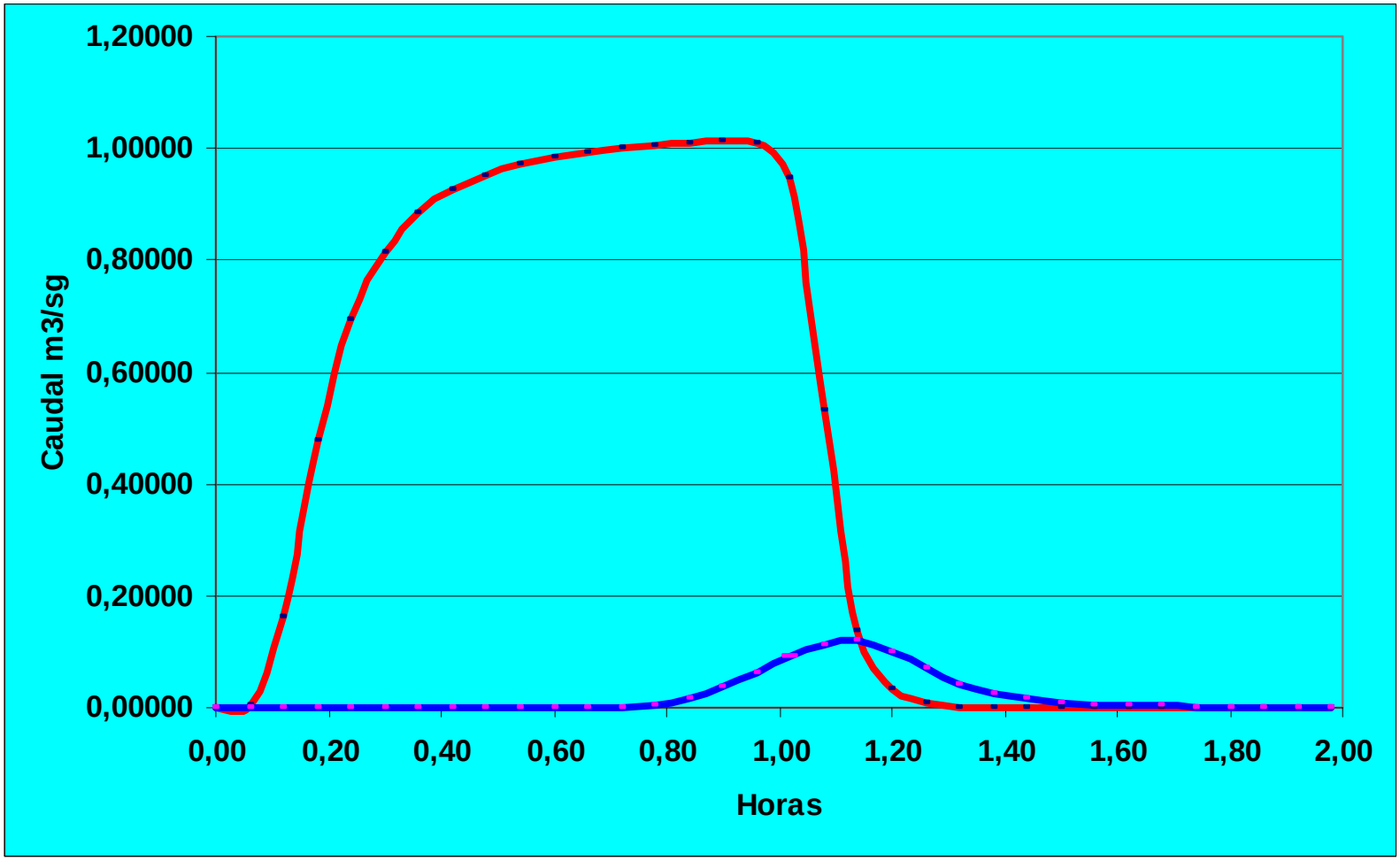
Aspecto de un cauce de escorrentía durante la urbanización

Ampliación del cauce tras la urbanización

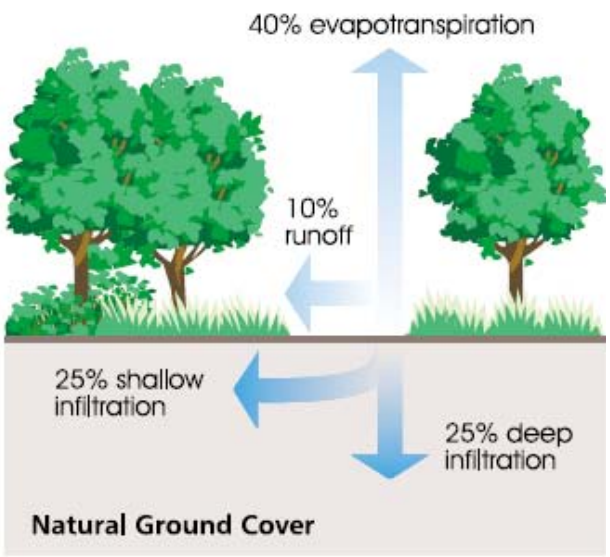
Aspecto del canal 2 años después
2010

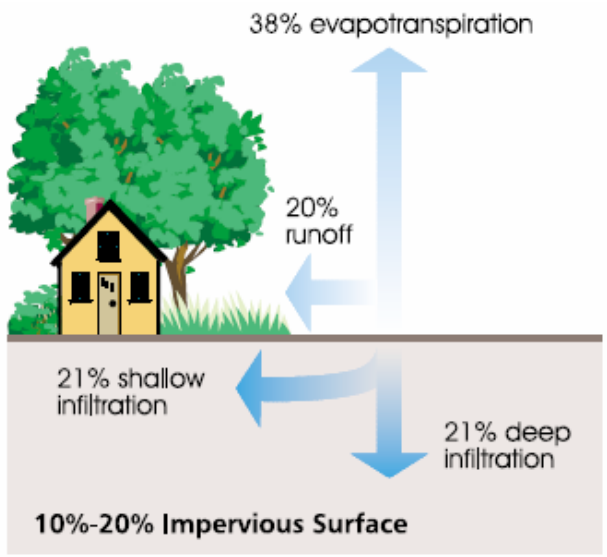
Comparación Hidrogramas

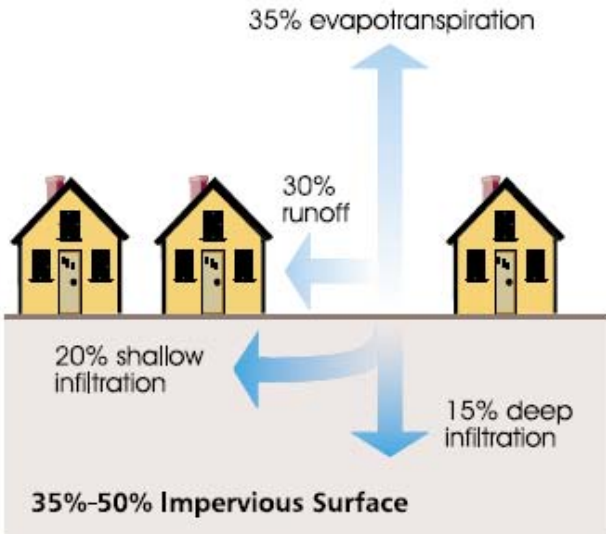
Superficie 10 Ha, 37 mm. de lluvia en 1 hora
Sin urbanizar Vs. Urbanización convencional

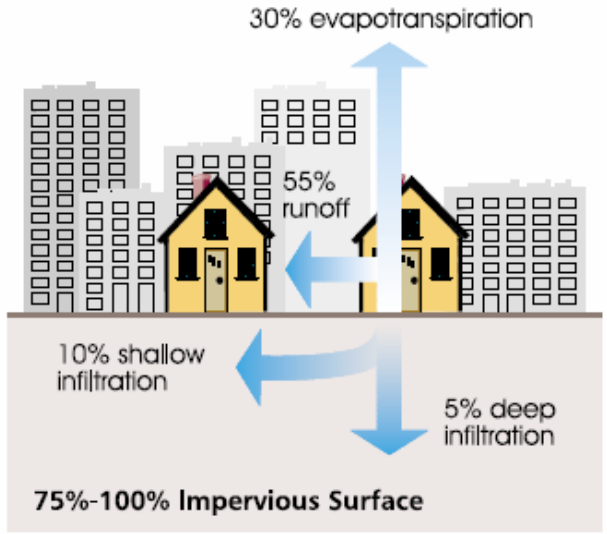


Reducción en la alimentación de la capa freática: Influencia del nivel de Urbanización









¿Hacia donde avanzar ?

- **Se puede recurrir a diversas acciones para tratar de minimizar el problema generado por el drenaje convencional:**

  – Limpieza exhaustiva de calles.
  – Redes unitarias con grandes tanques de tormenta.
  – Depuración de las aguas pluviales.
  – ¿Erosión de los cauces?
  – ¿Recarga de los acuíferos?
  – ¿Turbidez y Calentamiento del agua?

¿Hacia donde avanzar ?

- **La concepción puramente hidráulica del drenaje urbano ha demostrado sus limitaciones.**

- Otro camino:

  – Enfoque global de las cuencas urbanas.
    - Integración del ciclo del agua en el Urbanismo.
    - Desconexión de las aguas pluviales de la red de saneamiento.
    - Utilización de sistemas de drenaje alternativos.

Sistema de Drenaje Urbano Sostenible

- Los “Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible” son diseñados para minimizar el impacto potencial de las aguas de escorrentía de los antiguos y nuevos desarrollos urbanos.

- Pretenden corregir el problema en origen y tienen en común que tratan de imitar el comportamiento del agua de lluvia en el terreno natural antes de urbanizar.

- Son conocidos como:
  - SUDS
  - WSUD
  - LID
  - BMP´s

Beneficios del Drenaje Sostenible

- Disminuye la contaminación enviada a los ríos
- Minimiza las inundaciones al aumentar el tiempo de concentración
- Reduce los alivios de redes unitarias
- Ayuda a la recarga de las capas de agua subterránea
- Permite la reutilización del agua de lluvia
- Atenúa la sobrecarga de las redes de saneamiento
- Buena integración paisajística
- Ayuda a conocer el funcionamiento del drenaje y a mejorar los hábitos de la población
- Favorece las gestiones ambientales durante el planeamiento
- Rebaja los costes de construcción entre un 10 y un 60%
- Facilita nuevos desarrollos urbanísticos en cabecera de las redes antiguas

Medidas para evitar inundaciones en Zizur

El Ayuntamiento y la Mancomunidad prevén un aliviadero junto a la A-12 y nuevos colectores

DN
Pamplona

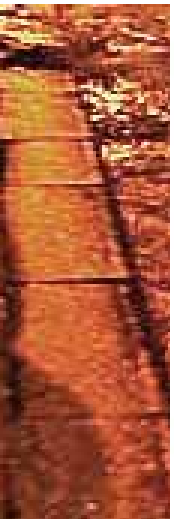
El Ayuntamiento de Zizur Mayor y la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona han concretado las medidas a adoptar para "tratar de reducir al máximo las inundaciones que con frecuencia se producen en algunas zonas del municipio", las últimas el pasado julio.

Ambas entidades han acordado acondicionar un aliviadero junto al puente nuevo sobre la autovía del Camino, la A-12, en su margen norte. Esta obra, según han informado Mancomunidad y ayuntamiento a los vecinos, se pondrá en marcha de manera inmediata para evitar el desbordamiento de la red de aguas de fecales en las calles Arberoki, Camino del Pozo y Etxesakan.

Por otro lado, se construirán colectores de gran diámetro en las calles Ronda de San Cristóbal, Astráin y Larraya y Parque de Erreniega. Con esta actuación se trata de evitar las inundaciones que se producen en la parte sureste de la denominada Urbanización de Zizur.

Actualmente se dispone de un estudio en el que quedan definidos los diámetros estimados de los colectores que deben construirse y se está redactando el proyecto construcción. Esperan que esté listo para finales de este año. Mancomunidad y ayuntamiento indican que "los trabajos necesarios implican la colocación de tuberías de gran diámetro, cuya instalación en la zona urbana conllevará importantes dificultades constructivas y un elevado coste económico, por lo que los trabajos previstos se desarrollarán durante los años 2011 y 2012".

Puente de Zizur, en la A-12, el pasado 21 de julio. NOEMÍ LARUMBE (ARCHIVO)



Mayor?

ima vez que llueva de manera
n intensa como la pasada ma-
rugada no se inunde la zona",
e sinceró el experto.

Esto es así por varios moti-
os. Ilarregi desgranó los más
nportantes. "El problema se
roduce por la escasa pendiente
diámetro de los colectores,
ue en la madrugada del martes
e vio agravado por el bombeo
ecesario para sacar el agua
mbalsada en el paso inferior de
a Autovía del Camino, lo que
rovocó que la red fuera insufi-
iente", detalló.

Para extraer el agua embalsa-
a bajo el anillo de Zizur Mayor

Elementos del Drenaje Sostenible

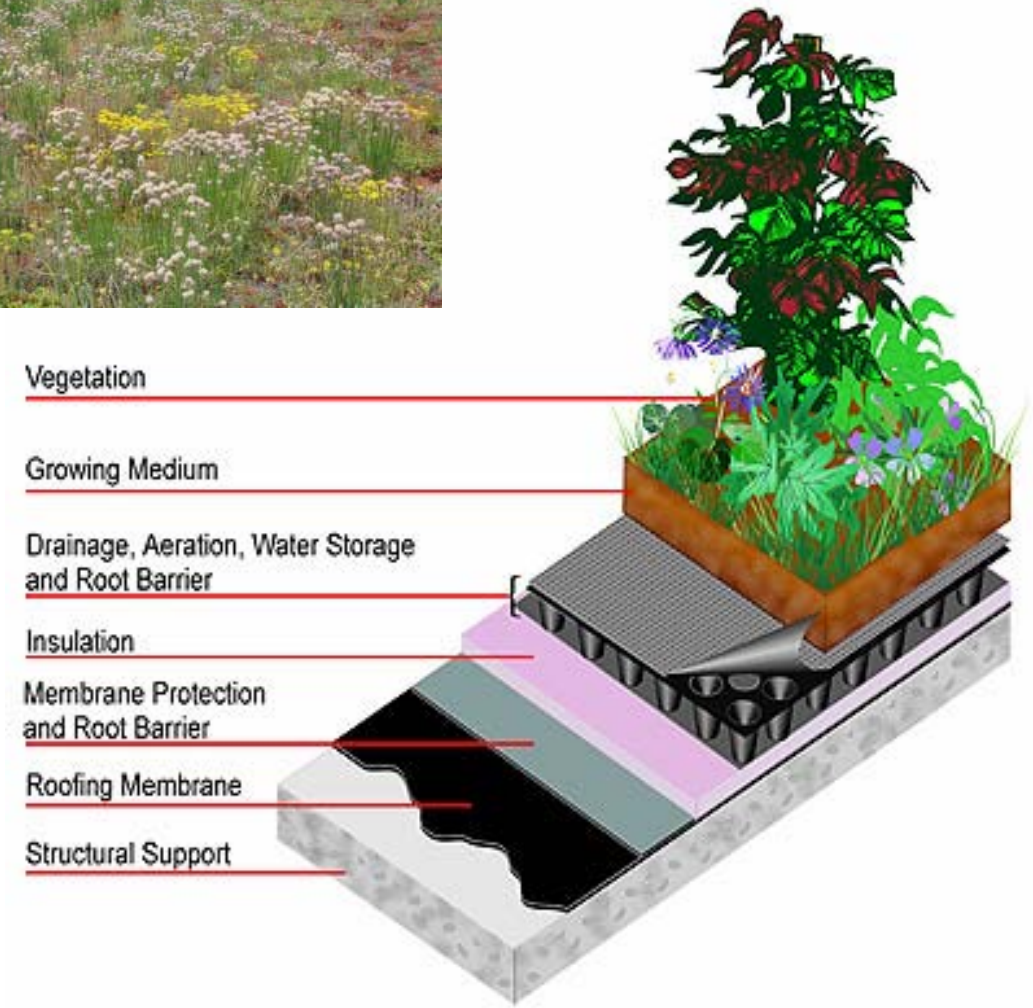
Elementos estructurales

Combinan medidas, principalmente en origen, para reducir el agua de escorrentia, minimizar inundaciones, evitar la erosión y reducir contaminantes.

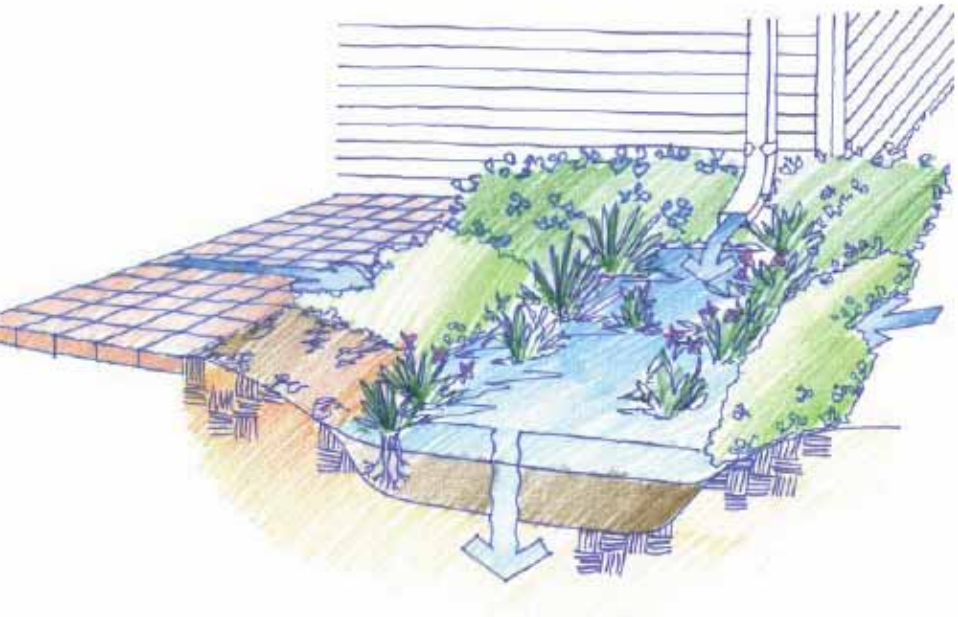
Elementos no estructurales

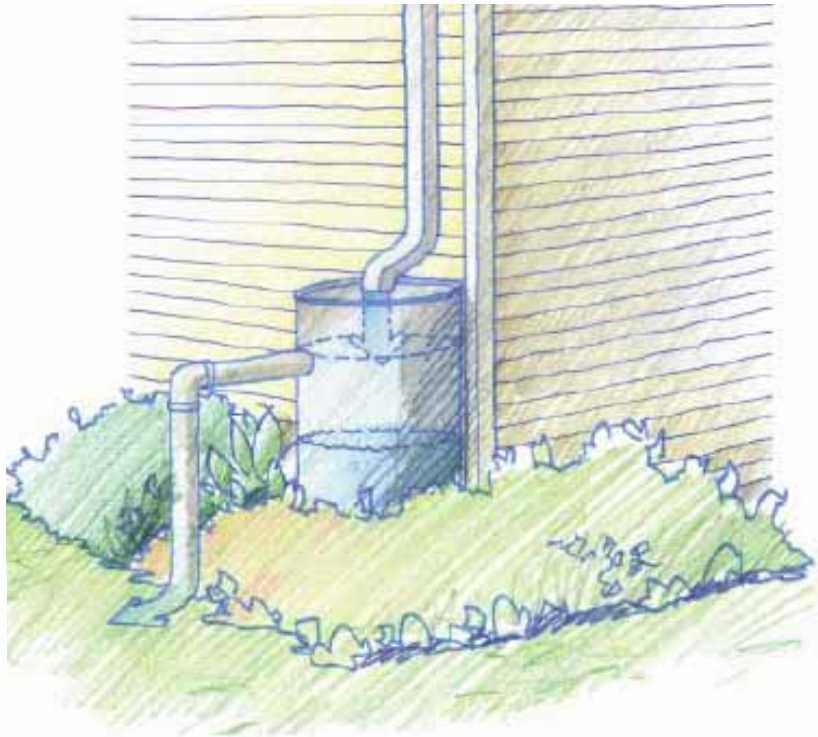
Incluyen una serie de medidas y normas dirigidas a reducir la dispersión de la contaminación.

Tejados vegetales

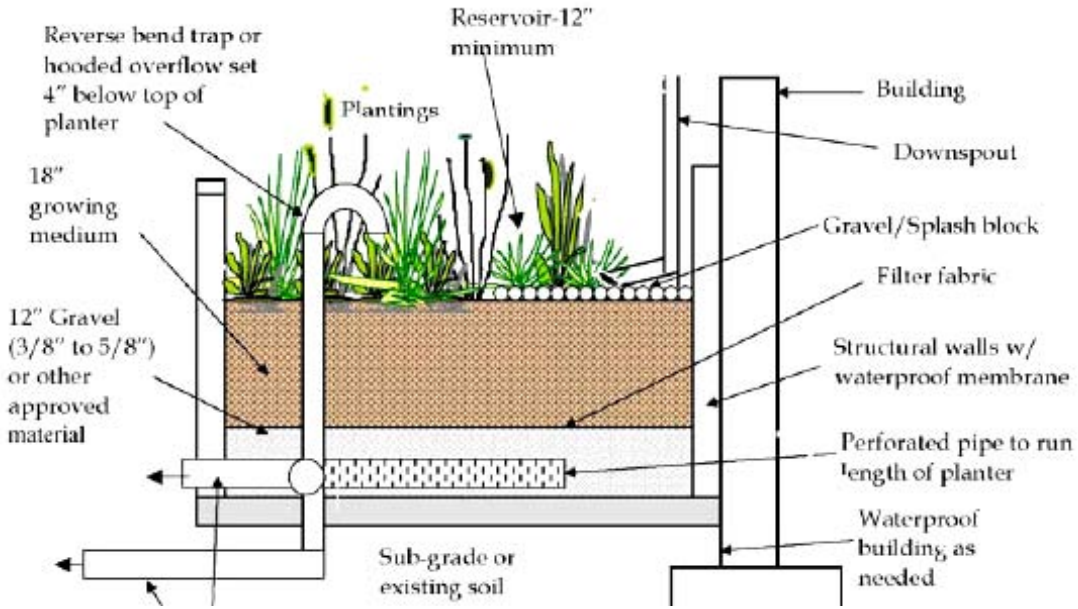


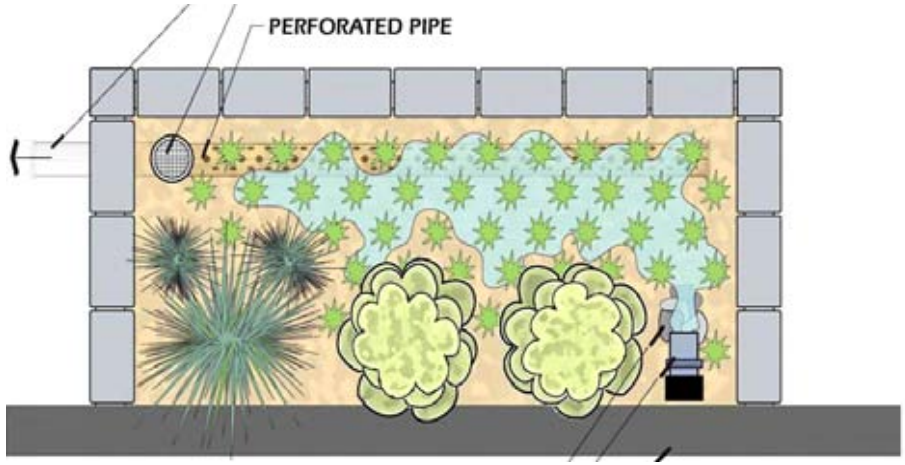
Utilización del agua de lluvia



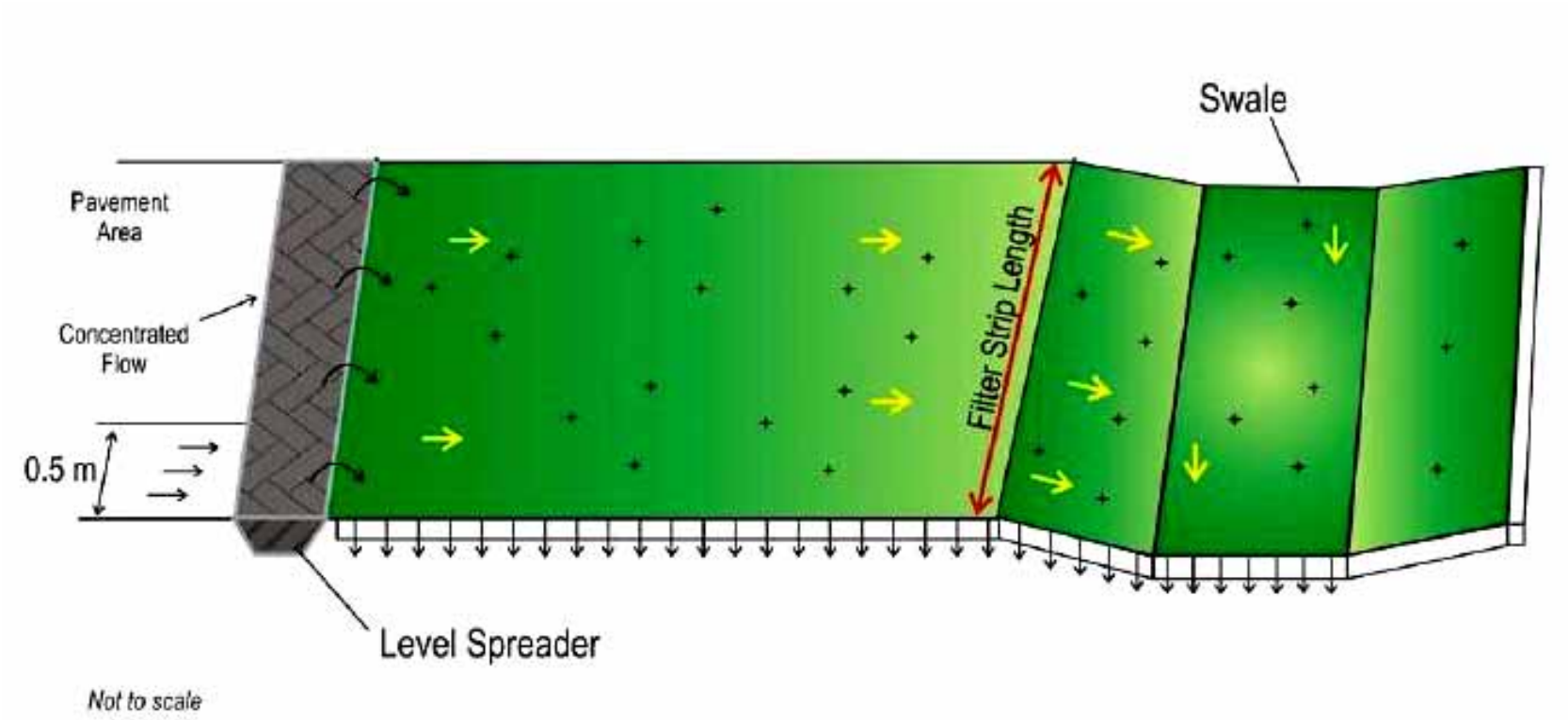


Utilización del agua de lluvia

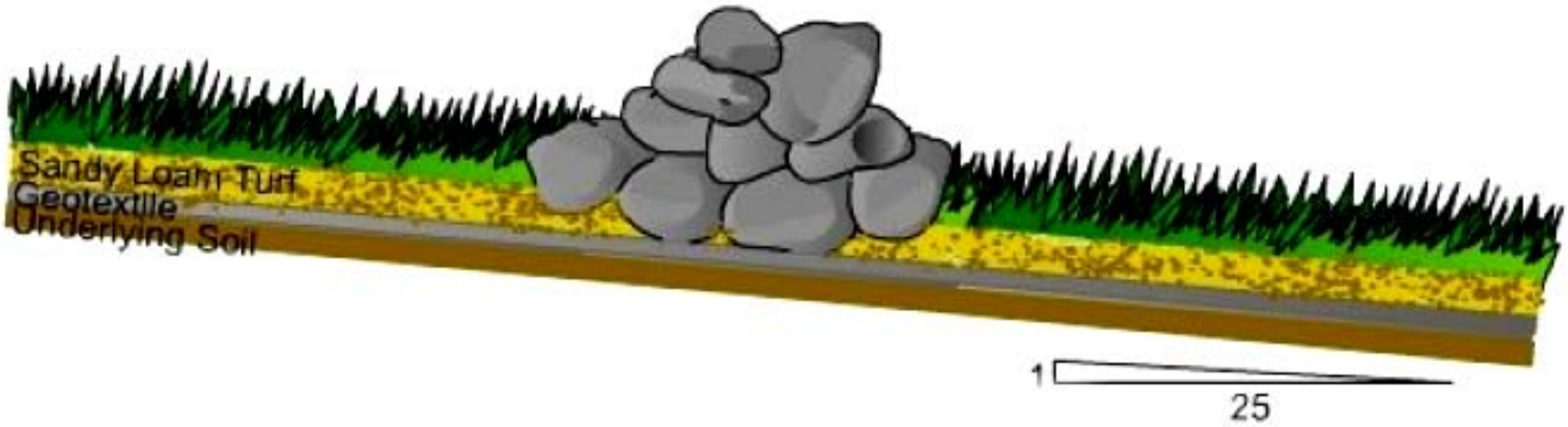




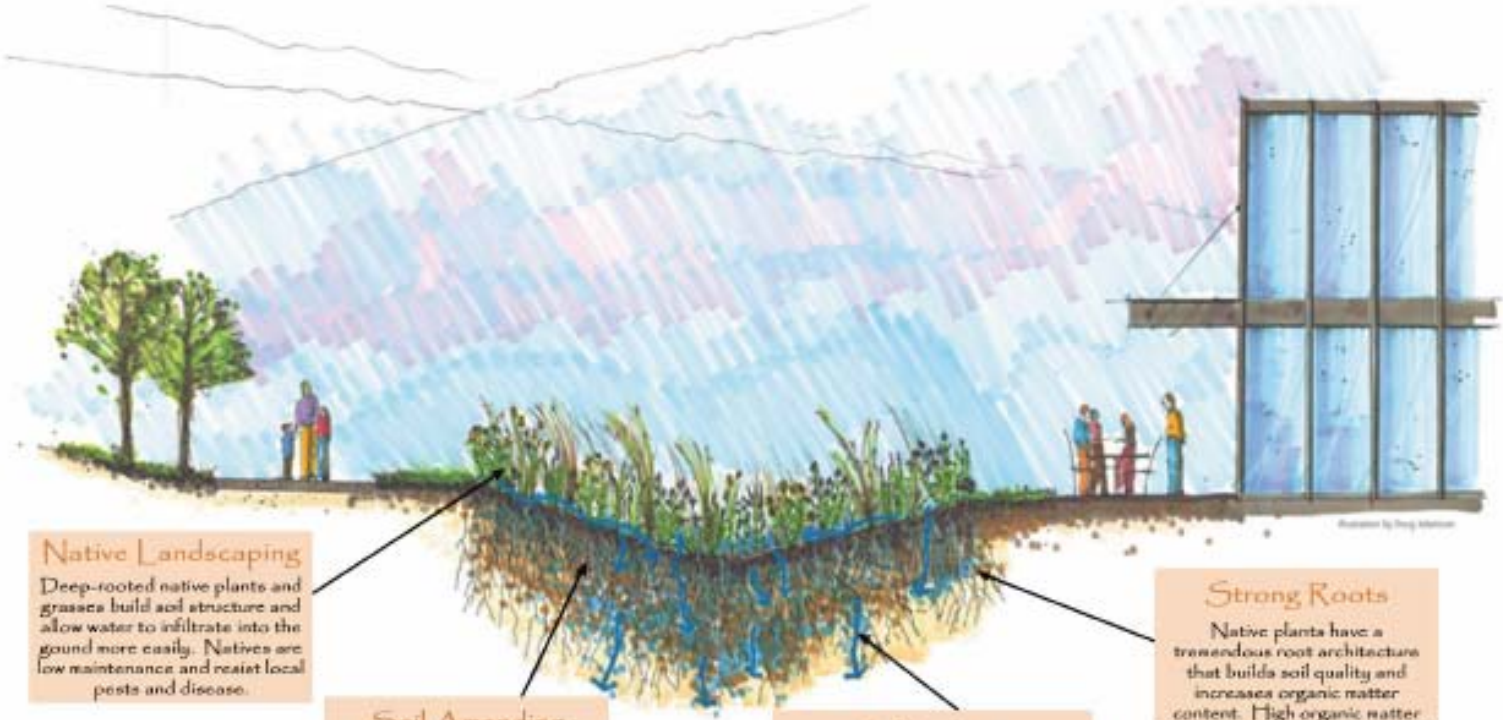
Bandas y zanjas vegetales (Filter Strip - Swale)



Presas de control en swales

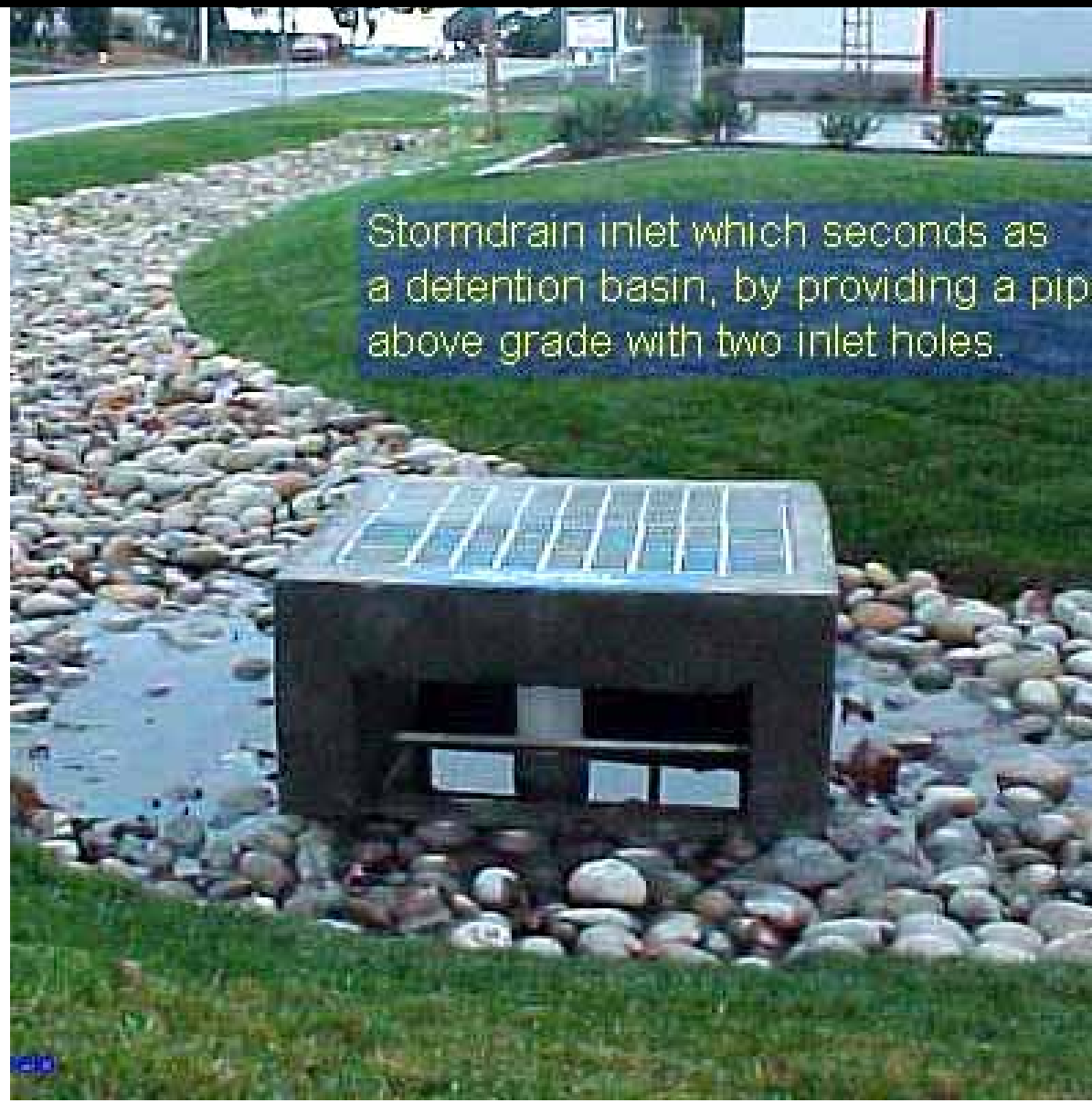


Vegetated Swale

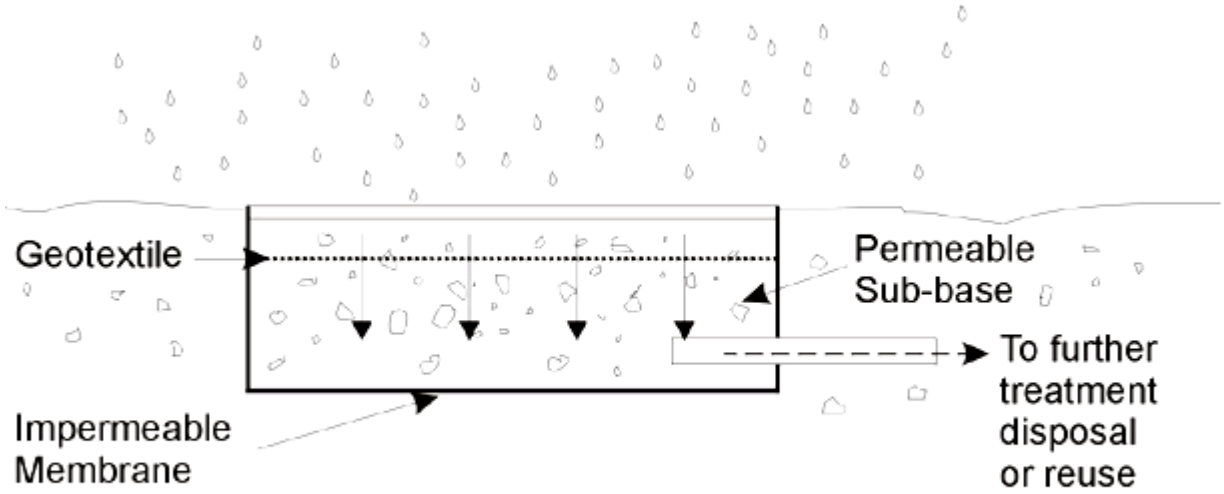


Original illustration Doug Adamson; modified by Cahill Associates

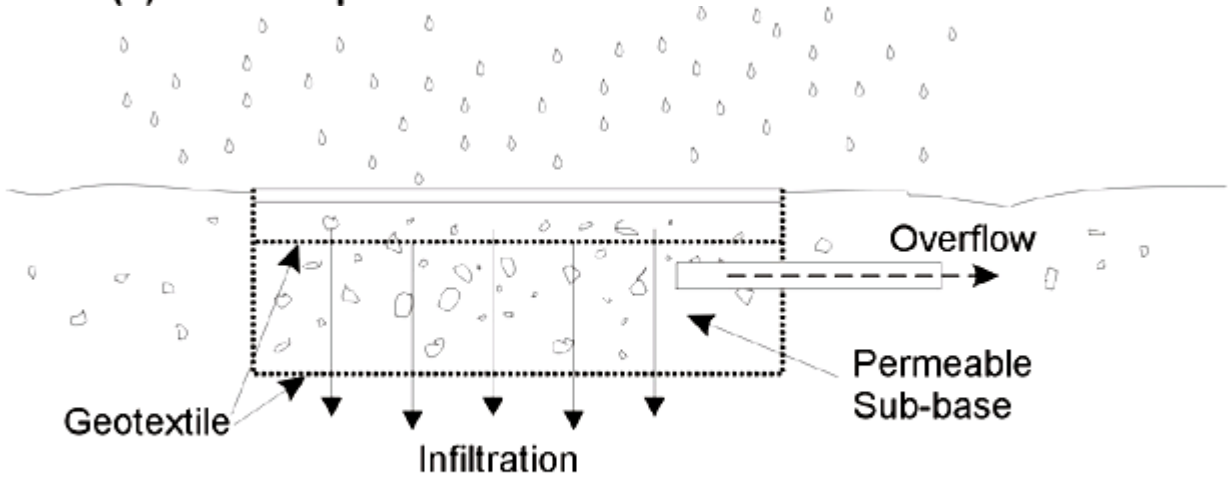
Gravel Swale I



Pavimentos filtrantes

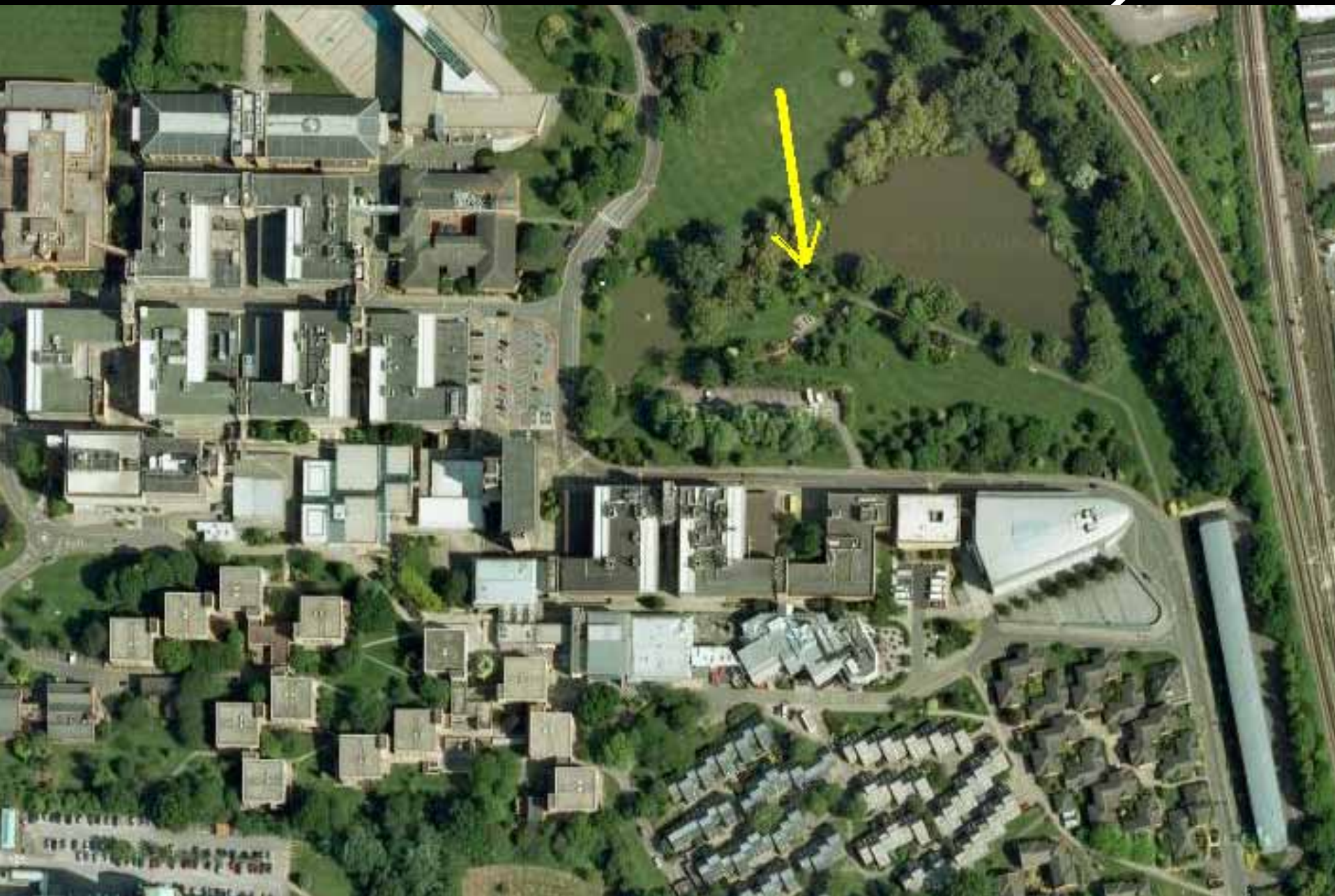


(a) Pervious pavement used for attenuation



(b) Pervious pavement used for infiltration

Balsa previa protección



Balsa permanente

Sustainable Drainage or SUDS is a new approach to managing rainfall by using natural processes in the landscape to reduce flooding, control pollution and provide amenity for the community.

Roofwater is collected in water butts, for use in gardens, or flows directly to grass channels called swales. Water travels onward to grass basins where it is stored before release to a local ditch. Rain falling on roads or paths will pass through block paving, where it is filtered and stored in the stone below, or can flow into grass channels that have a stone filter drain underneath before it joins the SUDS system. Usually there will only be water in the retention pond with a trickle of water flowing through the swales during gentle rain, but when it rains heavily the shallow basins fill with water for a short period to protect people downstream from flooding. Water is collected, cleaned and stored in the local landscape providing an attractive place for play and wildlife helping to restore a healthy environment for us all.

KEY

- Tree planting
- Solid underground rainwater pipe
- Perforated underground rainwater pipe
- Underdrained Swale
- Swale
- Silt basin
- Flood route
- Surface flow direction
- Permeable road surface with storage underneath
- Permeable car spaces with storage underneath
- Impermeable surface & Impermeable paths
- Grass
- Green roof to cycle store
- Private gardens
- Occasional detention basin
- Wetland basin
- Shrub & groundcover planting
- Rodding eye
- Fin Drain into Control Chamber
- Site boundary
- Sub-catchment boundary
- P Parking space
- Flats and Houses
- Inspection Chamber
- Overflow structure
- Flow Control
- Outlet / Inlet
- Channel Drain
- Rainwater downpipe
- Water butt

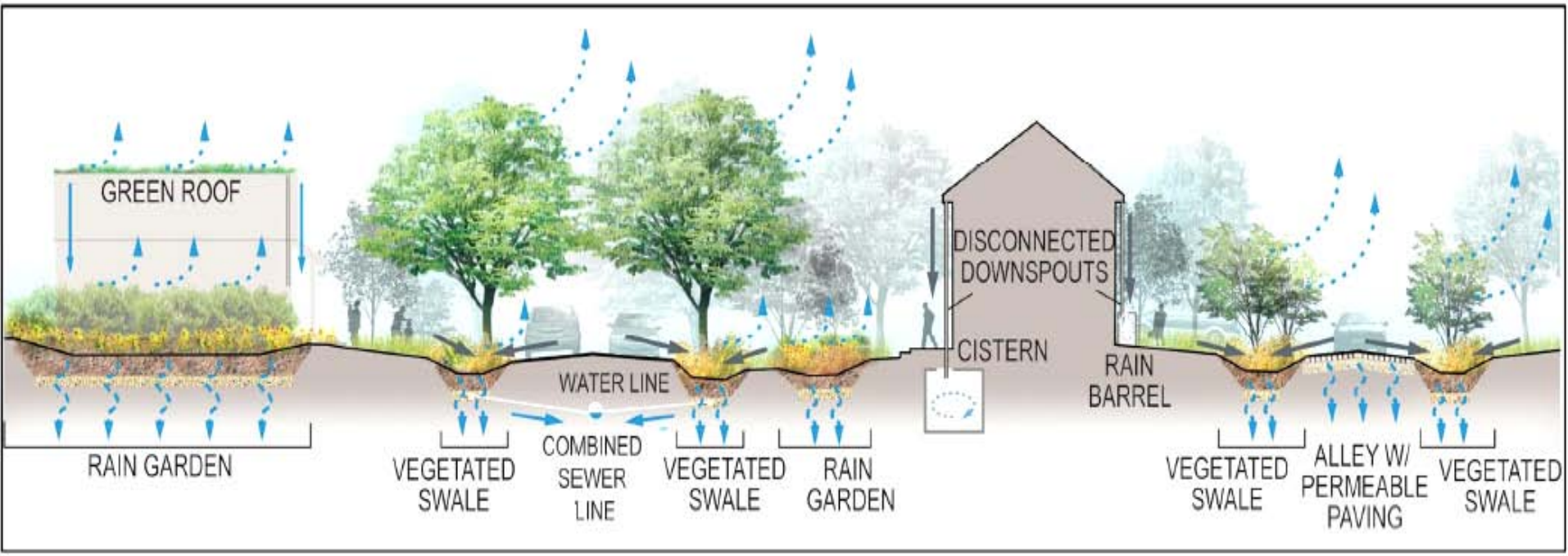
Lamb Drove Sustainable Drainage Showcase Project, Cambourne Village (FLOWS Project)

'The FLOWS Project is funded by the European Regional Development Fund (ERDF) through the Interreg IIIB North Sea Region programme.'

The FLOWS project is for communities 'Living with flood risk in a changing climate' and was installed by Cambridge Housing Society in partnership with Cambridgeshire County Council, East of England Development Agency, South Cambridgeshire District Council, the Housing Corporation, Higgins Group PLC, Royal Haskoning and Robert Bray Associates.

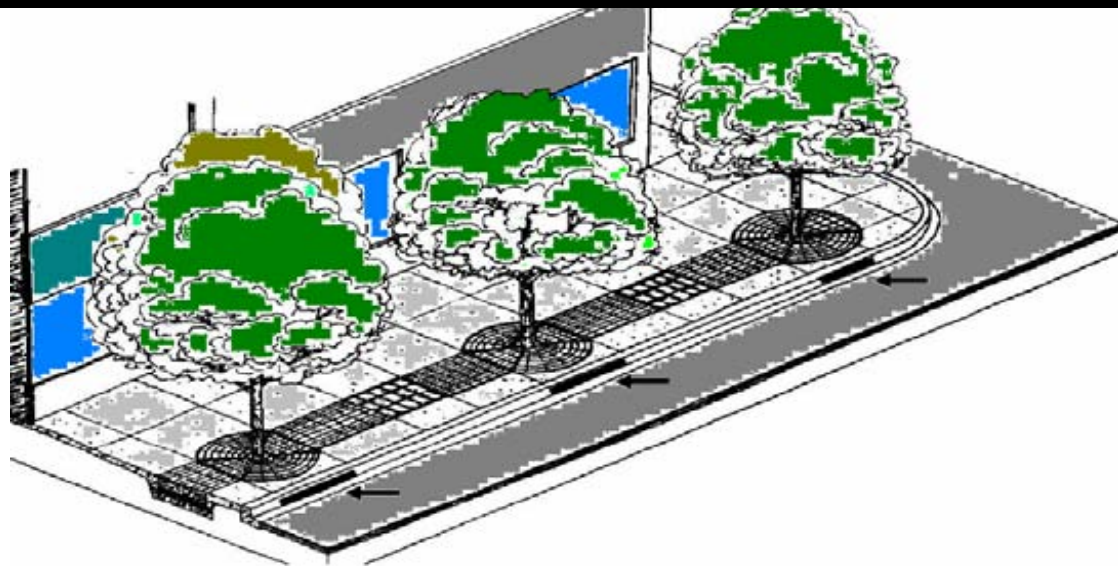
Cambridgeshire County Council

Micro-técnicas para la reducción en origen de la escorrentía en ciudades

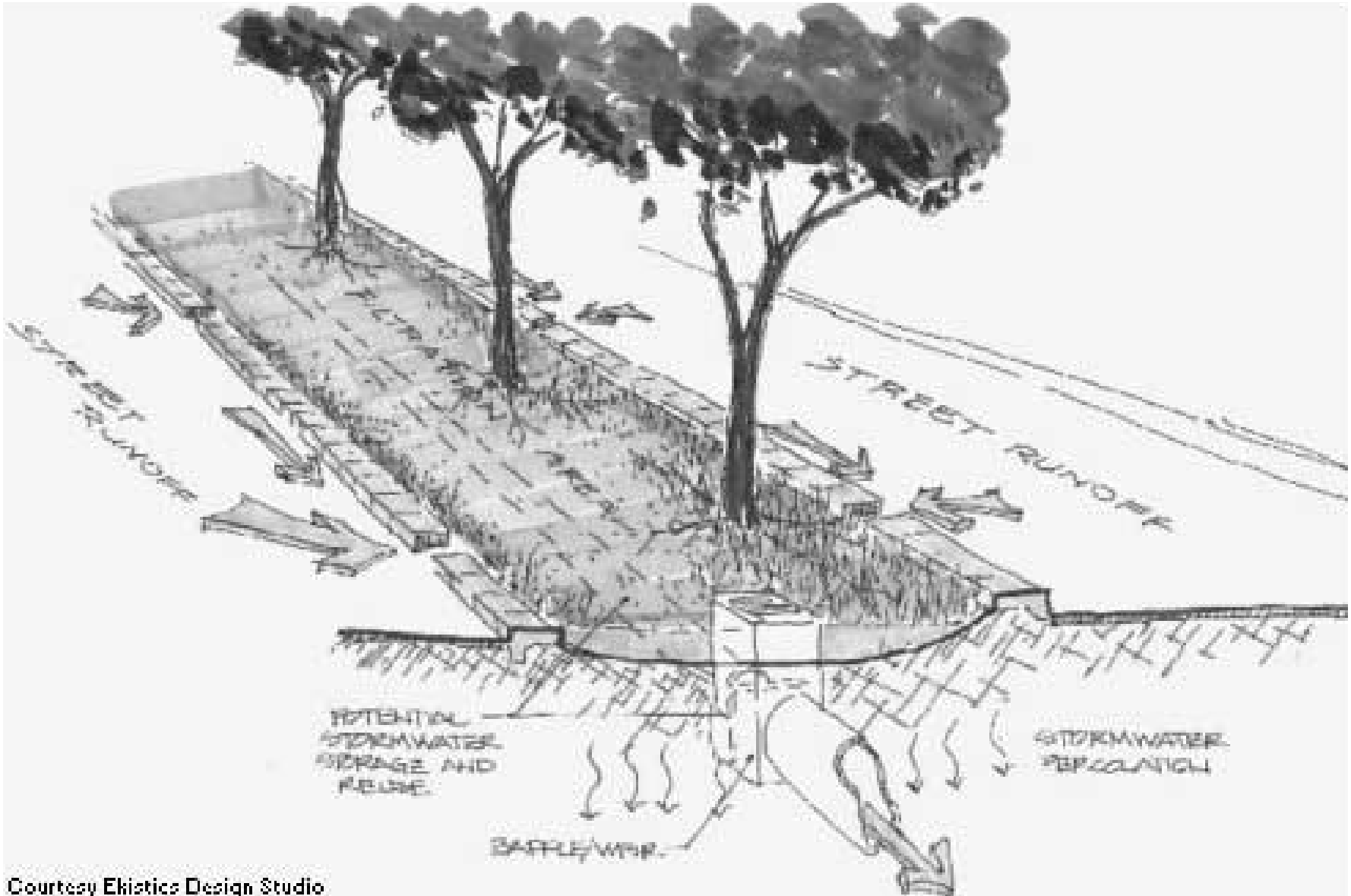


Biorretención

Micro-tecnicas para la reducción en origen de la escorrentía en ciudades

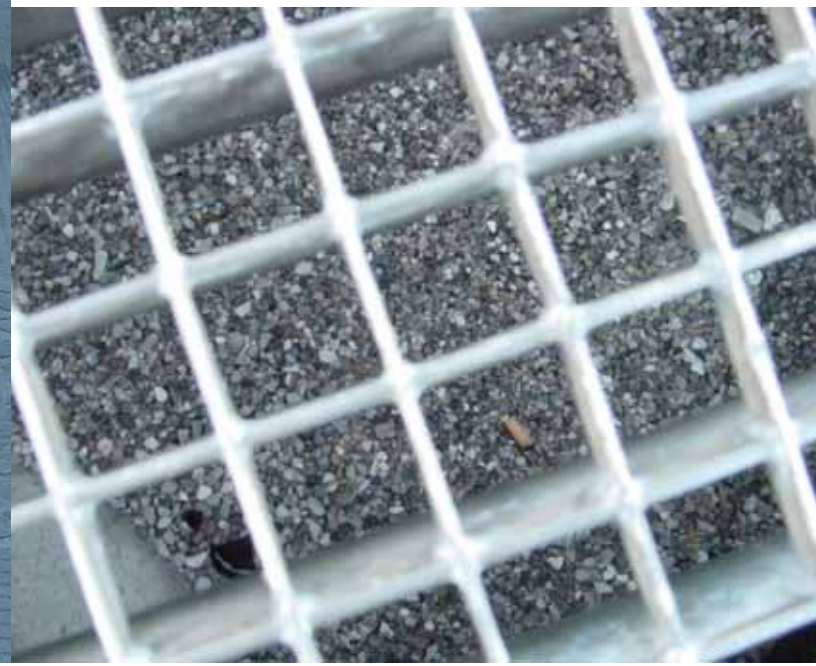


Micro-tecnicas para la reducción en origen de la escorrentía en ciudades



Courtesy Ekistics Design Studio

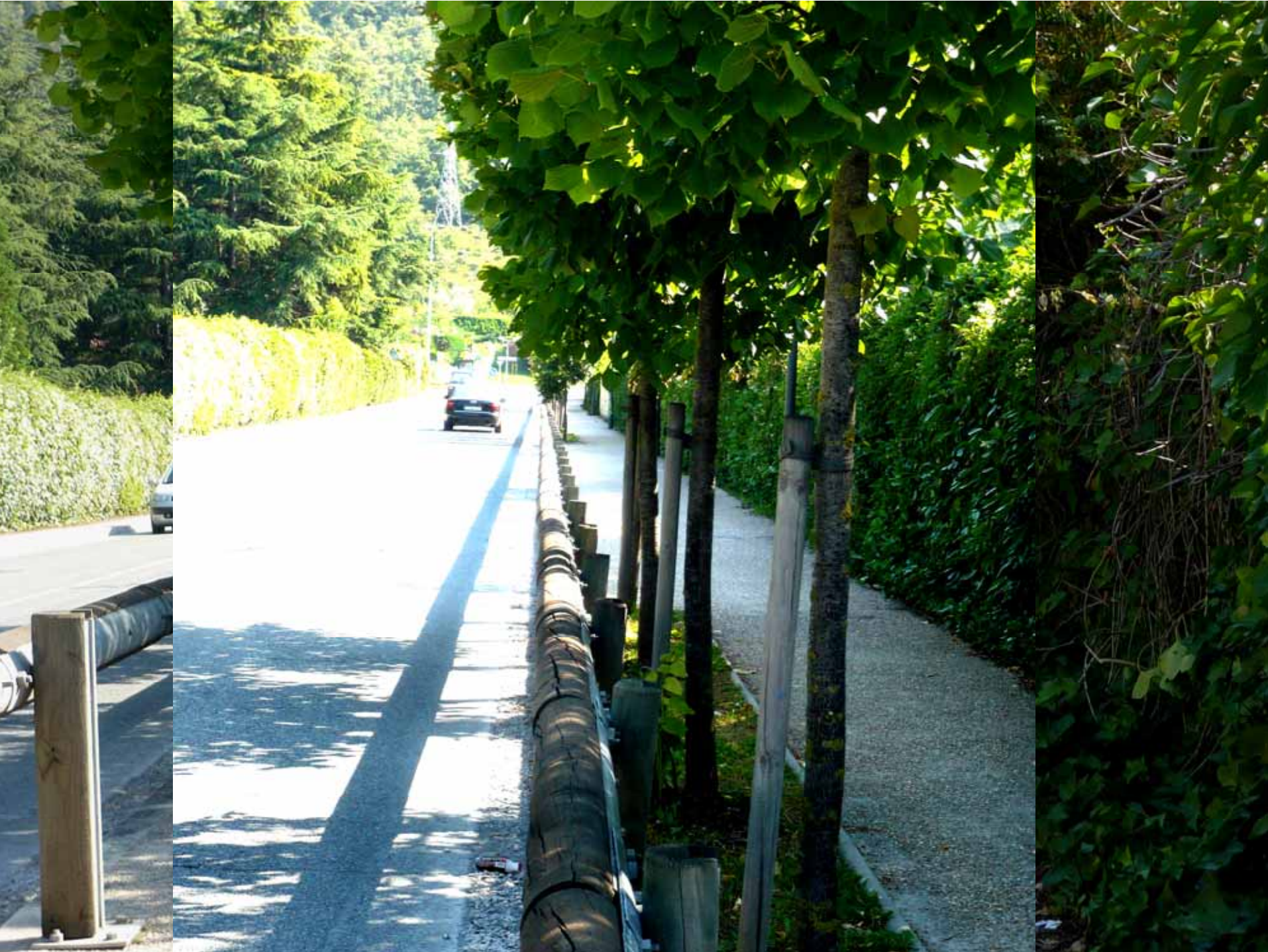
Pozo filtrante (Soakaway)



Biorretención

Laguna (Munich)

Ibardin



Calle Martiket Parque Fluvial Arga

Depuradora de Tudela

A RECORDAR:
La sostenibilidad es un viaje, no un destino

muchas gracias por su atención

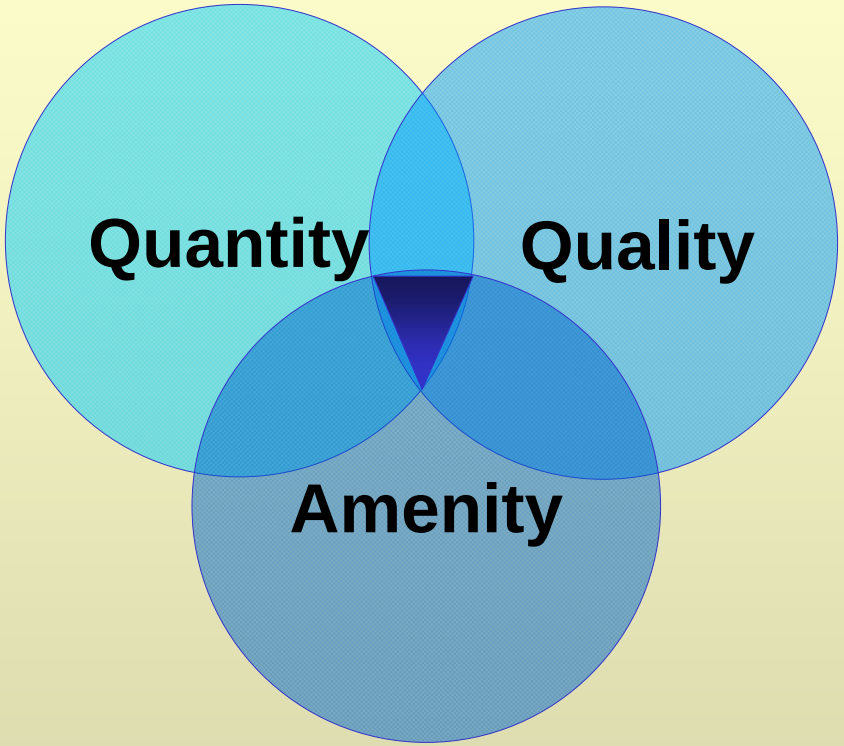
Sustainable Surface Water Management in Cities

Professor Chris Jefferies
Urban Water Technology Centre
University of Abertay, Dundee

Introduction

1. To review SUDS practice in Europe and internationally
2. To identify the need for SUDS in a catchment.
3. To understand functions of SUDS systems.
4. To consider the different ownership and operational issues
5. To illustrate appropriate SUDS details.

The SUDS triangle



The SUDS triangle

Illustrates the three drivers for drainage systems which are also;

- Technical
- Social
- Environmental

'Sustainable' has many different meanings

Water quality problems caused by excess surface water

1. Diffuse pollution; industrial, residential, commercial
2. Point source discharges
3. Excessive flow in combined sewers

Industrial discharges, Scotland

Extreme pollution, India

Solutions to water quality problems

1. Traditional solutions of increasing capacities of pipes, pumps, storage.
2. Disconnection of surface water from existing systems (retrofit).
3. Source control solutions in new areas.
4. Site and regional control in new areas.

Modern solution - treatment

urbanwater
TECHNOLOGY CENTRE

Good Housekeeping

Source controls ar
most important elem
of treatment train

Source Control

Site control

Regional Control - polishing

Pollutant Concentration

Distance From Source

River

Chris Jefferies, University of Abertay Dundee, Scotland

Example from Berlin

Berlin – street

Example from Belo Horizonte, Brazil

Belo Horizonte - Flood attenuation pond in park

Drenurbs in Belo Horizonte, Brasil

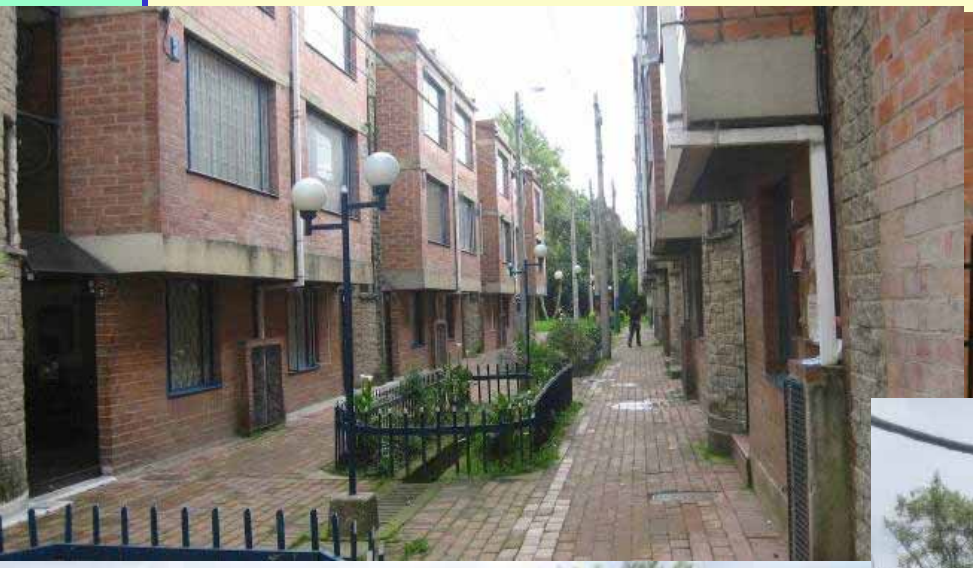
Community at risk of flooding

Flood control pond

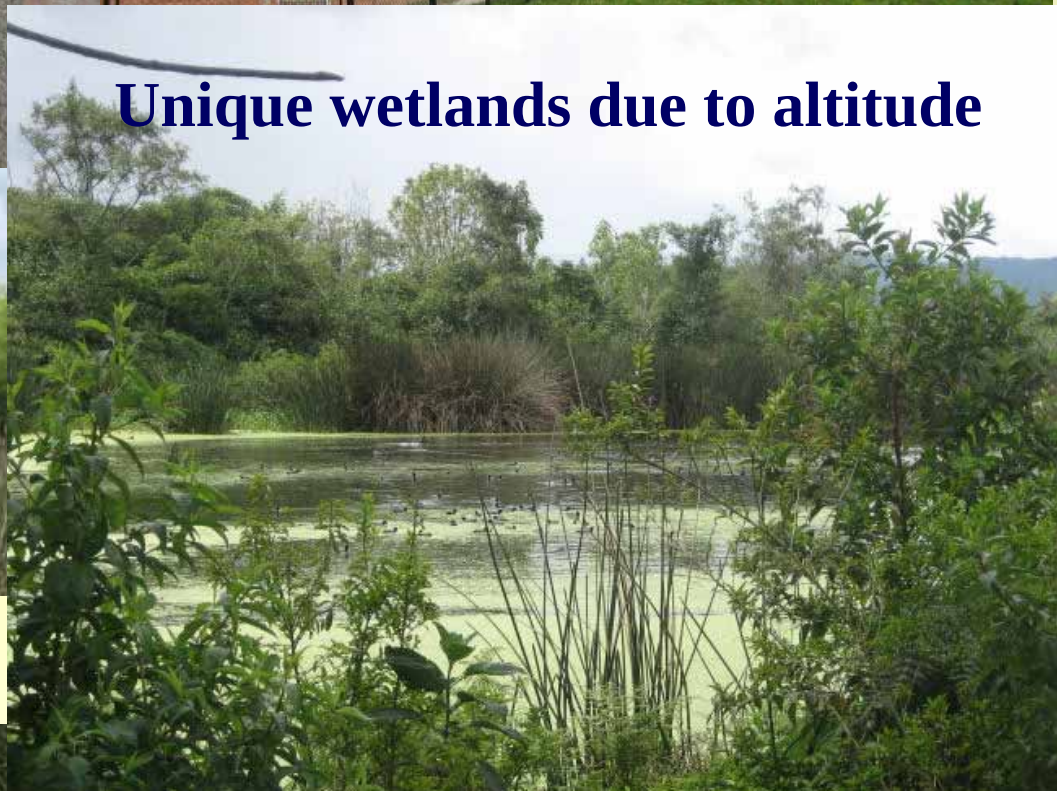
Important social area

House values rising fast

Example from Bogota, Colombia



Very high density housing



Unique wetlands due to altitude

Example from Wuhan, Central China

Wuhan - Infiltration and irrigation garden in high density housing. This area has a very high water table level

Barton springs – highly valued – must be protected

Austin filters – very expensive protection of groundwater

Key Issues in Scotland

1. Levels of treatment related to risk of contamination and damage to receiving water body.

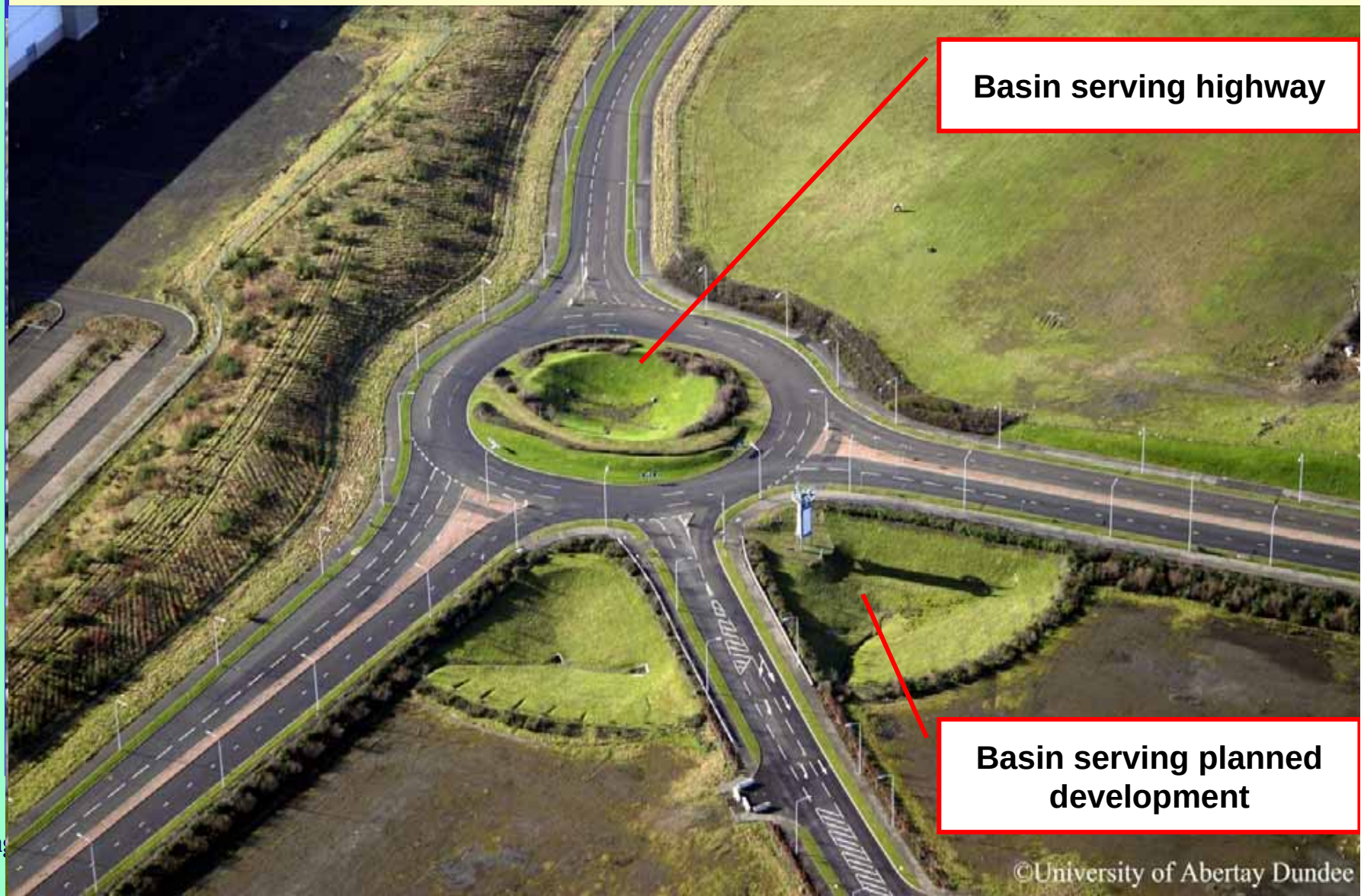
2. Volume and continuation flow to ensure no worse flow conditions downstream.

3. Ownership and maintenance of SUDS

4. Using excellent examples as demonstrations

Examples from Scotland

Major 350 Ha development. Drainage a key driver



Examples from Scotland

All new developments require SUDS

Source control is preferred by Scottish Environment Protection Agency

Two levels **of treatment** **are normally required**

Permeable paving is widely used as source control

Examples from Scotland

Two car parks – one office

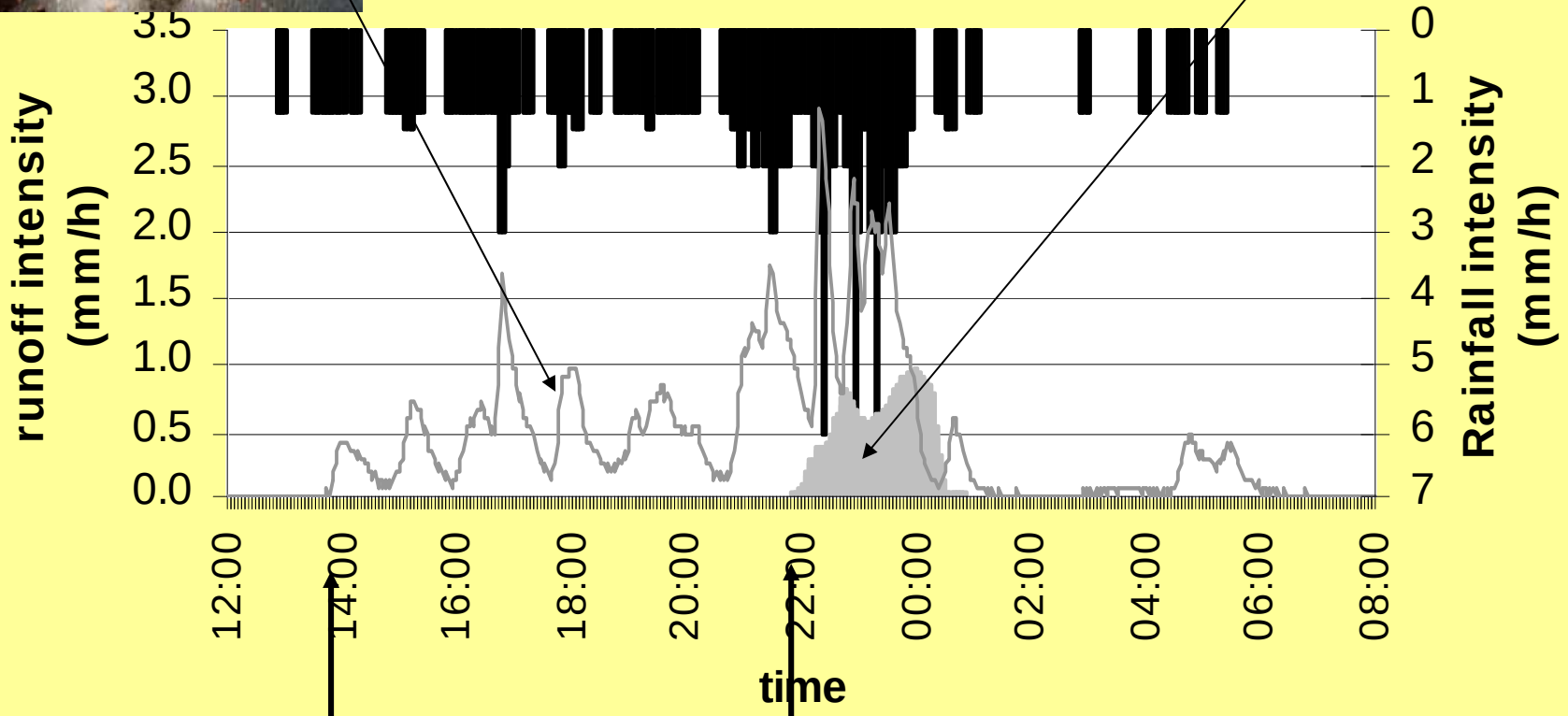
New permeable car park

Earlier car park - asphalt with ponding

Chris Jefferies, University of Abertay Dundee, Scotland

Examples from Scotland

e Paving gives good source co



8 hour time delay of runoff

Examples from Scotland

All new developments require SUDS

Source control is preferred by Scottish Environment Protection Agency

<u>Two levels of treatment</u> are normally required

Developers frequently select basins

Examples from Scotland

All new developments require SUDS

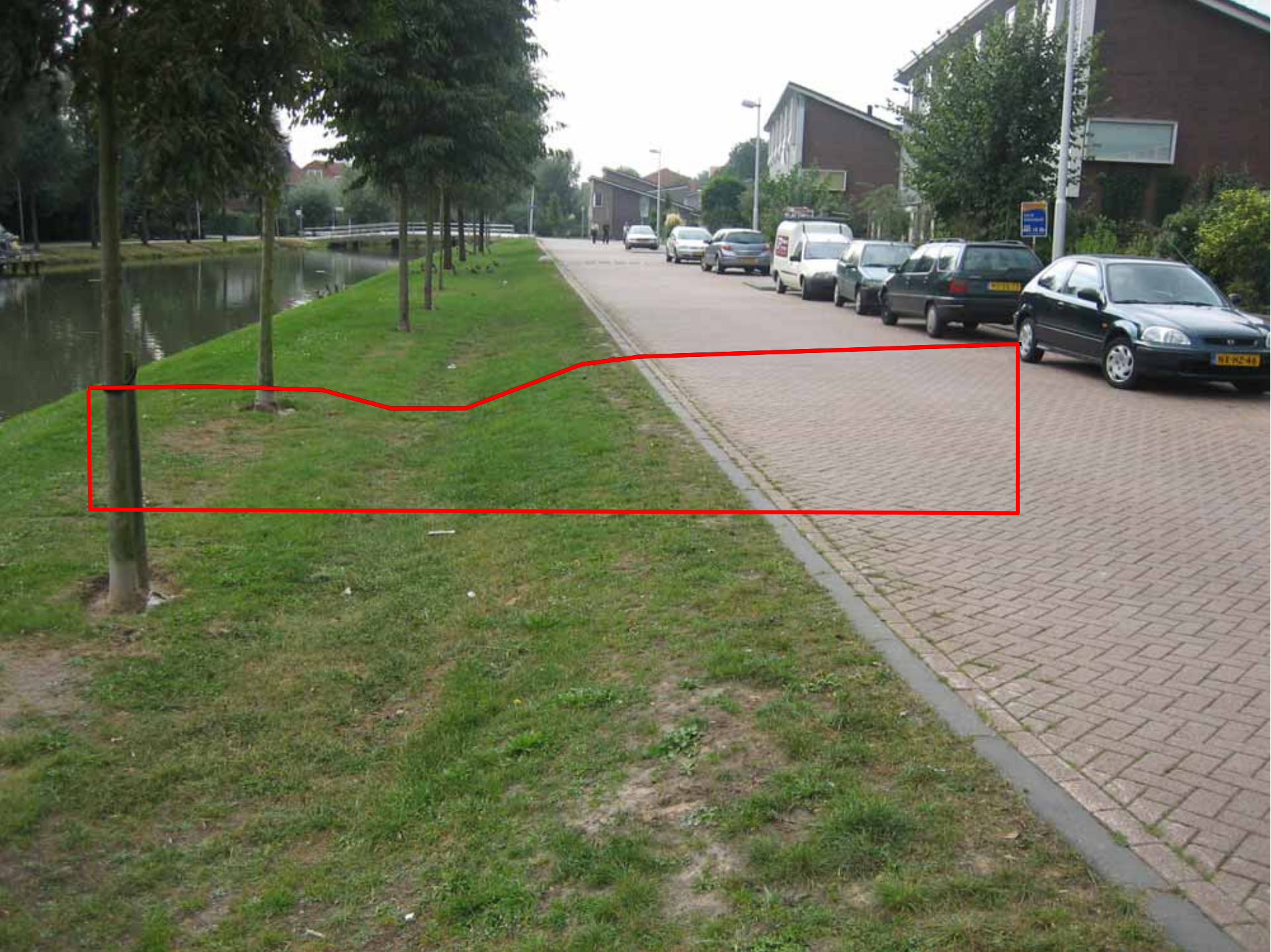
Source control is preferred by Scottish Environment Protection Agency

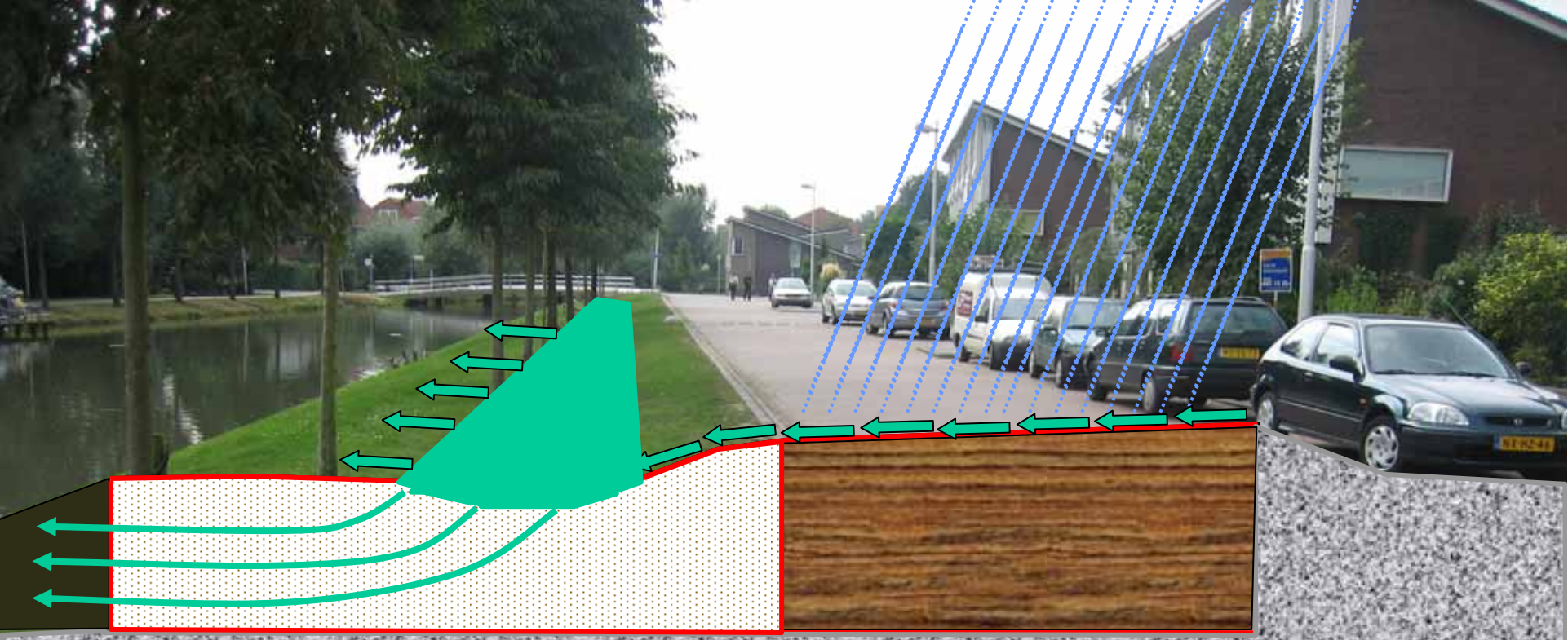
Two levels of treatment are normally required

Ponds give extra treatment and high amenity

Examples from Holland

- **SUDS Beside a canal in Holland**.
- Development is high density – this is the only area of green space.
- Control of water takes place both in the road and in the adjacent green space





¿Cuántos niveles de tratamiento puede identificar?

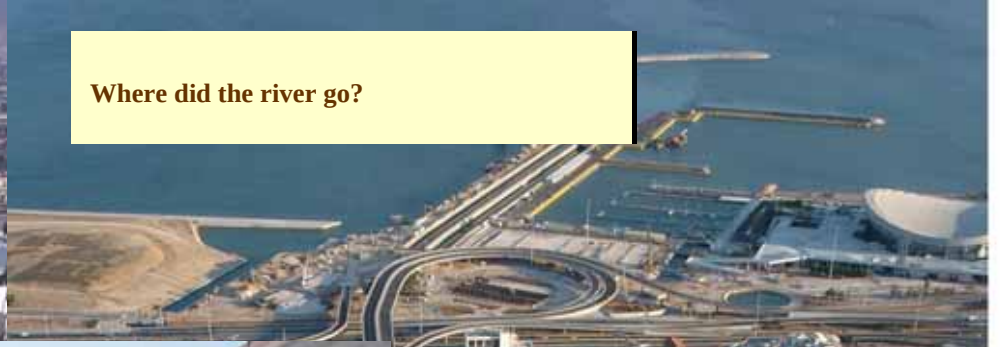
- How many levels of treatment can you see?

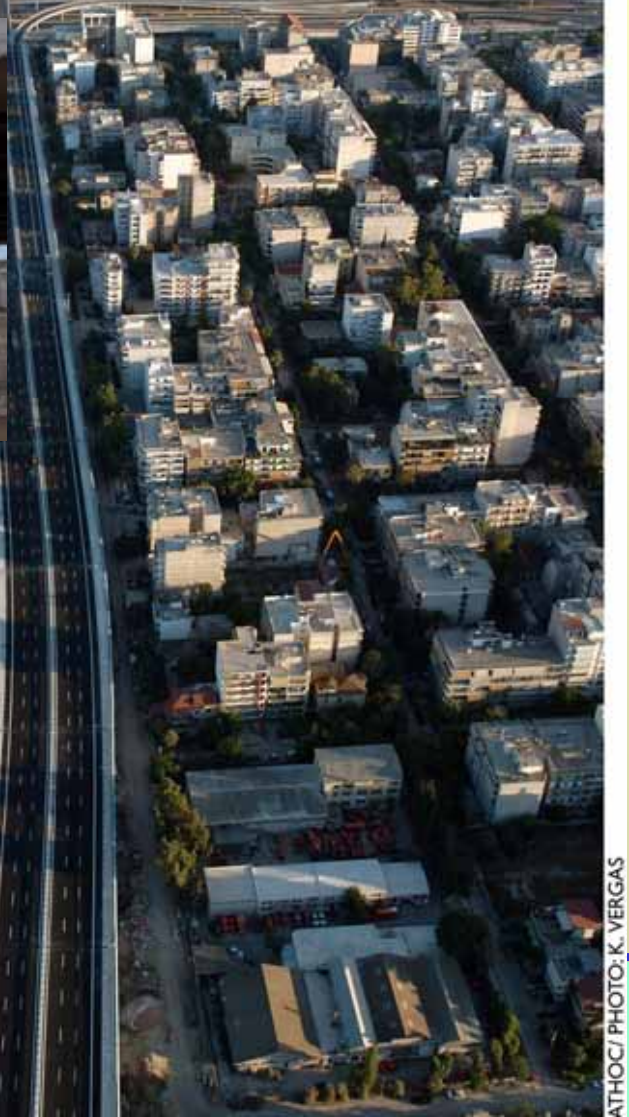
Flood problems cause by surface water.

1. Limited channel capacity
2. Insufficient elevation.
3. Construction of new developments.
4. Increasingly paved contributing area.

River Kifisos, Athens

Where did the river go?





ATHOC/ PHOTO: K. VERGAS

Solutions to flooding problems

1. Storage to reduce flows.
2. Bank raising.
3. Moving local people.
4. Diversion channels.
5. Located in SUDS

Storage Pond in Colorado, USA

Extreme event level

'Normal' event level

Draindown level

SUDS - detailed hydraulic design for site & regional control

1. Flow control must be located for hydraulic and maintenance purposes
2. Methods of flow control; pipes, weirs, vortex controls
3. Required storage must be created
4. Design of inlets – access, maintenance, erosion issues

Ownership of drainage assets

Ownership is critical. The owner depends on the function of the SUDS. Typical owners are;

1. **Water Utility,**
2. **Local residents associations,**
3. **Local government (municipality)**
4. **Private**

Different approaches to ownership and Maintenance

There are several different organisational arrangements for SUDS.

Here are some examples;

- Emschergenossenschaft, Germany – financial instrument
- Glasgow, Scotland – Strong multi-stakeholder partnership.
- Water Vision Documents – from Netherlands.

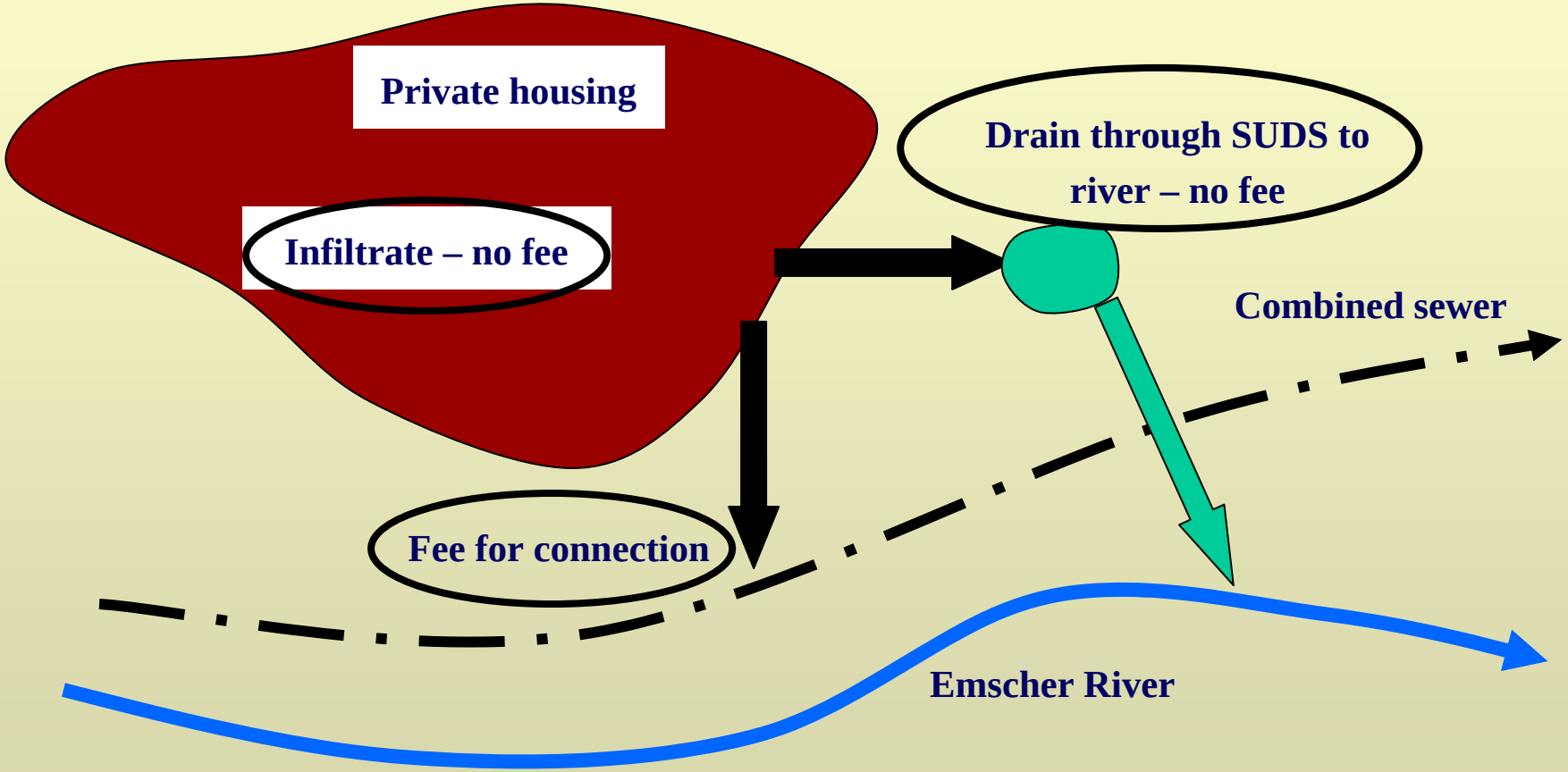
Maintenance is very important - sediment removal

Emschergenossenschaft

Financial benefit from disconnection

- Emschergenossenschaft is a main drainage authority in north Germany
- Drainage charge is reduced for disconnecting surface water
- Local streams were very polluted due to discharge of excess surface water.
- Land is low lying and there were high pumping costs.
- Disconnection meets technical, social and economic criteria
- And water quality criteria

Emschergenossenschaft disconnection benefit



Emschergenossenschaft disconnection benefit

Housing companies now look for ways to disconnect.

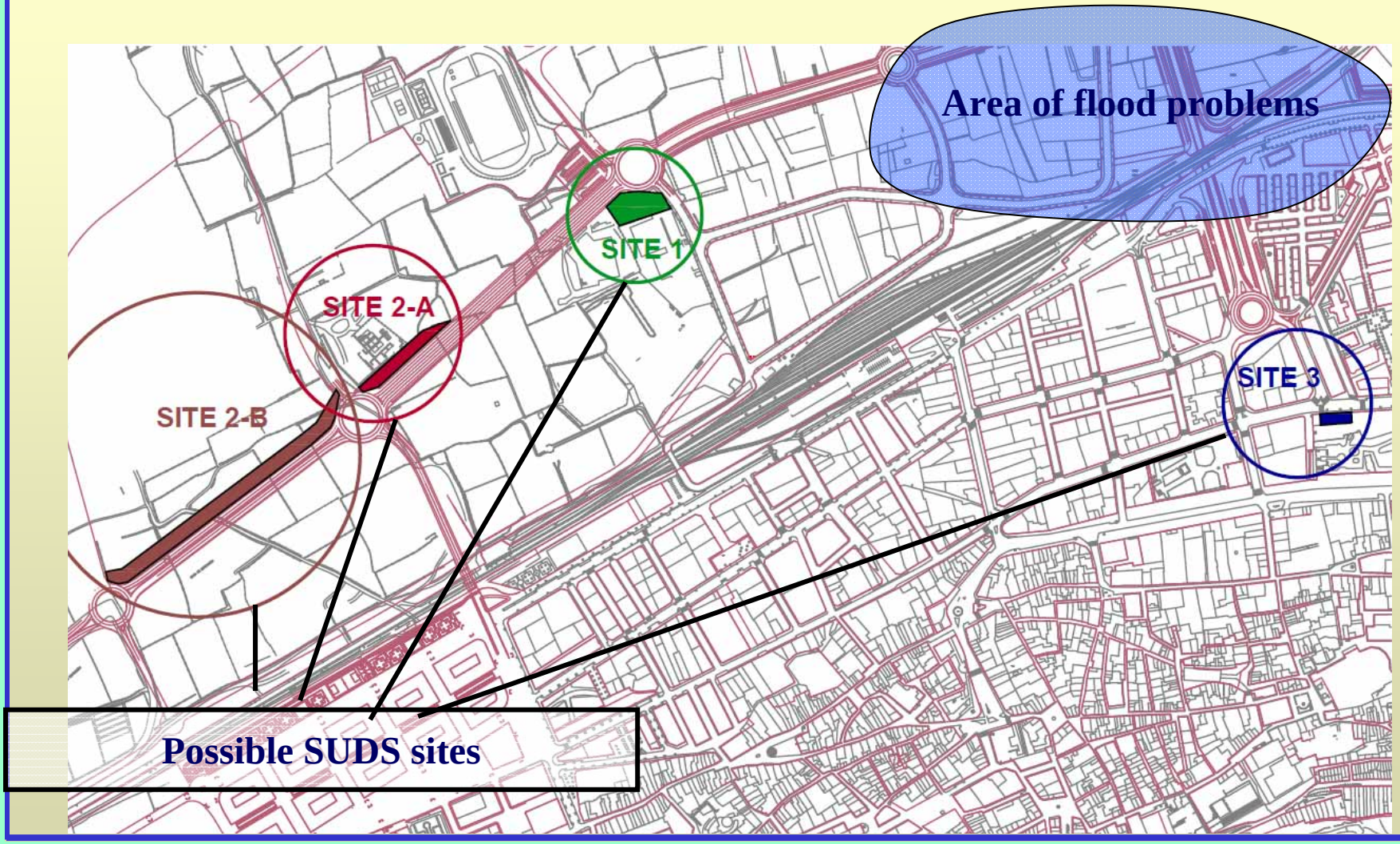
Disconnection timed to coincide with housing improvement

Example from Brazil

This is an example of an integrated Problem

Multiple benefits

Example from Xativa, Valencia



Rainwater Harvesting
Increasingly important in many countries

- Reduction of drinking water used.
- Associated environmental benefit.
- Reduction of costs to user.
- Water quality must match end use.
- Design rules not well established.

System based on Polypipe Eco-Vat

Polypipe Eco-Vat home system

11. Rainwater Harvesting

Stormcell devices – Ideal for garden centres

Con

Conclusion

SUDS can be seen to operate in many countries worldwide

Storage and flow control is relatively easy (if space available)

The treatment train concept is used widely.

There are issues of ownership, operation and maintenance

Thank you

Mancomunidad
Comarca de Pamplona
Iruñerriko
Mankomunitatea

NILSA

Diseño y Construcción de
FIRMES PERMEABLES

CONGRESO DE DRENAJE URBANÍSTICO
Pamplona, 29 de Octubre de 2010

UC
UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA

GITECO
UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción
Universidad de Cantabria

Índice de la presentación

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FIRMES PERMEABLES

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS FIRMES PERMEABLES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE FIRMES PERMEABLES

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

AGRADECIMIENTOS

TURNO DE PREGUNTAS Y ACLARACIONES

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN
VENTAJAS E INCONVENIENTES
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CONCLUSIONES

- A comienzos de la década de 1970 en Estados Unidos, la utilización de firmes permeables tenía por objetivo aliviar la contaminación debida a los vertidos de los sistemas de saneamiento unitarios en tiempo de lluvia, reduciendo además los parámetros de diseño de las infraestructuras de drenaje urbano.
- En Francia, los firmes permeables o estructuras embalse comenzaron a utilizarse a finales de los 70 en el área urbana de Burdeos, extendiéndose posteriormente durante las décadas de 1980 y 1990 para la mejora de la calidad del agua y su almacenamiento.
- También durante las décadas de 1980 y 1990 en el Reino Unido, se extendió el empleo de los firmes permeables para la reducción de la escorrentía superficial urbana y la mejora de su calidad desarrollando el concepto del drenaje sostenible dentro de la Agenda 21 local.
- Por su parte, en Alemania, los firmes permeables han sido utilizados desde los años setenta y actualmente son un método de construcción regulado.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN
VENTAJAS E INCONVENIENTES
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CONCLUSIONES

OBJETIVOS DE LOS FIRMES PERMEABLES:

- Gestionar la cantidad de agua de lluvia y mejorar su calidad.

Diario Montañes (2006).

Elaboración propia.

- Sustituir los firmes impermeables de los aparcamientos de superficie por firmes permeables .

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN
VENTAJAS E INCONVENIENTES
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CONCLUSIONES

PROBLEMAS:

- Cantidad: inundaciones.

- Calidad: contaminación.

- Servicio: degradación.

CAUSAS: Impermeabilización, Cambio Climático...

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN
VENTAJAS E INCONVENIENTES
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CONCLUSIONES

SOLUCIONES:

- Gestión natural de la cantidad.
- Tratamiento natural de la contaminación difusa.
- Multifuncionalidad de los sistemas.

HERRAMIENTAS: Drenaje sostenible, SUDS, LID...

INTRODUCCIÓN

DRENAJE SOSTENIBLE:

- TEDUS (Técnicas de drenaje urbano sostenible)
- TECIR (Técnicas compensatorias de infiltración-retención)
- MPC (Mejores prácticas de control)
- Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos.
- Stormwater BMPs (Best Management Practices) - Buenas Prácticas Ambientales con Aguas Pluviales.
- Low Impact Development (LID) - Desarrollo de Bajo Impacto
- Water Sensitive Urban Design (WSUD) - Diseño Urbano Sensible al Agua.
- Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) - Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

INTRODUCCIÓN

Categoría dentro del drenaje sostenible		Técnica de drenaje sostenible
A. Medidas preventivas		1. Legislación
		2. Formación
		3. Inversión
Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)	B. Sistemas de infiltración	4. Superficies permeables
		5. Pozos de infiltración y zanjas de infiltración
		6. Depósitos de infiltración
	C. Sistemas de captación y transporte	7. Drenes filtrantes o drenes franceses
		8. Cunetas verdes
		9. Franjas filtrantes
	D. Sistemas de tratamiento pasivo	10. Depósitos de detención
		11. Estanques de retención
		12. Humedales artificiales

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

ANTECEDENTES: Proyectos del Plan Nacional.

- Desarrollo de nuevas estructuras de firmes filtrantes biodegradantes de hidrocarburos (**FIDICA**) [REN2003-05278/TECNO].
- Desarrollo de nuevos sistemas de captación, pretratamiento y tratamiento in situ de aguas contaminadas con hidrocarburos procedentes de la escorrentía urbana en aparcamientos con firmes impermeables (**TRAPI**) [CTM2006-00310/TECNO].
- Desarrollo de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia, mediante firmes filtrantes en aparcamientos, para usos no potables y como aprovechamiento de energía geotérmica de baja entalpía (**VEA**) [BIA2009-08272].

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES: Proyectos de investigación con empresas.

- Investigación, desarrollo e innovación en adoquines para pavimentos permeables (2004).
- Surveillance of level and quality of the stormwater collected through permeable pavements with concrete block (2006).
- Desarrollo de mezclas bituminosas para pavimentos permeables (2006).
- Diseño, investigación de la ejecución e instrumentación de un aparcamiento construido con firmes filtrantes biodegradantes de hidrocarburos. (2006).
- Diseño, monitorización y seguimiento de un sistema lineal de drenaje sostenible (2007).
- Diseño, monitorización y seguimiento de un aparcamiento filtrante construido con pavimento filtrante (2008).
- Estudio y mejora de las metodologías de diseño y gestión de los sistemas de drenaje y saneamiento en Cantabria (2010).

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS FIRMES PERMEABLES

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

- Firmes permeables = secciones compuestas de varias capas de materiales de construcción que permiten el paso del agua a través suyo, desde la superficie hasta la explanada, y en conjunto ofrecen la capacidad portante necesaria para resistir un tráfico determinado.

- No son firmes permeables:
  - Los firmes de carretera con una superficie de mezcla bituminosa porosa sobre una base impermeable.
  - Las superficies de césped reforzado sobre bases impermeables.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

INTRODUCCIÓN

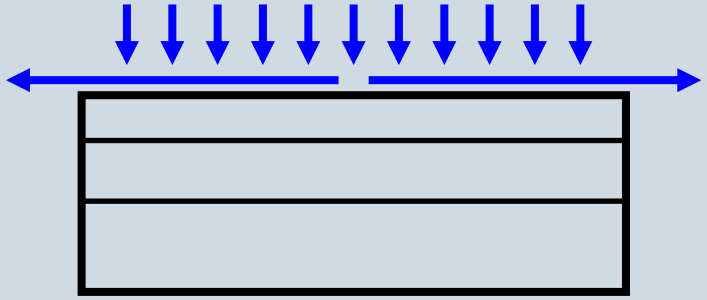
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

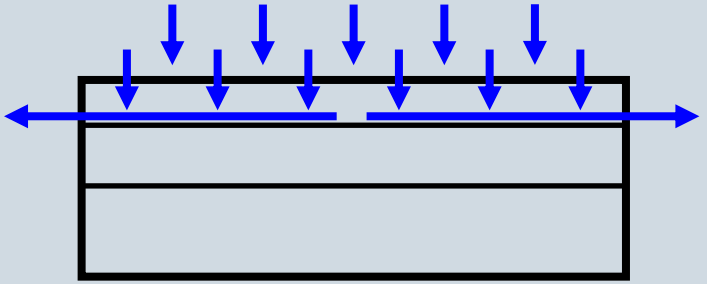
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

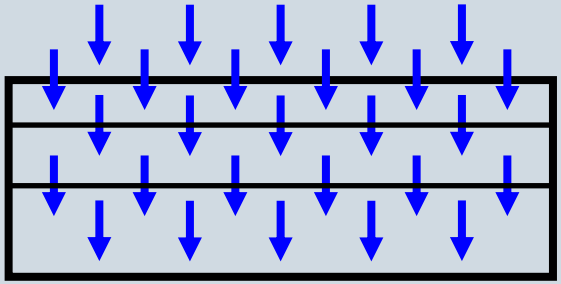
- FIRME IMPERMEABLE.



- FIRME IMPERMEABLE con capa de rodadura DRENANTE.



- FIRME PERMEABLE.



DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Pavimento permeable:

- Césped o grava con refuerzos.
- Adoquines con ranuras.
- Mezcla bituminosa porosa.
- Hormigón poroso.

Capas inferiores:

- Capas granulares.
- Geosintéticos.
- Estructuras de plástico.

Permavoid Limited (2008).

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

- Aplicaciones de los firmes permeables:
  - Aparcamientos de vehículos ligeros.
  - Carreteras con baja intensidad de tráfico.
  - Zonas peatonales.
  - Áreas de nuevo desarrollo urbanístico.
  - Aparcamientos aislados que no cuentan con una red de saneamiento a la que conectar, como por ejemplo aquellos situados en áreas recreativas o parques naturales.
  - Excepcionalmente en zonas de tráfico pesado como áreas de servicio en puertos o aeropuertos.

- A la hora de catalogar los distintos tipos de firmes permeables, los dos criterios de agrupación más utilizados son:
  - Tipo de pavimento permeable del firme.
  - Destino final del agua captada por el firme permeable.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Clasificación propuesta por Pratt *et al.* (2002):

- Superficies porosas:
  - Suelos abiertos o materiales granulares con refuerzos geosintéticos celulares de confinamiento.
  - Grava o césped protegidos con sistemas geosintéticos.
  - Adoquines y baldosas porosos.
  - Materiales porosos de puesta en obra continua: asfalto poroso, hormigón poroso o áridos con ligante sintético.

- Superficies permeables:
  - Elementos prefabricados de hormigón de gran tamaño: césped con hormigón.
  - Adoquines y baldosas (con ranuras o espacios libres).
  - Materiales permeables de puesta en obra continua: sistemas de hormigón fabricado in-situ (con ranuras).

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Clasificación propuesta por Ferguson (2005):

- Áridos porosos.
- Césped poroso.
- Celdas de plástico (combinadas con áridos o césped porosos).
- Adoquines con juntas abiertas.
- Entramados prefabricados de hormigón (con huecos).
- Hormigón poroso.
- Asfalto poroso.
- Superficies permeables ligeras (por ejemplo de virutas de madera).
- Caminos de madera.

Infojardín: http://foroantiguo.infojardin.com/showthread.php?t=172133

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Clasificación de McCormack (2006):

- Pavimentos construidos por materiales impermeables convencionales con huecos o ranuras que permiten la infiltración del agua a través de la superficie.
- Pavimentos construidos con elementos o materiales porosos.

Clasificación del Caltrans (2007):

- Asfalto poroso.
- Hormigón poroso.
- Adoquines permeables.
- Estructuras de drenaje subterráneo (subsurface drainage structures).

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

En resumen, los firmes permeables se pueden clasificar en dos categorías fundamentales según su pavimento permeable.

- Firmes permeables con pavimentos permeables discontinuos.
- Firmes permeables con pavimentos permeables continuos.

Pavimentos permeables discontinuos:

- Césped poroso o grava con refuerzos:
  - Prefabricados de hormigón: retículas, parrillas o celdas de hormigón con huecos ocupados por césped poroso o grava.
  - Prefabricados de plástico: retículas, parrillas o celdas de plástico con huecos ocupados por césped poroso o grava.
- Adoquines con ranuras o juntas abiertas:
  - Rellenas de material drenante: adoquines con separadores o sin ellos con las juntas ocupadas por gravilla o césped.
  - Libres: adoquines con pequeñas ranuras incluidas en su geometría que no se rellenan con ningún material.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Pavimentos permeables continuos:

- Mezcla bituminosa porosa (asfalto o aglomerado poroso):
  - Convencional: fabricada con algún tipo de betún convencional como por ejemplo el B 60/70.
  - Modificada: fabricada con algún betún modificado con polímeros como por ejemplo el BM-3b.

- Hormigón poroso:
  - Hidráulico: fabricado con cemento hidráulico como conglomerante de los áridos.
  - Sintético: fabricado con ligante sintético a base de resinas encargado de ligar el esqueleto mineral adecuadamente.

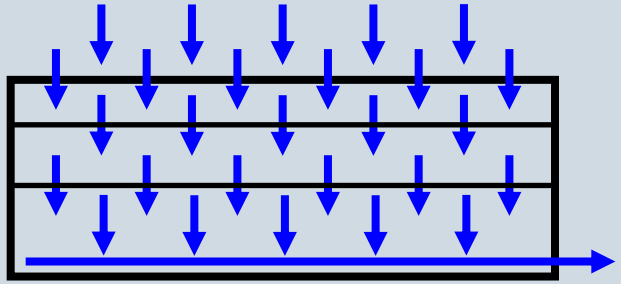
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Respecto al **destino final del agua** infiltrada a través del pavimento permeable:

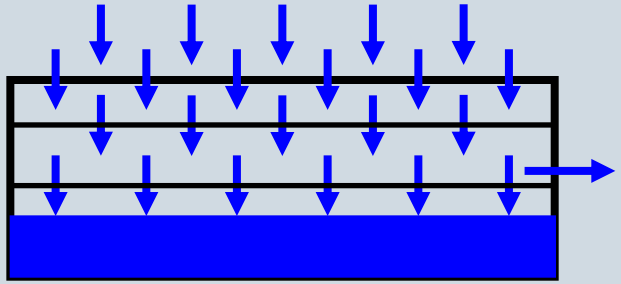
- Firmes permeables con drenaje diferido: cuentan con un sistema de drenaje subterráneo compuesto por tuberías permeables o con un drenaje superficial. Su objetivo es retardar el flujo de aguas pluviales, laminando las puntas de caudal en los sistemas de saneamiento.
- Firmes permeables con almacenamiento: permiten el almacenamiento de un determinado volumen de agua en la capa subbase con el objetivo de su posterior valorización mediante su reutilización en usos no potables.
- Firmes permeables con infiltración al terreno: permiten la infiltración al terreno con el objetivo de permitir la recarga de las reservas naturales de aguas subterráneas.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

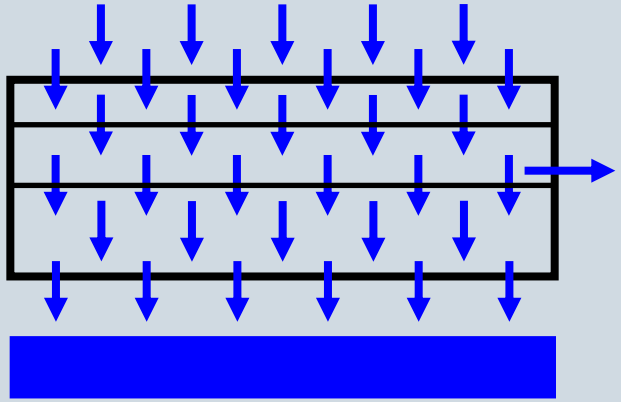
- FIRME PERMEABLE con drenaje diferido.



- FIRME PERMEABLE con almacenamiento.



- FIRME PERMEABLE con infiltración al terreno.



DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

- Uniendo los dos criterios de clasificación, los firmes permeables se clasificarían en doce posibles tipos, resultado de combinar los cuatro tipos fundamentales de pavimentos permeables con las tres opciones de gestión del agua consideradas.

<table>
<tr><th colspan="2">Según el pavimento permeable</th><th>Según el destino final del agua</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Pavimentos permeables discontinuos</td><td>A. Césped o grava con refuerzos</td><td rowspan="2">1. Infiltración</td></tr>
<tr><td>B. Adoquines con ranuras</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Pavimentos permeables continuos</td><td>C. Mezcla bituminosa porosa</td><td rowspan="2">2. Almacenamiento</td></tr>
<tr><td>D. Hormigón poroso</td><td rowspan="2">3. Drenaje diferido</td></tr>
</table>

VENTAJAS E INCONVENIENTES

VENTAJAS E INCONVENIENTES

VENTAJAS:

Los firmes permeables tienen numerosas ventajas que han sido probadas por diversos autores a lo largo más de 35 años de investigación.

Ventajas según Grover *et al.* (1972):

- Minimización de los reboses en los sistemas de saneamiento unitarios.
- Aumento de las reservas de agua.
- Mejora de la seguridad del tráfico.
- Preservación de la vegetación.
- Laminación de inundaciones.
- Obtención de beneficios estéticos.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

Ventajas según Ferguson (2005):

- Agua limpia.
- Mayor esperanza de vida para los árboles.
- Ciudades frescas.
- Menos ruido en las calles.
- Conducción segura.
- Reducción de costes.
- Cumplimiento de las normativas de desarrollo urbano.
- Preservación de los ecosistemas nativos.
- Estética.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Ventajas según Castro *et al.* (2005):

- Disminuyen las puntas de caudal en los sistemas de drenaje y en los cauces receptores.
- Pueden llegar a mejorar la calidad del agua en gran medida por filtración, absorción y biodegradación, fundamentalmente.
- Ofrecen un amplio abanico de acabados superficiales para su inserción en el diseño urbano.
- Su puesta en obra es sencilla.
- Pueden recoger y hacerse cargo de la escorrentía procedente de superficies impermeables adyacentes.
- Son una solución muy flexible que permite ajustar el coste al uso y al tiempo de vida requeridos.
- En general, constituyen una solución más barata que la combinación de superficies impermeables y sistemas de drenaje convencionales.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Los firmes permeables, como SUDS, tienen ventajas desde el punto de vista **económico** (cantidad de agua), **ambiental** (calidad del agua) y **social** (servicio).

- Desde el punto de vista de la cantidad de agua, los firmes permeables:
  - Disminuyen la formación de escorrentía superficial y por tanto la cantidad de aguas pluviales que llega a los sistemas de alcantarillado.
  - Reducen los costes al reducir las dimensiones necesarias de cunetas, sumideros y otros elementos parte del sistema de alcantarillado.
  - Ofrecen un ahorro económico durante su ejecución, dado que no requieren de nivelación de la superficie para dirigir el drenaje, ni tampoco necesitan la colocación de sumideros ni alcantarillas.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Desde el punto de vista de la calidad de las aguas, los firmes permeables:
  - Retienen los sólidos en suspensión arrastrados por la escorrentía actuando como filtro de depuración.
  - Retienen los hidrocarburos contenidos en la escorrentía urbana, pudiendo llegar a ser biodegradados con el paso del tiempo.
  - Retienen los metales pesados que arrastra la escorrentía superficial urbana, principalmente procedentes de tejados (cobre y zinc) o carreteras (plomo).

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista de servicio, las ventajas sociales de los firmes permeables son:
  - Mejoras estéticas.
  - Aumento de la seguridad y de la comodidad de los ciudadanos en tiempos de lluvia.
  - Reducción del riesgo de accidentes de tráfico.
  - Posibilidad de valorización del agua de lluvia.
  - Beneficios puntuales como la reducción del riesgo de accidentes con los carros de la compra en los aparcamientos de centros comerciales, principalmente debidos a la inclinación de drenaje necesaria en las superficies impermeables.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Además, los firmes permeables tienen ventajas compartidas con las capas de rodadura drenante:

- Disminuyen el riesgo de hidroplaneo.
- Absorben el ruido.
- Reducen las salpicaduras, asegurando una mejor visibilidad.
- Limitan la reverberación de los faros sobre el pavimento húmedo.
- Garantizan una elevada macrotextura, mejorando la resistencia al deslizamiento a velocidades elevadas.
- Tienen un elevado rozamiento interno, lo cual las hace poco sensibles a la deformación plástica.
- Ofrecen un buen aspecto estético.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Algunas ventajas particulares de cada una de las dos categorías principales de firmes permeables:

- Firmes permeables con pavimentos discontinuos:
  - Excelente estética: probablemente los pavimentos de adoquines sean los más versátiles y los que mejor acabado ofrecen.
  - Restitución sencilla: el carácter modular de este tipo de pavimentos permite la fácil restitución de los elementos dañados.
- Firmes permeables con pavimentos continuos:
  - Menor coste de ejecución por metro cuadrado: los materiales empleados son baratos y basta con poca mano de obra.
  - Puesta en obra rápida y cómoda para grandes superficies: la puesta en obra de los aglomerados porosos es continua, rápida y sencilla.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INCONVENIENTES:

A pesar de todas sus ventajas, los firmes permeables también presentan problemas que deben ser estudiados y tenidos en cuenta.

Los principales inconvenientes comunes a todos los firmes permeables son:

- Colmatación (impermeabilización y riesgo de contaminación).
- Degradación (pérdida de la capacidad portante).
- Desconocimiento y desconfianza.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Como consecuencia de estos inconvenientes, la aplicación de los firmes permeables tiene una serie de limitaciones por lo que no es conveniente utilizar firmes permeables en:

- Zonas con gran aporte de sedimentos como regiones áridas, con alta erosión o actividad eólica.
- Zonas con suelos impermeables donde se pretenda infiltrar.
- Zonas con suelos permeables donde existan riesgos de contaminación de aguas subterráneas.
- Áreas industriales contaminadas.

- Zonas de alta intensidad de tráfico pesado.
- Regiones con abundantes ciclos hielo-deshielo.
- Áreas con gran pendiente con riesgo de erosiones.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN
DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN
VENTAJAS E INCONVENIENTES
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CONCLUSIONES

Con todo, el principal inconveniente de los firmes permeables, al igual que del resto de los SUDS, es el desconocimiento unido a la desconfianza debida a las experiencias piloto fallidas.

En la inmensa mayoría de los casos, los problemas que presentan los firmes permeables son fundamentalmente debidos a un inadecuado diseño y ejecución.

Los errores y la falta de calidad durante la ejecución de los firmes permeables se deben fundamentalmente a la falta de formación y de control, unidas a la presión de los plazos de ejecución.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Además, existen inconvenientes y limitaciones compartidos con las mezclas bituminosas porosas (pero no con el hormigón poroso):

- Progresiva colmatación en vías agrícolas o de tráfico lento.
- Riesgo de deslizamiento en los primeros meses: hasta que desaparece la película de ligante que envuelve el árido superficial.
- Mala resistencia a los esfuerzos tangenciales del tráfico: no deben usarse en cruces, glorietas, zonas de frenada, etc.
- Problemas en climas fríos: no deben usarse en zonas con posibilidad de heladas.
- Dificultad de regularización: no deben usarse en vías con deficiente soporte.
- Penetración por disolventes: no deben usarse en zonas con riesgo de contaminación con carburantes, como por ejemplo tramos con atascos frecuentes, zonas de peaje, estaciones de servicio o paradas de autobuses.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

Algunos inconvenientes particulares de cada categoría de firme permeable son:

- Firmes permeables con pavimentos discontinuos:
  - Mayor coste de ejecución: debido al coste de los materiales.
  - Puesta en obra lenta y laboriosa: normalmente manual.
  - Pueden resultar incómodos de pisar y de rodar con ruedas pequeñas: debido a discontinuidades excesivas.

- Firmes permeables con pavimentos continuos:
  - Estética limitada: dado que ofrecen un acabado continuo.
  - Difícil restitución: requiere fresado, limpieza y bacheado.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

- Se debe hacer frente a estos inconvenientes mediante trabajos de investigación y publicaciones que permitan generalizar la construcción eficiente de los firmes permeables.

PROBLEMAS DE COLMATACIÓN:

- La cantidad de sedimento no sólo depende del tiempo, sino también del tipo de pavimento, su mantenimiento y las condiciones de aporte de partículas.
- Análisis en laboratorio: se realiza fundamentalmente mediante permeámetros, infiltrómetros o lisímetros.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

- Análisis en campo: seguimiento a lo largo del tiempo de la evolución de la capacidad de infiltración mediante permeámetros o infiltrómetros portátiles.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

PROBLEMAS DE DEGRADACIÓN:

- Acción del agua: exige una selección adecuada de los materiales de construcción.
- Esfuerzos tangenciales: desgaste superficial debido a frenadas, aceleraciones o maniobras.
- Acción de los vertidos: pueden afectar a los pavimentos permeables haciéndoles más susceptibles a la degradación.
  - Hidrocarburos sobre mezcla bituminosa porosa.
  - Sales contra las heladas sobre hormigón poroso.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

PROBLEMAS DE DESCONOCIMIENTO:

- Si hay una mala ejecución:
  - Los adoquines se mueven.
  - El césped reforzado no soporta las cargas.
- Falta de formación adecuada.
- Falta de experiencia y desconfianza.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

El diseño y la construcción de una sección de firme permeable debe realizarse contemplando todos los condicionantes particulares de cada actuación.

Es necesaria una campaña exhaustiva de recogida de información, incluyendo las correspondientes normativas referidas de alcance estatal, regional o local.

La recogida de información previa se completará con cuantas visitas al emplazamiento de la obra sean necesarias para conocer y contrastar la validez de los datos y el grado de actualización de los mismos.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

- Diseño: en función de los condicionantes particulares.

INFORMACIÓN	FUENTE	DESTINO
Actuación.	Documentos de planificación de la correspondiente actuación.	Ajustar la tipología
Entorno.	Estudios de impacto ambiental y características naturales, sociales y económicas.	
Clima.	Agencia Estatal de Meteorología y entidades regionales equivalentes.	Diseñar la funcionalidad
Topografía.	Instituto Geográfico Nacional y administraciones públicas locales.	
Geotecnia e hidrogeología.	Instituto Geológico y Minero de España y estudios geotécnicos locales.	
Abastecimiento y drenaje.	Empresas municipales encargadas del abastecimiento y saneamiento.	
Tráfico.	Dirección General de Carreteras y administraciones públicas locales.	Comprobar la durabilidad

- Construcción: seleccionar los materiales, controlar la calidad de la ejecución y planificar el mantenimiento posterior.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El proyecto o diseño de un firme permeable puede dividirse en **tres etapas**:

- Ajuste de la tipología.
- Diseño de la funcionalidad.
- Comprobación de la durabilidad.

AJUSTE DE LA TIPOLOGÍA:

- La tipología del firme permeable a construir viene marcada por dos aspectos:
  - Tipo de pavimento permeable: continuo o discontinuo.
  - Tipo de gestión final del agua infiltrada: infiltración, almacenamiento o drenaje diferido.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Para un ajuste inicial de la tipología de firme permeable se deben analizar los siguientes datos:

- Tipo de actuación: nueva construcción o rehabilitación.
- Uso urbanístico del suelo: previsión de usos y de tipologías de pavimentos.
- Criterios urbanísticos y estéticos: entorno arquitectónico, pavimentos típicos, acabados y otras condiciones exigidas.

Con esta información, se deben identificar:

- Áreas pavimentadas que podrían ser permeables: aparcamientos, viales, aceras, sendas peatonales, áreas de juegos, etc.
- Condiciones exigibles: materiales, texturas y colores.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Respecto al entorno de la obra, a la hora de fijar la tipología del firme permeable se deben tener en cuenta:

- Entorno natural: proximidad de zonas sensibles de especial protección, nivel de protección de cauces y aguas subterráneas, tipo de vegetación y de fauna predominante en la zona.
- Entorno social y económico: demanda de desarrollo sostenible, marco económico de la actuación y previsiones de mantenimiento.

Encuadre en el entorno:

- Natural: gestión adecuada del agua de lluvia.
- Social: prevenir inundaciones e incluso ayudar a renovar zonas deprimidas socialmente.
- Económico: ahorro de agua e incluso una solución diferenciadora en zonas de nivel económico alto.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

- Previsión de posibles problemas de funcionalidad:
  - En zonas sin previsión de mantenimiento y posibles aportes de sedimentos, se deberán emplear pavimentos permeables con elevado porcentaje de huecos para retardar al máximo su colmatación.
  - Una inclinación excesiva del pavimento puede disminuir la capacidad de infiltración del mismo tanto como un aporte de sedimentos.

- Previsión de posibles problemas de durabilidad:
  - Dependiendo de las previsiones de vertidos de hidrocarburos y/o sales contra las heladas, pueden ser convenientes determinados materiales.
  - Futuras variaciones de los usos y tráficos de la zona pueden afectar al nivel de conservación de los firmes permeables.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Por ejemplo, respecto a la elección del pavimento:

- En una zona rural con abundancia de vegetación de hoja caduca y presencia de ganado, donde son típicos los suelos empedrados y no se espera mantenimiento.
- La solución adecuada puede ser un firme permeable con superficie de adoquines con ranuras.

- En los viales de acceso a una urbanización de nueva construcción.
- La solución más adecuada puede ser un pavimento permeable de mezcla bituminosa porosa, con un barrido periódico que ayude a mantener su permeabilidad.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Por ejemplo, respecto a la elección del tipo de gestión del agua:

- Los firmes permeables con **infiltración** directa al terreno no son recomendables en zonas con el nivel freático próximo a la superficie o cimentaciones cercanas, pero sí lo son en zonas aisladas con terreno permeable.
- Los firmes permeables con **almacenamiento** de agua en la subbase son recomendables siempre que exista un posible aprovechamiento, como el riego de zonas verdes cercanas.
- Los firmes permeables con **drenaje diferido** están indicados en zonas de restauración o rehabilitación urbanística, como centros urbanos, permitiendo eliminar las alcantarillas y sumideros de la superficie, al igual que los charcos que dificultan el tránsito durante las lluvias. Aunque, esta solución no permite la recarga de acuíferos ni la reutilización del agua de lluvia, pero asegura una laminación de la escorrentía urbana con la consiguiente prevención de inundaciones.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Con todo, debe realizarse un ajuste inicial de la tipología del firme, decidiendo los tipos de pavimentos permeables a emplear en cada zona y el tipo de gestión que se va a realizar con el agua infiltrada.

Por ejemplo:

- Un firme de grava reforzada con almacenamiento de agua en las zonas de aparcamiento.
- Un firme de mezcla bituminosa porosa con drenaje diferido en los viales.
- Un firme de adoquines con ranuras e infiltración al terreno en las aceras.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

DISEÑO DE LA FUNCIONALIDAD:

Para ser funcional un firme permeable debe ofrecer unas adecuadas **capacidades de infiltración y depuración**.

Respecto a la capacidad de infiltración, el firme permeable debe cumplir las siguientes misiones fundamentales:

- Infiltrar un volumen de agua afluente: gracias a un pavimento permeable que permita la entrada del agua al firme permeable.
- Gestionar un volumen de agua efluente: gracias a unas capas inferiores con unas adecuadas características de permeabilidad y volumen de huecos.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El **volumen de agua afluente** que recibe un firme permeable proviene de la suma de:

- Precipitación directa sobre el propio pavimento.
- Escorrentía superficial proveniente de las zonas impermeables adyacentes que drenen a dicho pavimento.

Este volumen afluente se puede estimar teniendo en cuenta los datos disponibles de clima (precipitaciones máximas y curvas de intensidad-duración-frecuencia) y topografía (cuencas vertientes del área de actuación y entre ellas el área impermeable que drene sobre el emplazamiento del firme permeable, considerando las posibles modificaciones futuras que la pudiesen afectar).

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La precipitación de diseño de un firme permeable debe tener un periodo de retorno y una duración determinados, afectando la intensidad resultante a una superficie conocida.

El criterio de elección del aguacero de diseño es flexible, dependiendo del nivel de funcionalidad que se le pretenda dar al firme permeable.

Normalmente, es suficiente con considerar un periodo de retorno entre dos y diez años, con una duración de la precipitación igual al correspondiente tiempo de concentración de la cuenca impermeable vertiente, o en su defecto cinco minutos.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Cualquier pavimento permeable recién colocado cuenta con una capacidad de infiltración muy por encima de lo necesario.

Sin embargo, existe un riesgo variable de colmatación a lo largo del tiempo que debe ser tenido en cuenta, evaluando:

- Riesgo de heladas y zonas de sombra.
- Posibles acumulaciones de nieve.
- Intensidad y dirección predominante del viento, identificando zonas protegidas y zonas expuestas a la erosión eólica.
- Posibilidad de obras cercanas que puedan aumentar la tasa natural de aporte de sedimentos al pavimento permeable.

Con todo, se debe extraer una valoración del riesgo de colmatación del firme permeable en forma de **coeficiente de seguridad**, el cual debe ser como mínimo del orden de 10, pudiendo considerarse órdenes mayores como 100 ó incluso 1.000 al disminuir la esperanza de mantenimiento.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

El **volumen de agua efluente** debe calcularse analizando el tipo de gestión en función de la información disponible sobre la geotecnia e hidrogeología del área de actuación:

- Estratificación del terreno: tipos de suelos presentes, espesores y permeabilidades.
- Localización del estrato permeable y del nivel freático, situando sus máximos y mínimos a lo largo del año.
- Situación de los acuíferos: nivel de protección y aprovechamientos existentes de los mismos.
- Información disponible sobre el abastecimiento de agua y drenaje de la zona de actuación.
- Identificarán usos no potables en las proximidades, como por ejemplo el riego de jardines o la limpieza de calles.
- Estado de saturación del sistema de drenaje de pluviales de la zona, identificando problemas existentes y analizando posibles puntos de conexión diferida.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

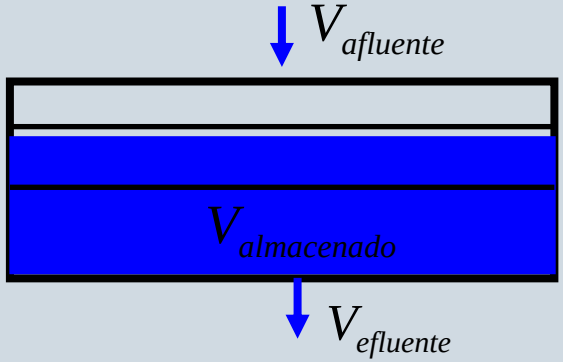
Una vez fijado el tipo de gestión del agua efluente, se deben diseñar las capas inferiores del firme permeable a tal efecto:

- En todos los casos se debe asegurar una permeabilidad creciente con la profundidad a partir del pavimento permeable.
- Los geotextiles deben tener una abertura de poro y una permeabilidad adecuadas.
- El espesor de la capa subbase será el necesario para albergar la diferencia de volumen entre el afluente y el efluente durante un determinado periodo de tiempo. Este espesor será mayor o menor en función de la porosidad del material, que se puede considerar en el rango 30-40% para capas granulares, y en torno al 90% para estructuras de plástico.
- En caso de ser necesaria, la impermeabilización del fondo del firme se realizará perfectamente, contando con los correspondientes sistemas de bombeo, desagües de fondo y aliviaderos.

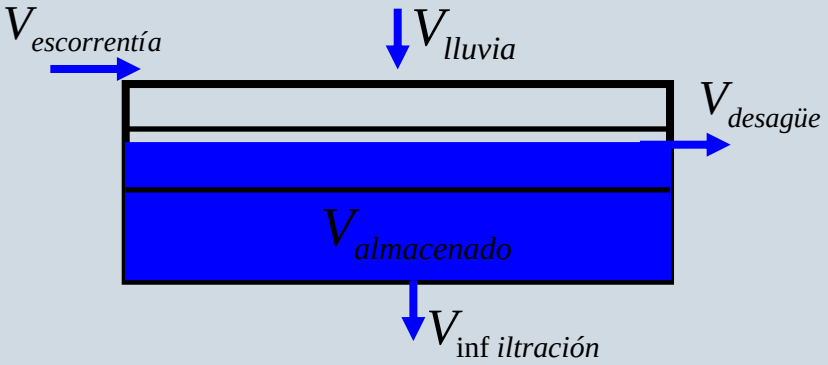
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CÁLCULO mediante balance de volúmenes:

$$V_{almacenado} = V_{afluente} - V_{efluente}$$



$$V_{almacenado} = (V_{escorrentía} + V_{lluvia}) - (V_{\inf\ iltración} + V_{desagüe})$$



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

$$V_{almacenado} = A_{permeable} \cdot \left(n_{subbase} \cdot h_{subbase} + n_{base} \cdot h_{base} + n_{superficie} \cdot h_{superficie} \right)$$

$$V_{lluvia} = I_{lluvia} \cdot A_{permeable} \cdot t_{lluvia}$$

$$V_{escorrentía} = I_{lluvia} \cdot A_{impermeable} \cdot t_{lluvia}$$

Considerando capacidad de campo 0 y coeficiente de escorrentía 1.

$$V_{infiltración} = f_{suelo} \cdot A_{infiltración} \cdot t_{infiltración}$$

$$V_{desagüe} = Q_{desagüe} \cdot t_{desagüe}$$

Siendo:

$$t_{desagüe} \leq t_{lluvia} \leq t_{infiltración}$$

Resulta:

$$A_{permeable} \cdot \left(n_{subbase} \cdot h_{subbase} + n_{base} \cdot h_{base} + n_{superficie} \cdot h_{superficie} \right) =$$
$$= I_{lluvia} \cdot t_{lluvia} \cdot \left(A_{permeable} + A_{impermeable} \right) - \left(f_{suelo} \cdot A_{infiltración} \cdot t_{infiltración} + Q_{desagüe} \cdot t_{desagüe} \right)$$

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

A) Considerando:

$$A_{\text{inf iltración}} = A_{permeable}$$

$$t_{\text{inf iltración}} = t_{lluvia}$$

$$n_{base} \cdot h_{base} + n_{\text{sup erficie}} \cdot h_{\text{sup erficie}} = 0$$

$V_{desagüe} = 0$ (no se tiene en cuenta la capacidad de desagüe).

Resulta:

$$A_{permeable} \cdot n_{subbase} \cdot h_{subbase} = I_{lluvia} \cdot t_{lluvia} \cdot \left(A_{permeable} + A_{impermeable}\right) - f_{suelo} \cdot A_{permeable} \cdot t_{lluvia}$$

Conociendo el terreno y los materiales de construcción, se puede dimensionar el espesor de la subbase:

$$h_{subbase} = \frac{t_{lluvia}}{n_{relleno}} \cdot \left(I_{lluvia} \frac{A_{permeable} + A_{impermeable}}{A_{permeable}} - f_{suelo} \right)$$

Pratt C.J., Wilson S. & Cooper P. (2002). Source control using constructed pervious surfaces. Hydraulic, structural and water quality performance issues. London: CIRIA; CIRIA C582, RP637. Página 53.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

B) Considerando:

$$A_{\text{inf iltración}} = A_{permeable}$$

$$V_{afluente} = V_{tratamiento}$$

$$n_{subbase} \cdot h_{subbase} + n_{base} \cdot h_{base} = n_{relleno} \cdot h_{relleno}$$

$V_{desagüe} = 0$ (no se tiene en cuenta la capacidad de desagüe).

Resulta:

$$A_{permeable} \cdot \left(n_{relleno} \cdot h_{relleno} + n_{\text{sup erficie}} \cdot h_{\text{sup erficie}} \right) = V_{tratamiento} - f_{suelo} \cdot A_{permeable} \cdot t_{\text{inf iltración}}$$

Conociendo el terreno y los materiales de construcción se puede despejar el área permeable necesaria para un determinado volumen de tratamiento:

$$A_{permeable} = \frac{V_{\text{tratamient o}}}{\left(n_{relleno} \cdot h_{relleno} + n_{\text{sup erficie}} \cdot h_{\text{sup erficie}} \right) + f_{suelo} \cdot t_{\text{inf iltración}}}$$

Puertas Agudo, J.; Suárez López, J.; Anta Álvarez, J. (2008) Gestión de las aguas pluviales: implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. Madrid: Ministerio de Fomento. Monografías CEDEX, M-98. Página 547.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

COMPROBACIÓN DE LA DURABILIDAD:

La durabilidad de un firme permeable está directamente asociada a su capacidad portante, siendo esta la propiedad que le permite soportar las cargas aplicadas sobre él a lo largo del tiempo.

Se deben considerar el tipo y la intensidad del tráfico en las distintas zonas en las que se vayan a aplicar firmes permeables. Todo ello previendo cualquier modificación futura que pudiese darse.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Actualmente, las aplicaciones de los firmes permeables se realizan en espacios urbanos que deben soportar niveles de tráfico ligeros:

- Intensidades medias diarias (IMD) de vehículos pesados inferiores a 50.

Las correspondientes categorías de tráfico son:

- Según la norma para carreteras 6.1-IC (Instrucción de carreteras, 2003): categorías T41 y T42.
- Según Manchón *et al.* (2000) en sus recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano: categorías D, E, F y G, incluido tráfico peatonal.

Así, por ejemplo, en los aparcamientos de superficie situados a las afueras de las ciudades, podría considerarse una IMD estimada de 10 vehículos pesados al día.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Para soportar estas solicitaciones, las resistencias de los materiales de construcción y los espesores de las distintas capas del firme permeable deben ser adecuados:

- La explanada debe ofrecer un soporte mínimo con un CBR mayor de 5, debiendo aumentar esta exigencia al aumentar el tráfico considerado.
- Las capas base y subbase deben asegurar una correcta trasmisión de las cargas a la explanada, bien mediante el empleo de áridos de granulometría lo más continua posible o de estructuras de plástico con resistencias suficientes.
- Con todo, los espesores estimados para asegurar la funcionalidad del firme suelen ser superiores a los empleados habitualmente desde el punto de vista estructural, tomando como referencia el catálogo de firmes urbanos de Manchón *et al.* (2000).

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

- En caso de ser necesario, es posible reforzar las secciones permeables con geosintéticos o estabilizaciones con cemento, empleando hormigones porosos pobres.

- Respecto al pavimento permeable, se debe comprobar la **adecuación de los materiales empleados** a las circunstancias del emplazamiento:
  - Resistencia a los esfuerzos tangenciales: solicitaciones de gran importancia en zonas urbanas originadas principalmente por el frenado y la aceleración de los vehículos.
  - Durabilidad frente a la acción del agua y el posible efecto de los vertidos de hidrocarburos (combustibles, aceites y grasas sobre mezclas bituminosas porosas) o de las sales antihielo (sobre el hormigón poroso).

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

APARCAMIENTOS EXPERIMENTALES CONSTRUIDOS:

- 2005- GIJÓN:
  APARCAMIENTO EXPERIMENTAL “LA GUÍA”.
- 2008- SANTANDER:
  APARCAMIENTO EXPERIMENTAL “LAS LLAMAS”.
- 2009- GIJÓN:
  APARCAMIENTO EXPERIMENTAL “PCTG”

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

2005- GIJÓN

APARCAMIENTO EXPERIMENTAL “LA GUÍA”

Ayuntamiento
de Gijón
MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA
UC
UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA
PLAZAS DE APARCAMIENTO
EXPERIMENTALES
Universidad
de Oviedo
DESARROLLO DE NUEVAS ESTRUCTURAS DE
FIRMES FILTRANTES BIODEGRADABLES DE
HIDROCARBUROS
Coventry University
GITECO
UC

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

2008- SANTANDER

APARCAMIENTO EXPERIMENTAL “LAS LLAMAS”

RIU. S.A.
RIU. S.A.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

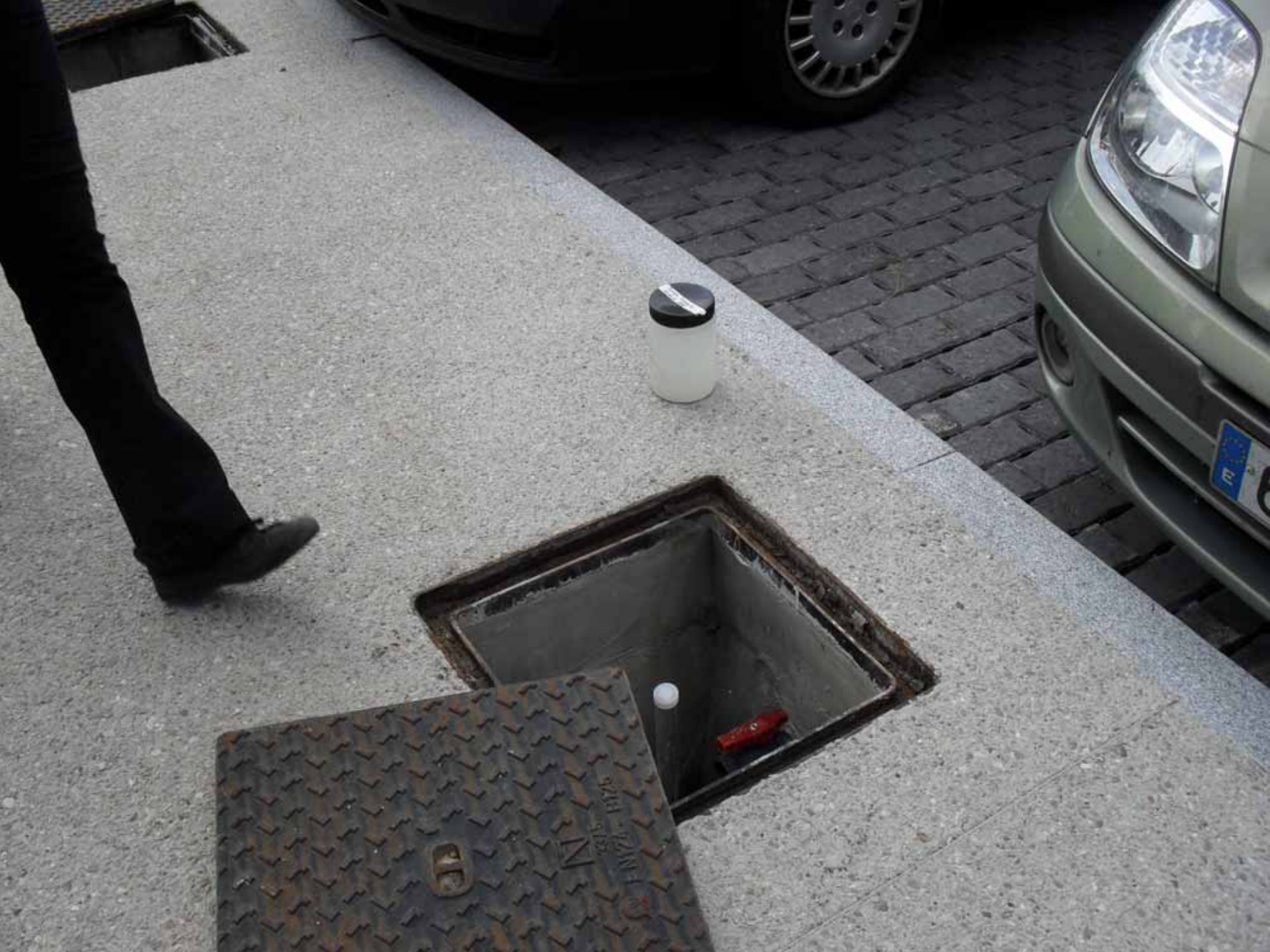
2009- GIJÓN

APARCAMIENTO EXPERIMENTAL “PCTG”

danosa

BOSCH

MEGANE
2195 FXX



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

VENTAJAS E INCONVENIENTES

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

CONCLUSIONES

- Los firmes permeables pueden considerarse como una cadena de drenaje sostenible completa por sí mismos, ofreciendo infiltración, captación, transporte y almacenamiento.
- El diseño de los firmes permeables debe realizarse partiendo de una completa recogida de información que permita la selección de la tipología más adecuada, el diseño de la funcionalidad y la comprobación de la durabilidad.
- Los firmes permeables deben ejecutarse con el mayor control de calidad posible, asegurando un mantenimiento adecuado a lo largo del tiempo para maximizar su vida útil.

REFERENCIAS

- Castro D., Bayón J.R., Rodríguez J. & Ballester F. (2005). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). *Interciencia*, May, Vol. 30 No. 5 pp. 255-260.
- Ferguson B.K. (2005). Porous pavements. Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis. Integrative Studies in Water Management and Land Development; 6. Series Editor Robert L. France. ISBN: 0-8493-2670-2.
- Pratt C.J., Wilson S. & Cooper P. (2002). Source control using constructed pervious surfaces. Hydraulic, structural and water quality performance issues. London: CIRIA; CIRIA C582, RP637; 152 p.
- Puertas Agudo, J.; Suárez López, J.; Anta Álvarez, J. (2008) Gestión de las aguas pluviales: implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. Madrid: Ministerio de Fomento. Monografías CEDEX; 98. ISBN 978-84-7790-475-5

REFERENCIAS

- Rodríguez Bayón, J. (2008). Análisis de los aspectos de depuración y degradación de los hidrocarburos presentes en la escorrentía urbana, en los firmes permeables. Tesis doctoral de la Universidad de Cantabria dirigida por Daniel Castro Fresno y Juan Carlos Canteras Jordana.
- Rodríguez Hernández, J. (2008) Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros. Tesis doctoral de la Universidad de Cantabria dirigida por Daniel Castro Fresno y Miguel Ángel Calzada Pérez. Tesis Doctoral en Red (TDR). ISBN 978-84-691-5855-5 URL: http://www.tesisenred.net/TDR-0731108-124718
- Rodriguez-Hernandez, J.; Castro-Fresno, D.; Calzada-Perez, M. A. (2009) Investigación de secciones permeables de firmes para vías urbanas. Análisis de la capacidad de infiltración y de la funcionalidad de firmes permeables de adoquines y mezcla bituminosa porosa. Monografía basada en la Tesis doctoral del primer autor. Saarbrücken (Alemania): Lambert Academic Publishing. ISBN: 978-3-8383-0814-2

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Ministerio de Ciencia y Innovación y al Ministerio de Educación y Ciencia por su apoyo a esta línea de investigación desde el proyecto.

Gracias al CDTI, a Sodercan y las empresas Contratas Iglesias, SIEC, Hanson Formpave, Bloques Montserrat y Emilio Bolado.

Gracias al Ayuntamiento de Gijón, al Ayuntamiento de Santander, a la Universidad de Coventry, a la Universidad de Oviedo, al Grupo de Caminos y al Grupo de Ecología de la Universidad de Cantabria por su apoyo y colaboración.

Gracias a NILSA por su invitación y a ustedes por su atención.

www.giteco.unican.es

jorge.rodriguez@unican.es

TURNO DE PREGUNTAS Y ACLARACIONES

Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS)

Casos Prácticos en España y Proyecto AQUAVAL (Life+08)

SARA PERALES MOMPARLER
Ing. de Caminos, C. y P.; CEng MICE
Gerente PMEnginyeria

Jornada de Drenaje Sostenible. Pamplona. 29 de octubre de 2010.

SuDS en España y Proyecto AQUAVAL (Life+08)

Introducción

1.Implementación de SuDS a nivel Internacional

2.Casos Prácticos de SuDS en España

3.Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

Conclusiones

www.pmeenginyeria.com

Introducción

SuDS: Definición y Objetivos:

Estrategia innovadora de gestión de aguas pluviales

y planeamiento urbano

que persigue reproducir / restituir

los procesos hidrológicos previos al desarrollo urbanístico

(infiltración, filtrado, almacenamiento, evapotranspiración),

integrando estratégicamente elementos de control de escorrentía

en el paisaje urbano.

www.pmeingineria.com

Introducción

www.pmenginyeria.com

Introducción

SuDS: Objetivos:

1.Protección Medioambiental de los Medios Receptores y Reducción del Riesgo de Inundación

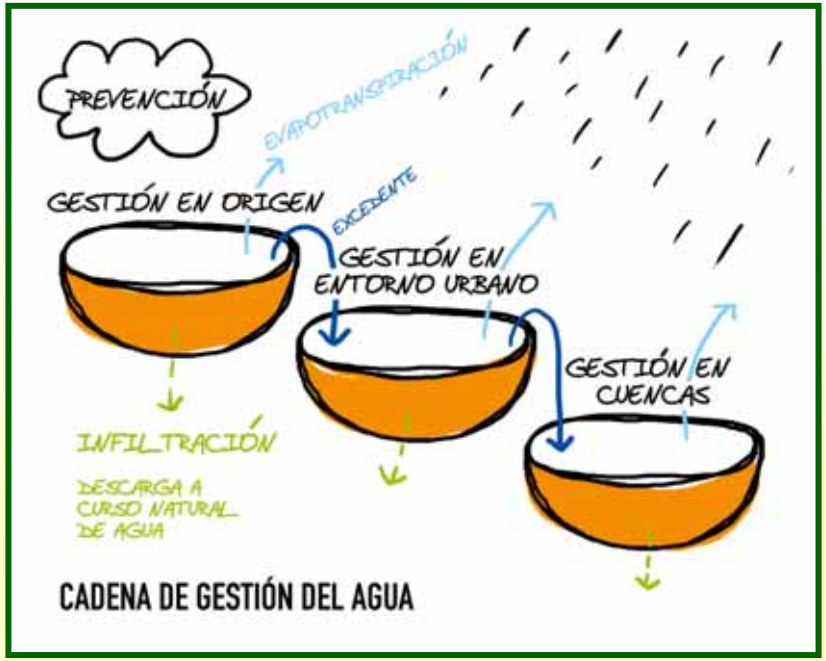
2.Eficiencia en la Inversión (Abordable Económicamente) y Sostenibilidad a Largo Plazo

3.Multifuncionalidad - Aporte de Beneficios Colaterales Deseados por los Ciudadanos

www.pmenginyeria.com

Introducción

EN ORIGEN

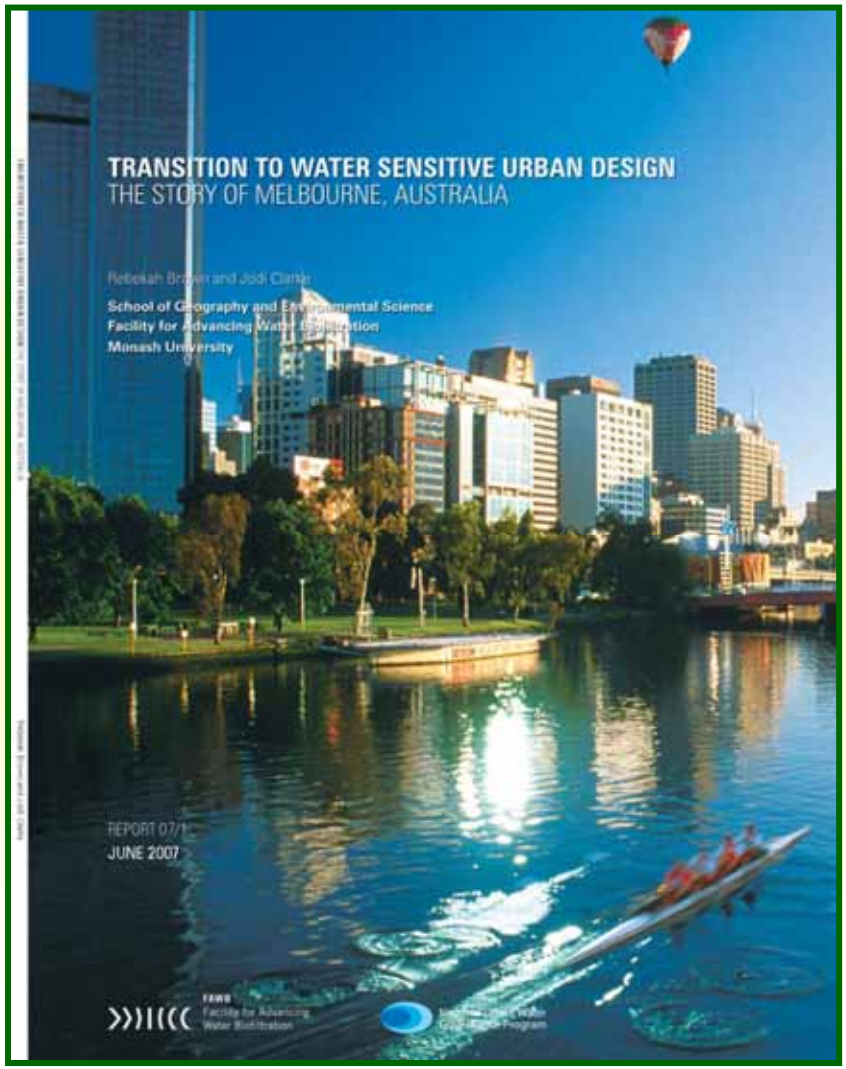


EN ENTORNO URBANO

EN CUENCA

www.pmenginyeria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional



www.pmenginyeria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

Australia – Melbourne (Brown, R.R. y Clarke, J.M., 2007)

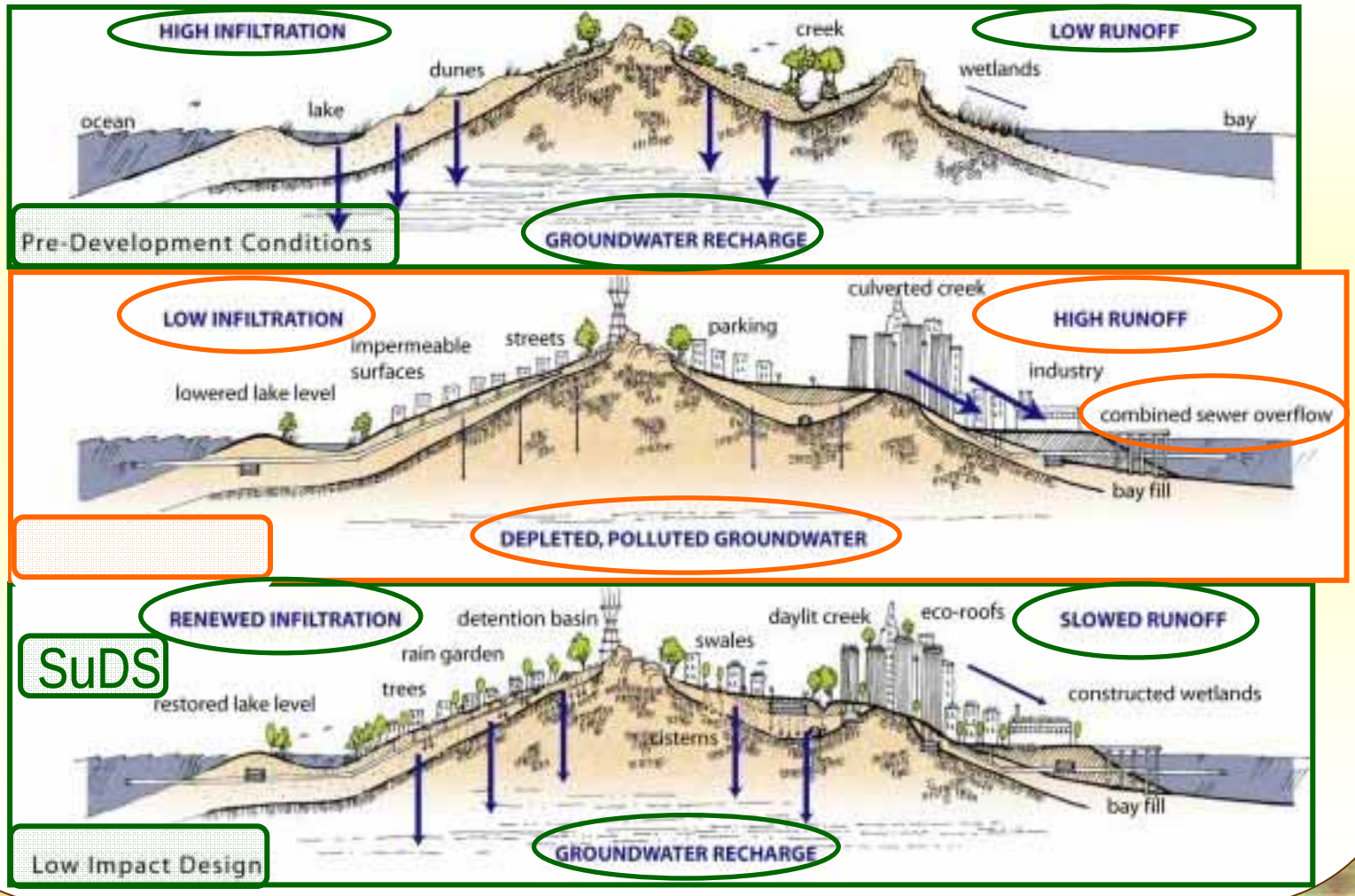
- Fase 1 (Mediados '60s – 1989): "Germen para el cambio"
- Fase 2 (1990 – 1995): "Construyendo conocimiento y relaciones"
- Fase 3 (1996 – 1999): "Creación de un grupo de expertos – abanderados"
- Fase 4 (2000 – 2006): "Estabilización del grupo de expertos – abanderados"
  - Obligatoriedad SuDS en nuevos desarrollos urbanos
  - Opcional para desarrollos industriales, comerciales y proy. de reforma

- Necesidad de:
  - Reforzar y expandir conocimientos
  - Articular objetivos comunes con otros campos (CC, RRHH alternativos)

www.pmenginyeria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

SAN FRANCISCO



www.pmenginyeria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

SAN FRANCISCO

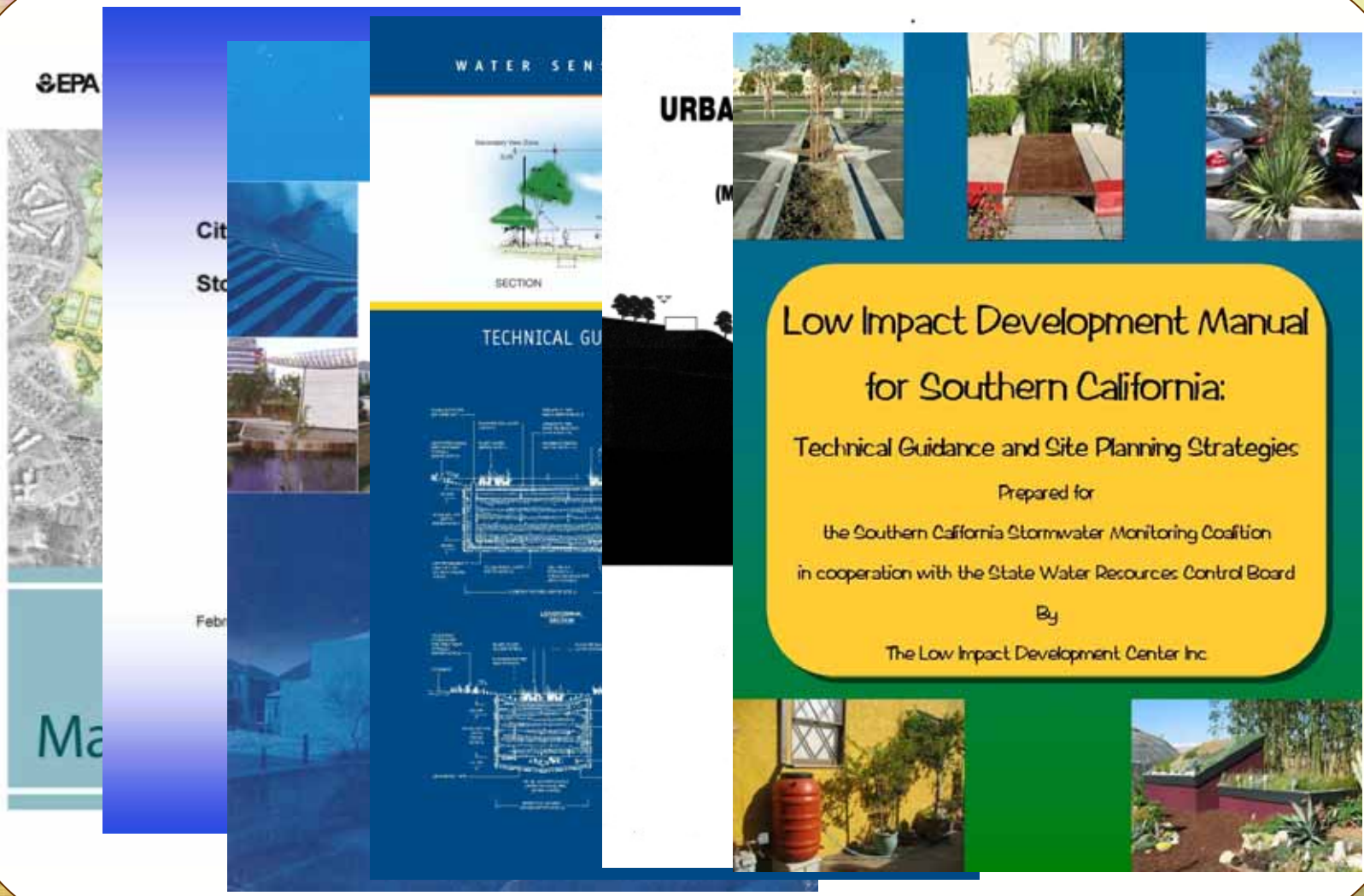
www.pmenginyeria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

SAN FRANCISCO

www.pmenginyeria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional



www.pmeingenieria.com

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

Flood and Water Management Act 2010

CHAPTER 29

CONTENTS

PART 1

FLOOD AND COASTAL EROSION RISK MANAGEMENT

1. Key concepts and definitions

1 "Flood" and "coastal erosion"
2 "Risk"
3 "Risk management"
4 "Flood risk management function"
5 "Coastal erosion risk management function"
6 Other definitions

2. Strategies, co-operation and funding

7 National flood and coastal erosion risk management strategy: England
8 National flood and coastal erosion risk management strategy: Wales
9 Local flood risk management strategies: England
10 Local flood risk management strategies: Wales
11 Effect of national and local strategies: England
12 Effect of national and local strategies: Wales
13 Co-operation and arrangements
14 Power to request information
15 Civil sanctions
16 Funding
17 Levies

3. Supplemental powers and duties

18 Environment Agency: reports
19 Local authorities: investigations
20 Ministerial directions
21 Lead local authorities: duty to maintain a register

4. Regional Flood and Coastal Committees

22 Establishment
23 Consultation and consent
24 Membership
25 Money
26 "The Minister"

5. General

27 Sustainable development
28 Power to make further amendments
29 Restructuring
30 Designation of features
31 Amendment of other Acts

PART 2

MISCELLANEOUS

32 Sustainable drainage
33 Reservoirs
34 Special administration
35 Provision of infrastructure
36 Water use: temporary bans
37 Civil sanctions
38 Incidental flooding or coastal erosion: Environment Agency
39 Incidental flooding or coastal erosion: local authorities
40 Building regulations: flood resistance
41 Compulsory works orders
42 Agreements on new drainage systems
43 Drainage: concessionary charges for community groups
44 Social tariffs
45 Water and sewerage charges: non-owner occupiers
46 Abolition of Fisheries Committee (Scotland)

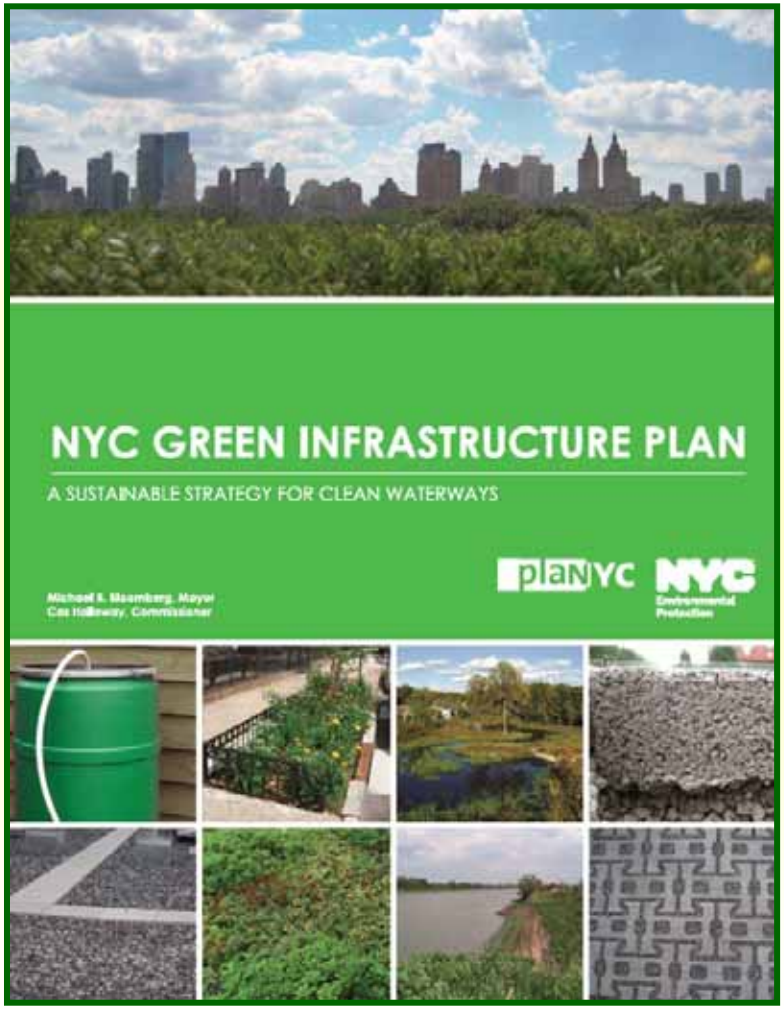
PART 3

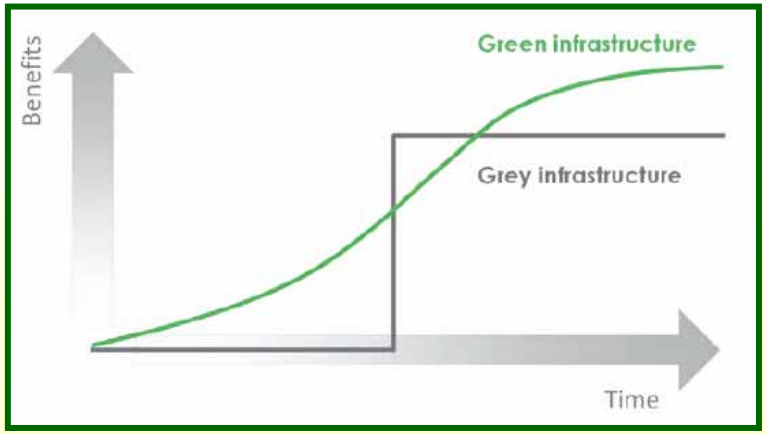
GENERAL

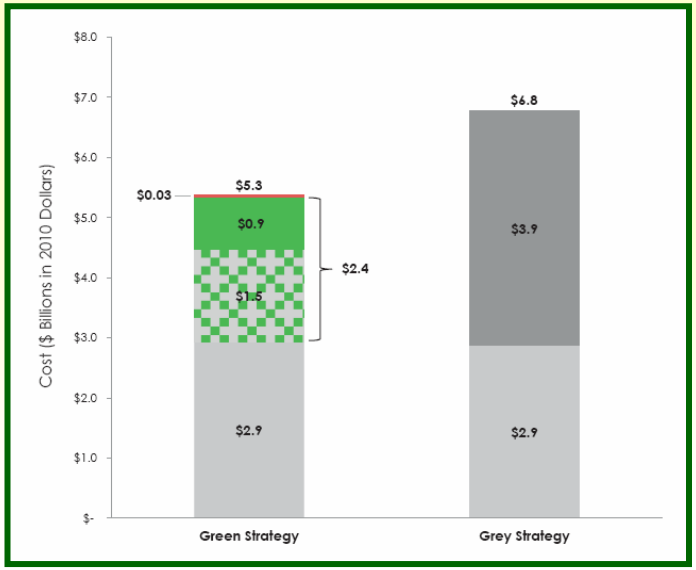
47 Pre-consolidation amendments
48 Subordinate legislation
49 Technical provision

Schedule 1 — Risk Management: Designation of Features
Schedule 2 — Risk Management: Amendment of Other Acts
Schedule 3 — Sustainable Drainage

1. Implementación de SuDS a Nivel Internacional

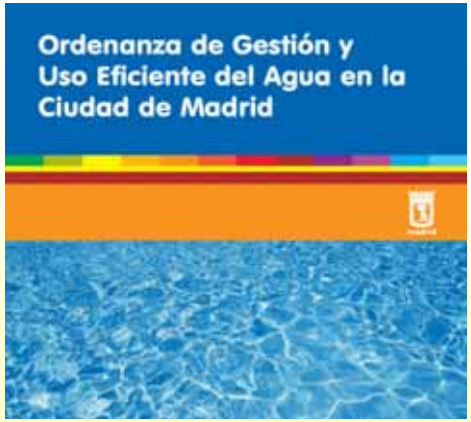






www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España



3. Sin prejuicio de las previsiones generales de los artículos anteriores, se establecen los siguientes mínimos:

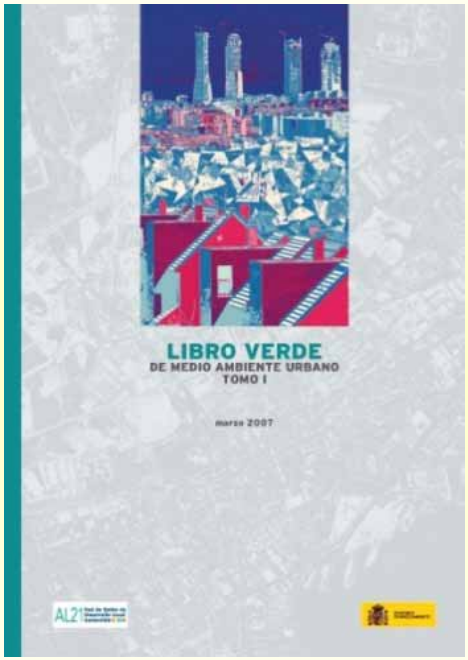
   a) en las aceras de ancho superior a 1,5 m: 20 % como mínimo de superficie permeable.

   b) para bulevares y medianas: 50 % como mínimo de superficie permeable.

   c) para las plazas y zonas verdes urbanas: 35 % como mínimo de superficie permeable.

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España



- Urbanización de **bajo impacto**: **reducir** el sellado y la **impermeabilización** del suelo
- Establecer en los **planes** urbanísticos valores **mínimos** de suelo **permeable**
- **Cubiertas vegetadas**: efectos beneficiosos
- **Captación** del agua de **lluvia** para su **aprovechamiento** en origen
- **Vincular** el desarrollo urbano al **ciclo del agua** en su expresión local

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

- *Directriz 11: Captación, drenaje y gestión de aguas **pluviales**. Sería necesario, por normativa municipal, en todo nuevo desarrollo urbanístico:*
  - *Introducir el drenaje separativo*
  - *La **permeabilización** de superficies urbanas*
  - *La **captación** de agua de lluvia en cisternas y aljibes*
- *Estas medidas pueden y deben fomentarse de **forma descentralizada**, en zonas ya urbanizadas, mediante adecuados **incentivos económicos** (ej. Alemania).*
- *En definitiva, se trata de desarrollar **estrategias inteligentes** que **integren** el tratamiento de los **eventos extremos**, tanto de **sequía** como de **tormenta** que, como sabemos, tienden a ser **más frecuentes e intensos** en la dinámica de **cambio climático**.*

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

- 3.4: Criterios Relativos a las Redes e Infraestructuras:

3.4.2: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

www.pmenginyeria.com

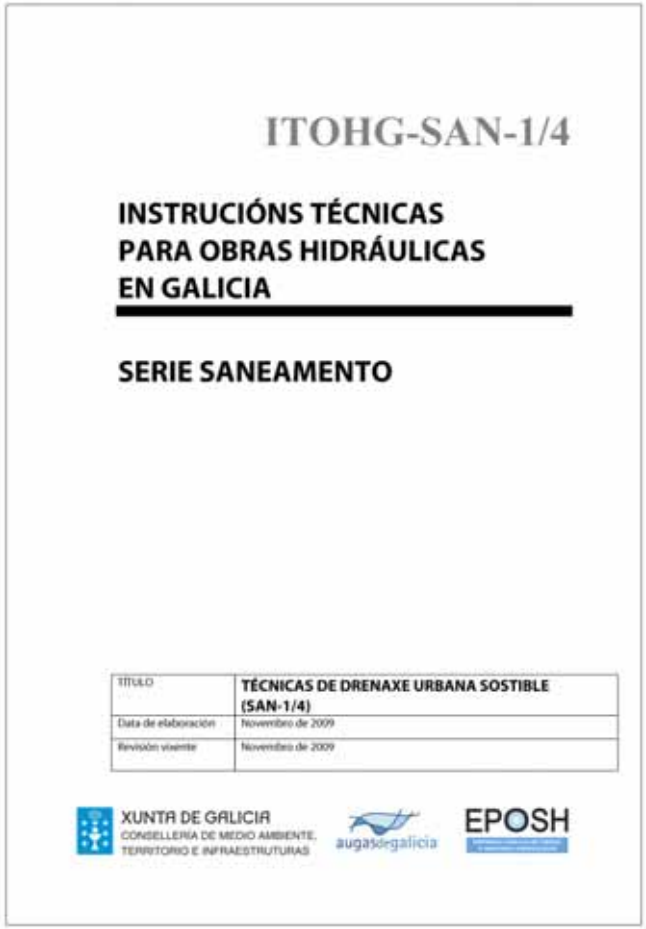
2. Casos Prácticos de SuDS en España

Tabla 11.18. Capacidad de los sistemas de tratamiento para gestionar y tratar las aguas pluviales *(adaptado de NYSDEC, 2001; MDE, 2000 y ARC, 2001).*

GRUPO	TDUS	PRECIPITACIÓN				Pr d
		WQv	Nitrógeno	Metales	Bacterias	
ESTANQUES	Detención	NO	–	–	–	
	Retención	SÍ	B	B	B	
HUMEDALES		SÍ	B	R	B	
INFILTRACIÓN	Zanjas de infiltración	SÍ	B	B	B	
	Pozo de infiltración	SÍ	B	B	B	
	Estanque infiltración	SÍ	B	B	B	
	Pavimentos porosos	NO	B	R	N/D	
	Pavimentos modulares	NO	B	B	N/D	
BIOFILTROS VEGETALES	Cuneta seca	SÍ	B	B	R	
	Cuneta húmeda	SÍ	R	B	M	
	Zonas biorretención	SÍ	B	B	R	A
	Zanjas vegetales filtrantes	NO	R	R	N/D	
FILTROS	Superficiales	SÍ	B	R	R	A
	Perimetrales	SÍ	B	R	R	A
	Subterráneos	SÍ	B	R	R	
	Orgánicos	SÍ	B	N/D	R	A

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España



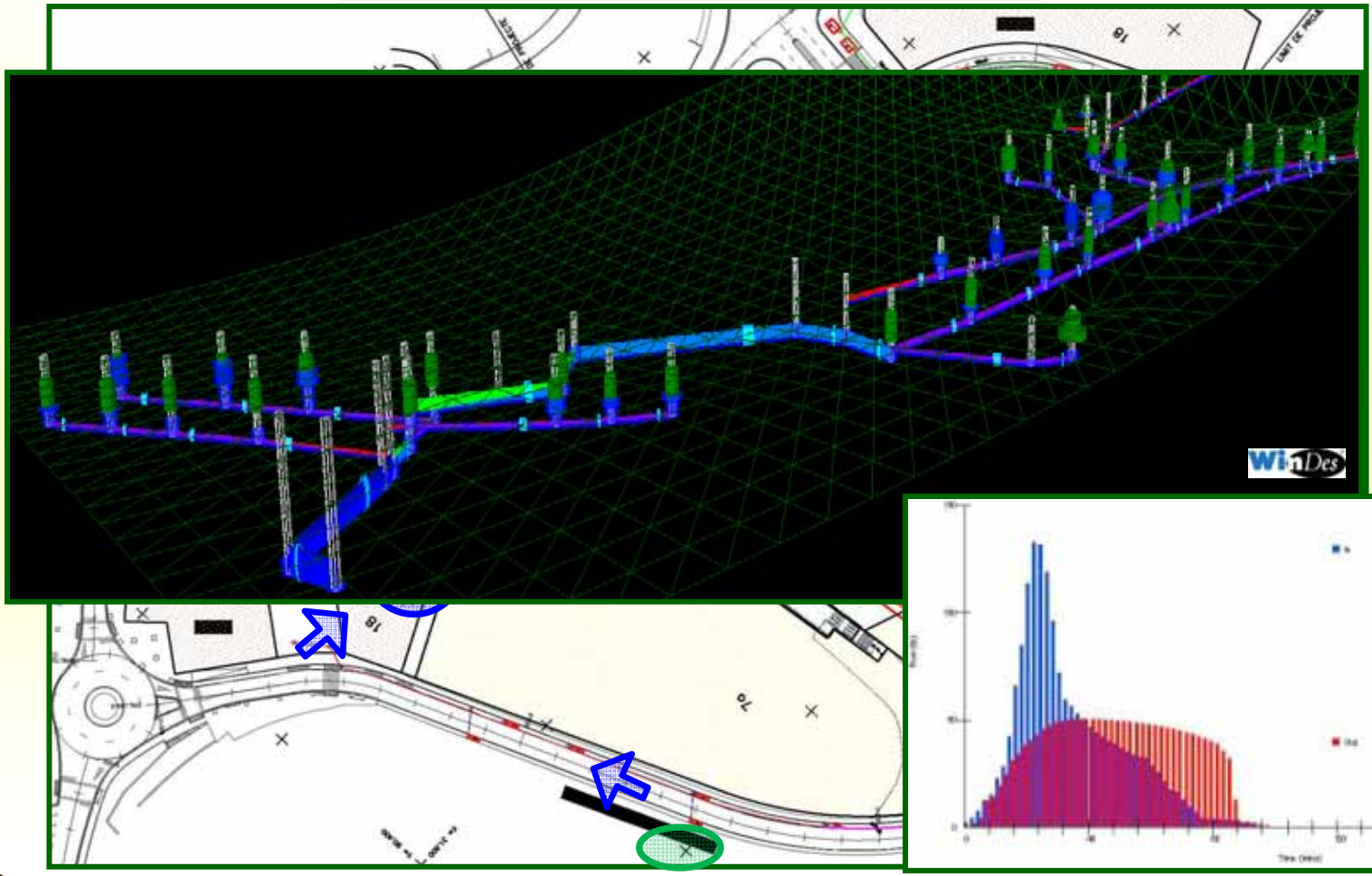
- Clara apuesta por el **control** de la **contaminación** de las aguas **pluviales**

- *Establece como **solución** más adecuada el uso de TDUS (**SuDS**), potenciando su uso en **cualquier ámbito** de los sistemas de saneamiento y drenaje*

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Urb. Torre Baró - BARCELONA



www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Urb. Torre Baró - BARCELONA

www.pmenginyeria.com

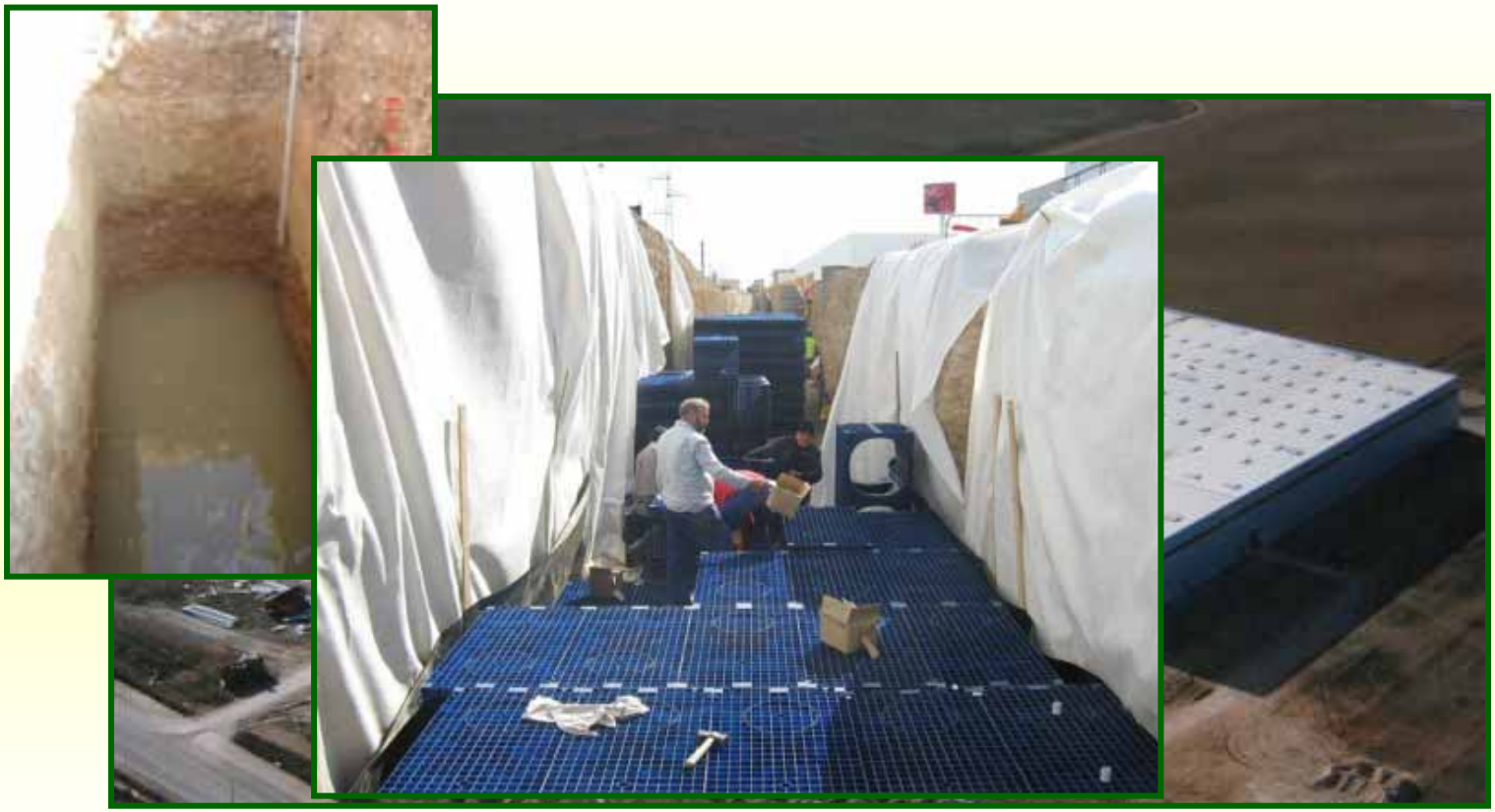
2. Casos Prácticos de SuDS en España

Urb. Torre Baró - BARCELONA

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Parcela Ind. Villanueva de Gállego - ZARAGOZA



www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Parque de Servicios Municipal- CREVILLENTE

www.pmeenginyeria.com

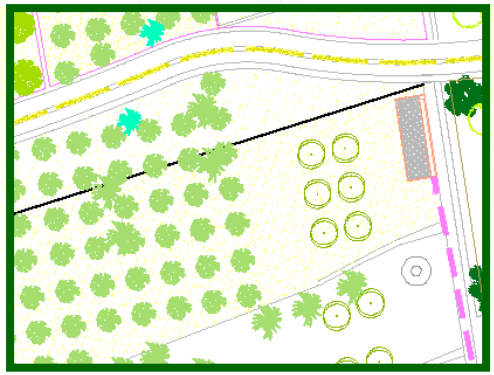
2. Casos Prácticos de SuDS en España

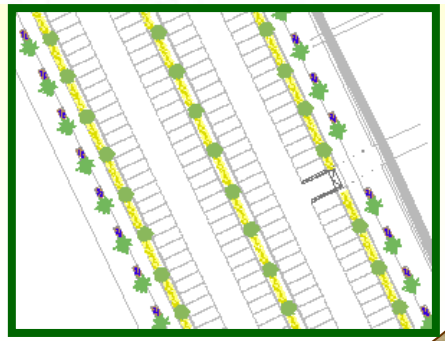
Urb. MR-10 - LA MARINA D'ELX

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Urb. MR-10 - LA MARINA D'ELX

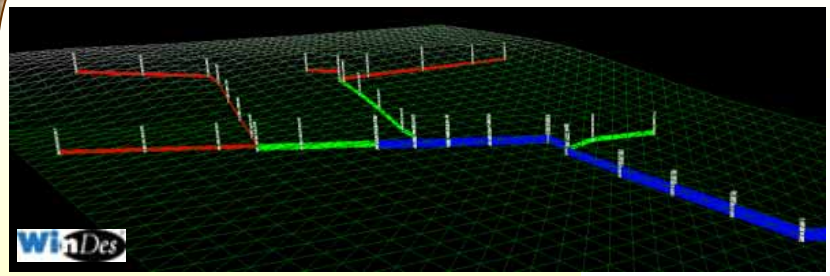


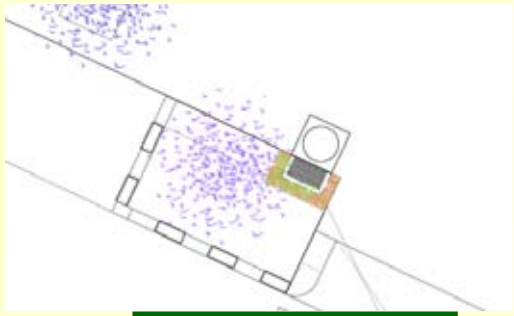


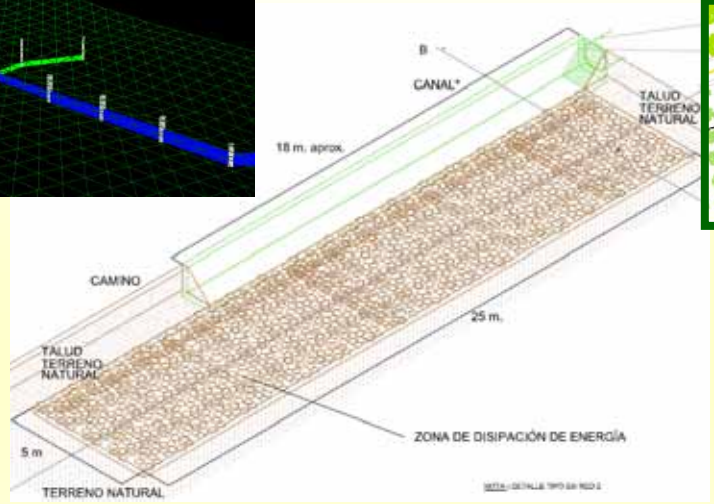
www.pmenginyeria.com

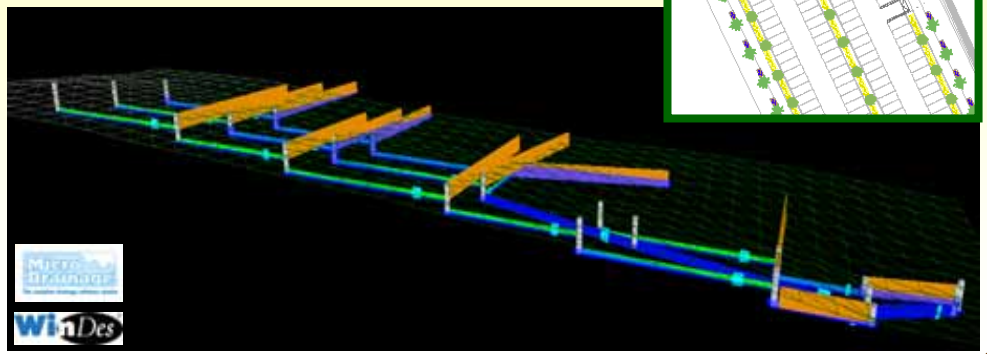
2. Casos Prácticos de SuDS en España

Urb. MR-10 - LA MARINA D'ELX



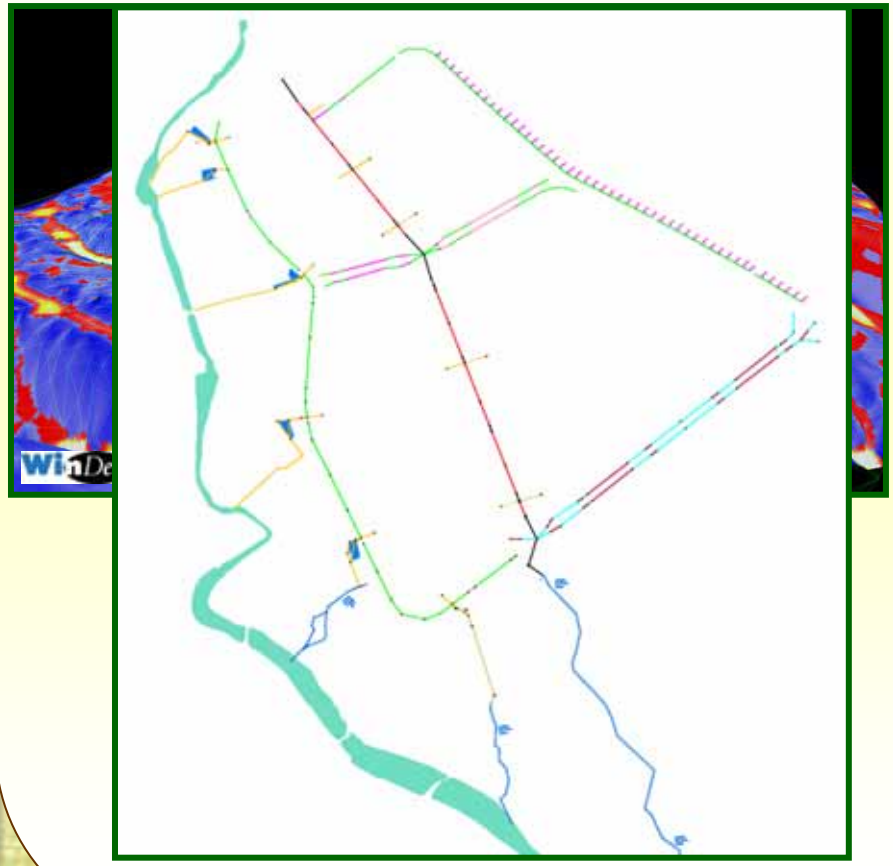


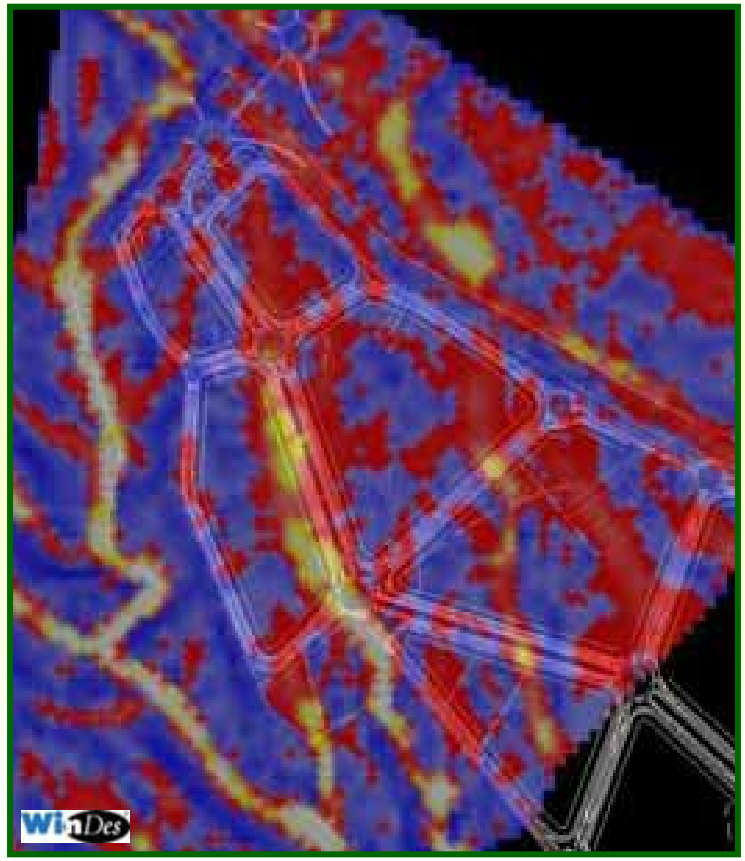




2. Casos Prácticos de SuDS en España

Pol. Ind. Soterranyes - VINARÒS

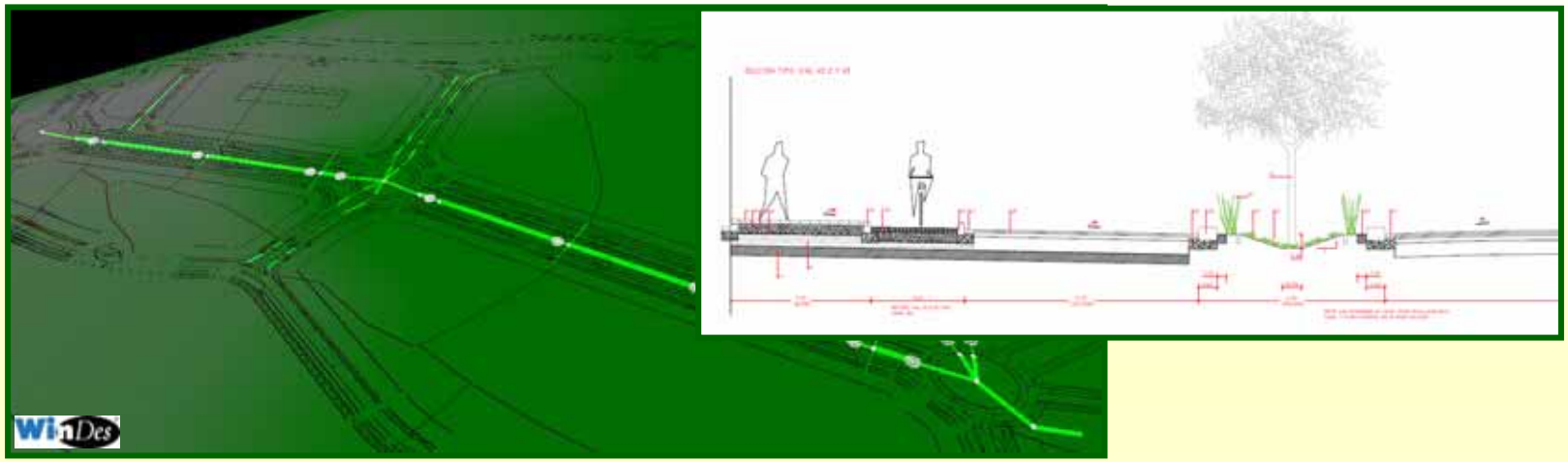


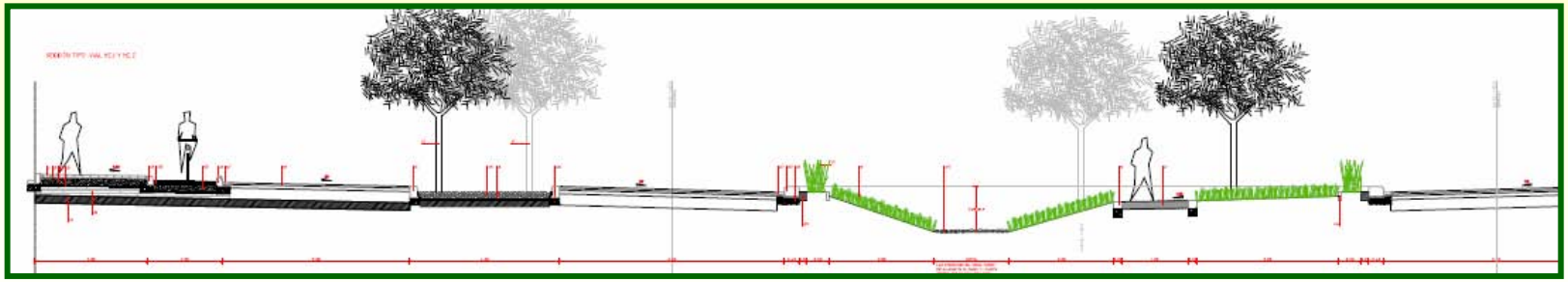


www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Pol. Ind. Soterranyes - VINARÒS

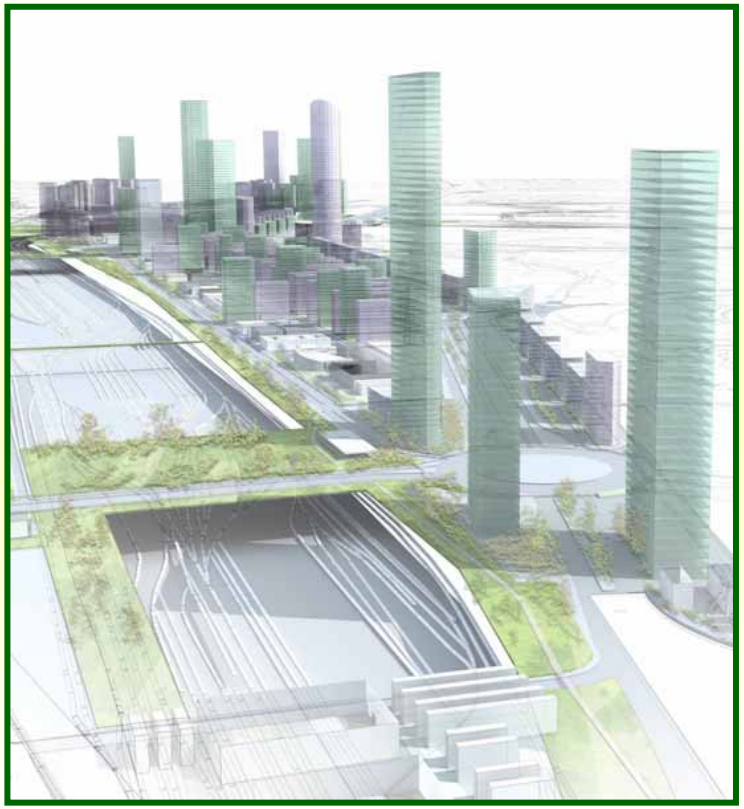




www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID



www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Objetivos referentes a la Gestión de Aguas Pluviales:

- Protección de las redes y equipamientos de saneamiento existentes aguas abajo, así como de los cauces receptores, reduciendo los caudales pico generados en el ámbito ante eventos de precipitación (Caudal pico)

- Reducción del gasto energético (disminución emisiones CO_2) en bombeos (traslado agua hasta depuradora) y tratamiento del agua de lluvia
  ↓ (Volumen escorrentía → Infiltración-Evapotranspiración)

- Definición de los criterios de sostenibilidad a introducir en la ordenación, para su posterior desarrollo en proyectos de urbanización y edificación

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Selección de los SuDS más adecuados:

Results

Ordered by Total

WinDes®

	Quick Rank View	Hydrological	Land Use	Site Features	Total	Community & Environment	Economic & Maintenance
Pervious Pavement	(1, 8, 5)	1st (33)	1st (10)	1st (40)	1st (83)	8th (21)	5th (22)
Infiltration Trench / Soakaway	(2, 11, 8)	2nd (31)	4th (8)	1st (40)	2nd (79)	11th (19)	8th (20)
Green Roofs	(3, 6, 2)	6th (23)	1st (10)	1st (40)	3rd (73)	6th (23)	2nd (24)
On / Offline Storage	(4, 6, 8)	10th (19)	1st (10)	1st (40)	4th (69)	6th (23)	8th (20)
Infiltration Basin	(5, 13, 8)	2nd (31)	9th (2)	7th (32)	5th (65)	13th (18)	8th (20)
Bioretention Area	(5, 1, 11)	6th (23)	6th (6)	6th (36)	5th (65)	1st (29)	11th (18)
Filtration Techniques	(7, 8, 13)	13th (14)	4th (8)	1st (40)	7th (62)	8th (21)	13th (14)
Grassed Swales	(8, 5, 5)	4th (24)	8th (4)	7th (32)	8th (60)	5th (24)	5th (22)
Filter Drains	(9, 11, 11)	10th (19)	6th (6)	7th (32)	9th (57)	11th (19)	11th (18)
Wet Ponds	(10, 4, 1)	4th (24)	9th (2)	11th (26)	10th (52)	4th (26)	1st (26)
Grassed Filter Strip	(11, 3, 2)	12th (16)	9th (2)	7th (32)	11th (50)	3rd (27)	2nd (24)
Dry Detention	(12, 8, 2)	8th (21)	9th (2)	11th (26)	12th (49)	8th (21)	2nd (24)
Stormwater Wetlands	(13, 1, 5)	8th (21)	9th (2)	13th (24)	13th (47)	1st (29)	5th (22)

www.pmeingenieria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Cálculo Hidrológico-Hidráulico del funcionamiento de los SuDS propuestos, tanto a modo aislado como del funcionamiento de todo el sistema de drenaje en su conjunto

Se analizan cuatro casuísticas:

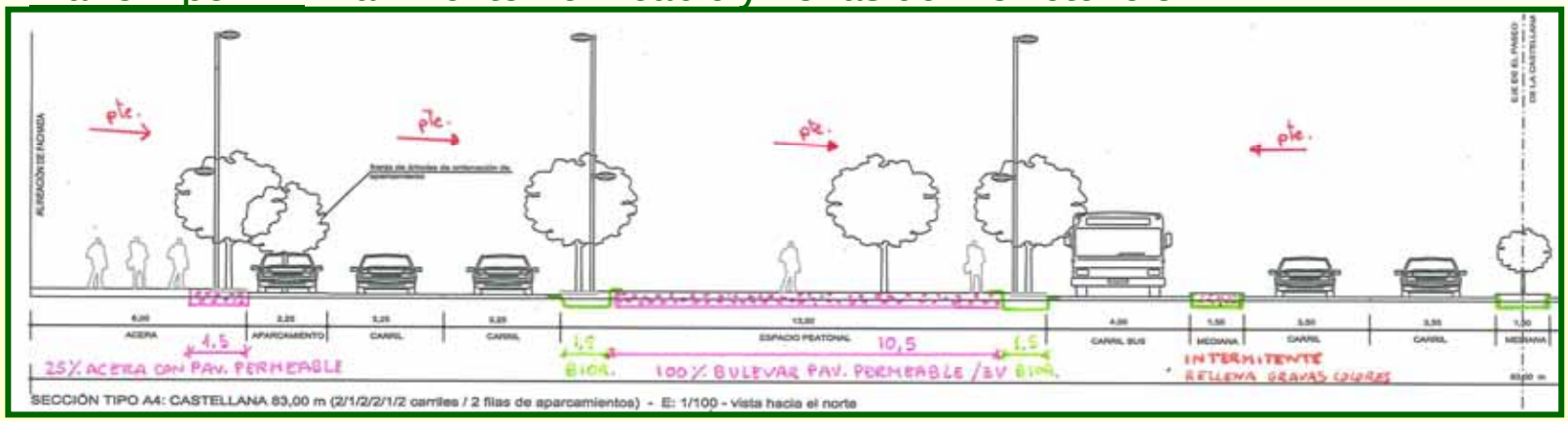
- *Nivel 0: Red de drenaje convencional*
- *Nivel 1: SuDS únicamente en viario*
- *Nivel 2: SuDS en viario y en parcelas (tanto públicas como privadas)*
- *Nivel 3: Como Nivel 2, pero mayor superficie de ocupación (7% en lugar del 2%) de las zonas de detención-infiltración en las parcelas con urbanización*

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Viario Tipo V-A: Pavimento Permeable y Zonas de Biorretención



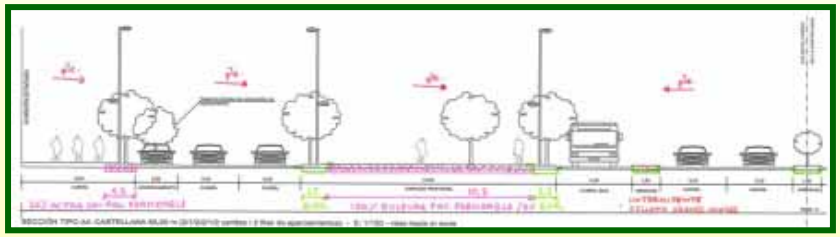
SECCIÓN TIPO A4: CASTELLANA 83,00 m (2/1/2/2/1/2 carriles / 2 filas de aparcamientos) - E: 1/100 - vista hacia el norte

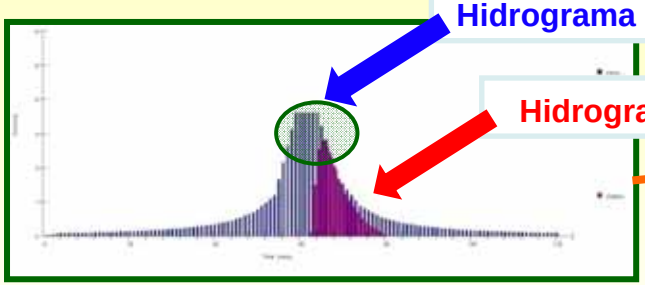
www.pmenginyeria.com

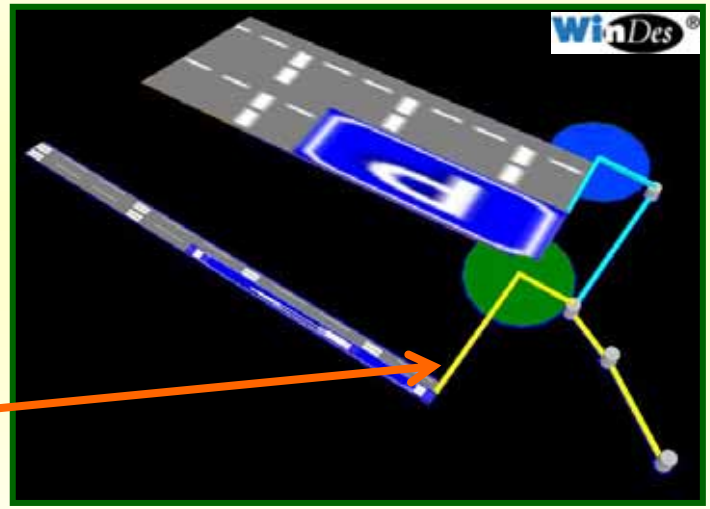
2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Viario Tipo V-A: Pavimento Permeable y Zonas de Biorretención







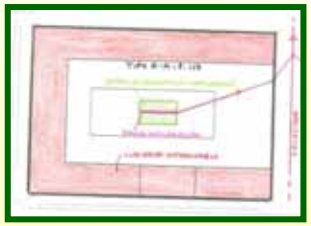
Tipo V-A	Convencional	SuDS	Disminución Convencional→SuDS
Caudal Pico	27,0 l/s	8,5 l/s	68%
Volumen Escorrentía	34,7 m^3	8,5 m^3	75%

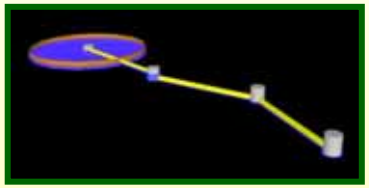
www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

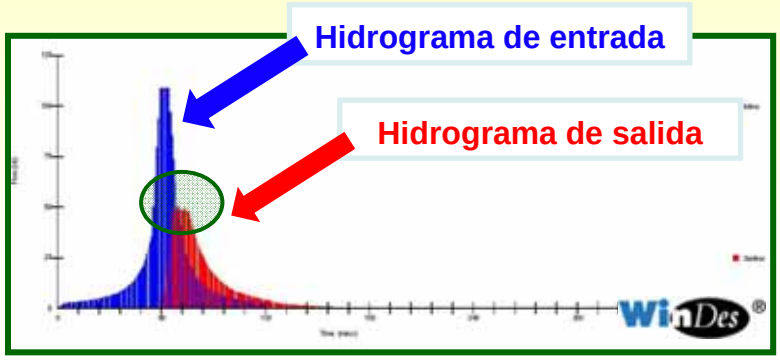
Prolongación de la Castellana - MADRID

Parcela Tipo R-A (Residencial Abierta): Depósitos de Detención-Infiltración + Zanjas de Infiltración





Tipo R-A	Convencional	SuDS	Disminución Convencional→SuDS
Caudal Pico	108,7 l/s	49,1 l/s	55%
Volumen Escorrentía	139,5 m^3	79,9 m^3	43%



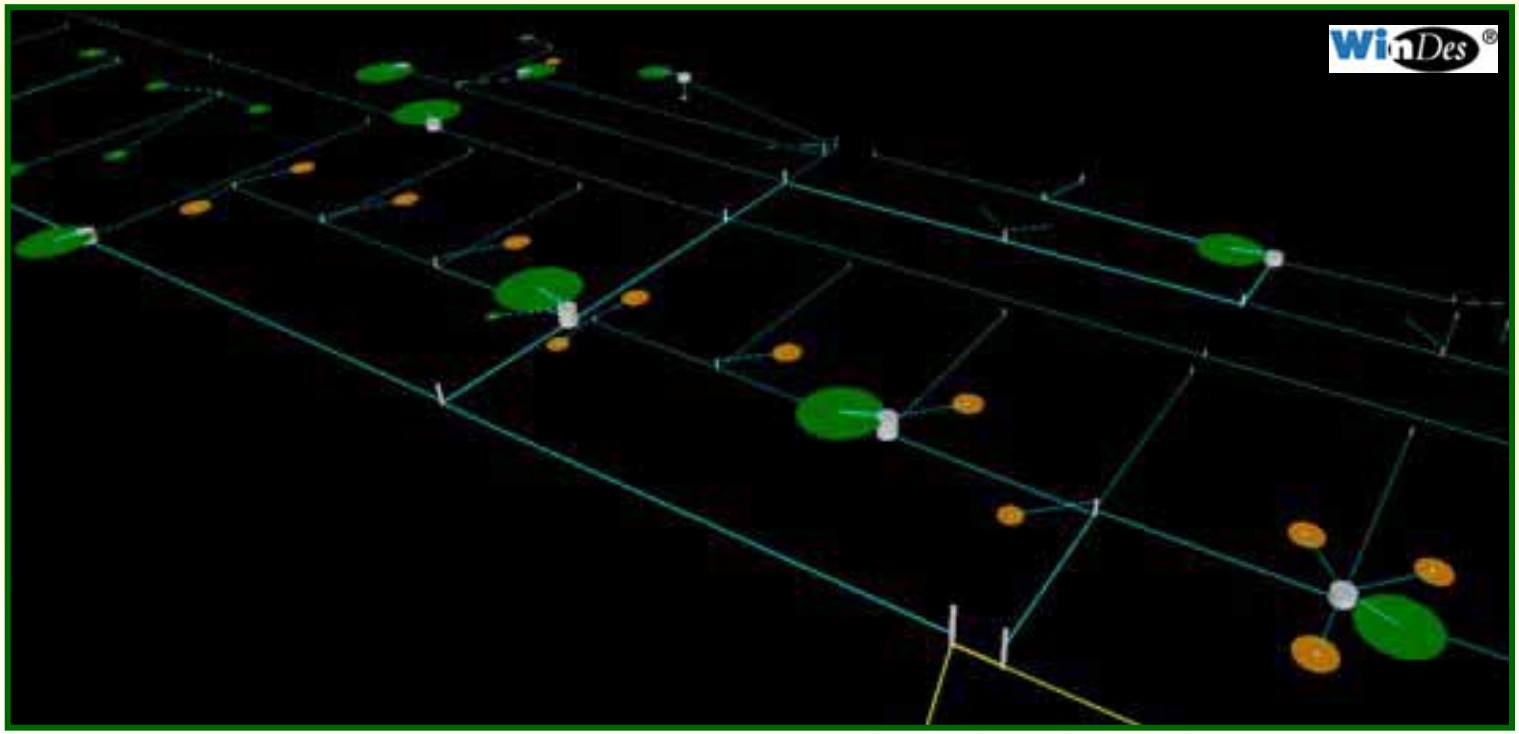
- Menor volumen evacuado
- Menor caudal pico
- Retraso en la punta del hidrograma

www.pmenginyeria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Modelización para Niveles 0, 1, 2, y 3 (en la imagen Nivel 2)



www.pmeingenieria.com

2. Casos Prácticos de SuDS en España

Prolongación de la Castellana - MADRID

Resultados:

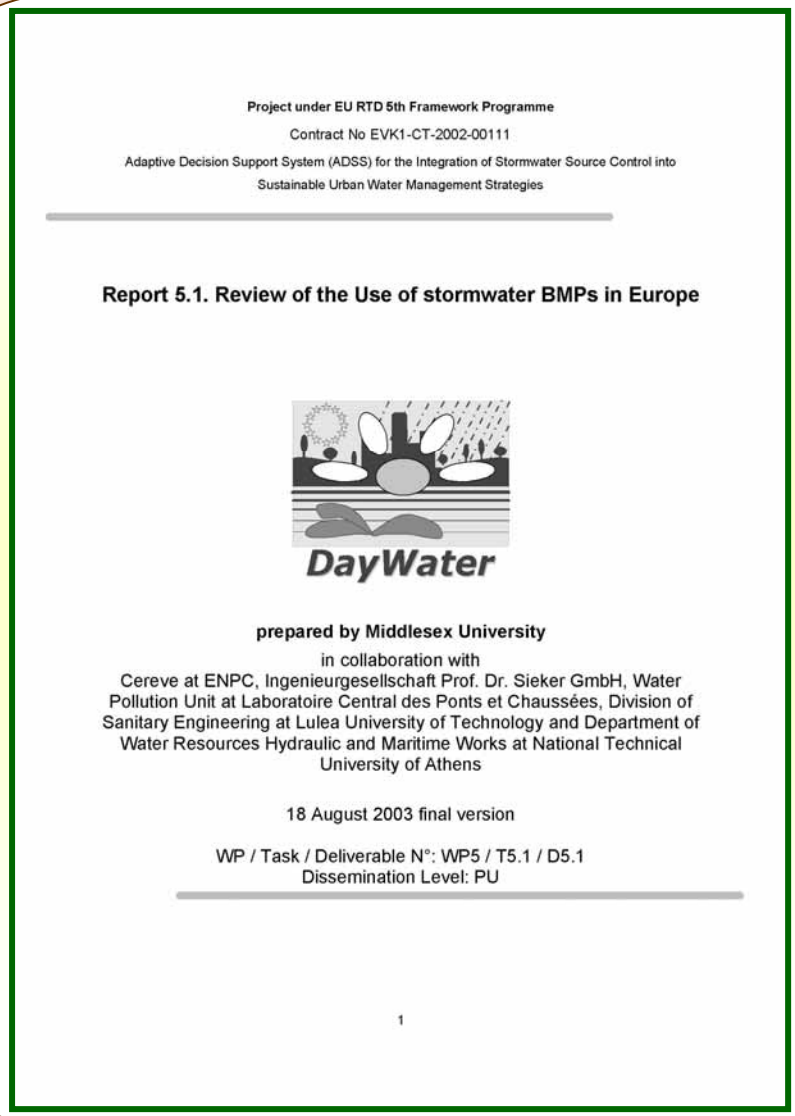
- Los 3 colectores que con una red convencional coparían prácticamente en su totalidad la capacidad de los colectores a los que desaguan (Colector 2, 4 y Este Fuencarral), bajarían su ocupación al 50% con SuDS sólo en viario

- La escorrentía generada en la actualidad en el ámbito es de 19 m^3/s aprox. Para el desarrollo previsto, según el sistema de drenaje-saneamiento empleado:
  - Con sistema convencional (Nivel 0): 30 m^3/s aprox. (aumento del 60%)
  - Con SuDS sólo en viario (Nivel 1): 17 m^3/s aprox. (reducción del 10%)
  - Con SuDS en viario + parcelas (Nivel 2): 11 m^3/s aprox. (reducción del 40%)
  - Con SuDS en viario + parcelas (Nivel 3): 9 m^3/s aprox. (reducción del 50%)

- En cuanto a volúmenes de agua, se observa una reducción entorno al 30% respecto al convencional con la implementación de SuDS Nivel 1, llegando al 50% en los Niveles 2 y 3

www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL



Project under EU RTD 5th Framework Programme

Contract No EVK1-CT-2002-00111

Adaptive Decision Support System (ADSS) for the Integration of Stormwater Source Control into Sustainable Urban Water Management Strategies

Report 5.1. Review of the Use of stormwater BMPs in Europe

DayWater

prepared by Middlesex University

in collaboration with
Cereve at ENPC, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker GmbH, Water Pollution Unit at Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Division of Sanitary Engineering at Lulea University of Technology and Department of Water Resources Hydraulic and Maritime Works at National Technical University of Athens

18 August 2003 final version

WP / Task / Deliverable N°: WP5 / T5.1 / D5.1
Dissemination Level: PU

1

"...considerable amount of data... demonstrates that BMPs (*SUDS*) can **effectively manage** both the **quantity** and **quality** of stormwater in **northern and temperate** European countries. There is currently **little data** available on the performance of BMPs in **southern European** countries"

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

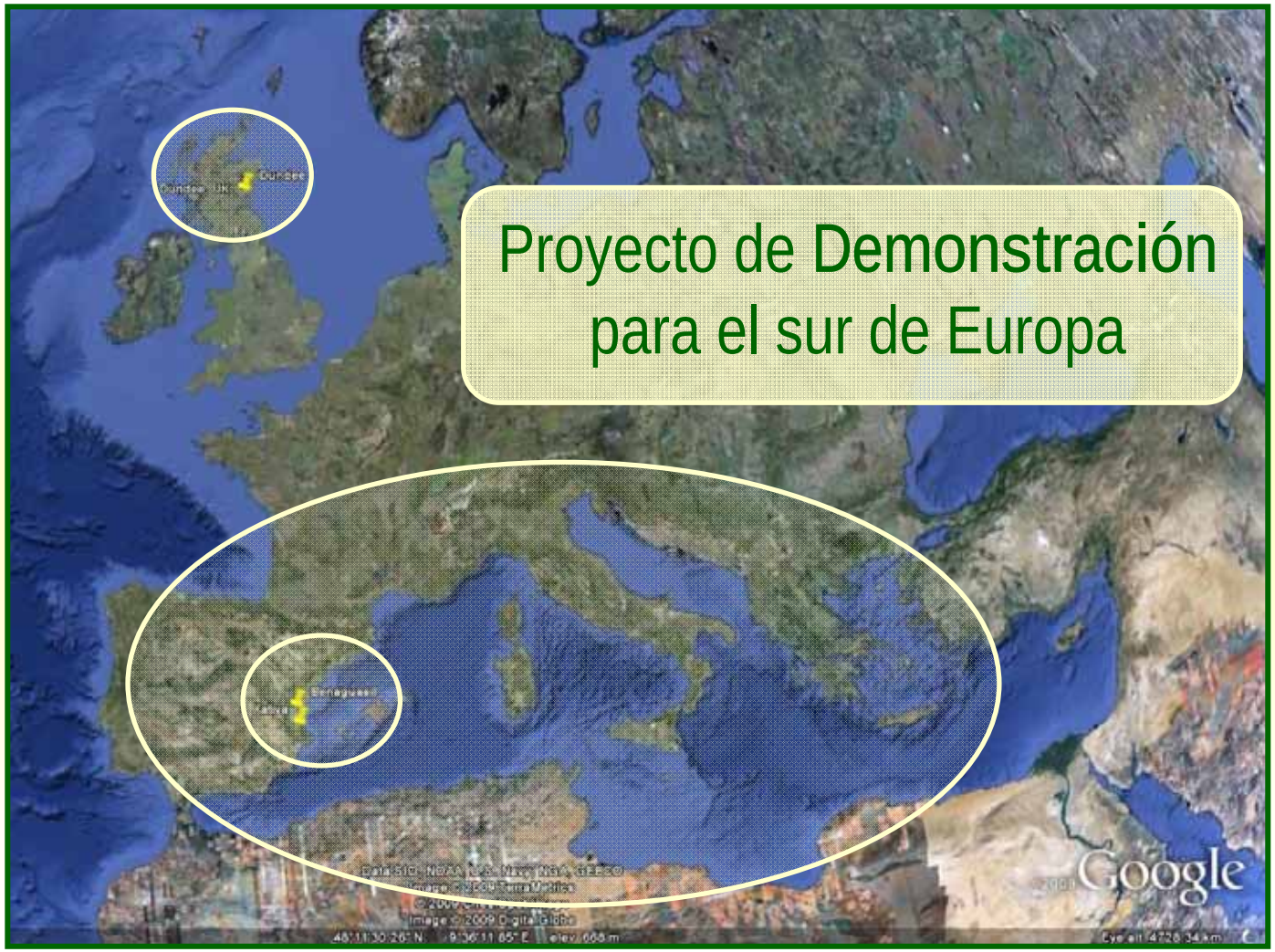
- Planes de Gestión Sostenible de Pluviales, promoviendo SuDS y considerando el Cambio Climático, en la provincia de Valencia (AQUAVAL)

- Presupuesto: 1.228.618 € - 40,65 % UE Co-financiación
- Duración: 42 meses. Inicio 01/01/10 – Fin 30/06/13

- Beneficiarios:
  - Coordinador: Ayuntamiento de Xàtiva
  - Asociados: Ayuntamiento de Benaguasil
    PMEnginyeria
    University of Abertay (Escocia)
    Fundación Comunidad Valenciana Región Europea
  - Co-financiador: Diputación de Valencia

www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL



www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

Problema:
Contaminación ríos
por rebose red unitaria

www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

Problema:
Inundaciones frecuentes
en el casco urbano

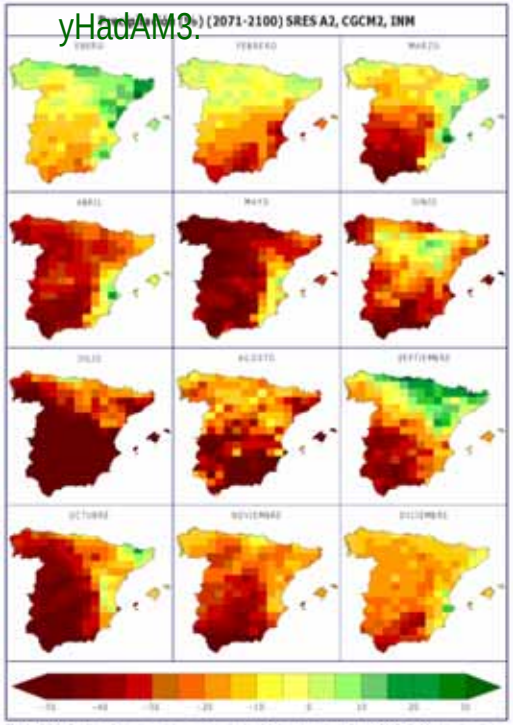
www.pmenginyeria.com

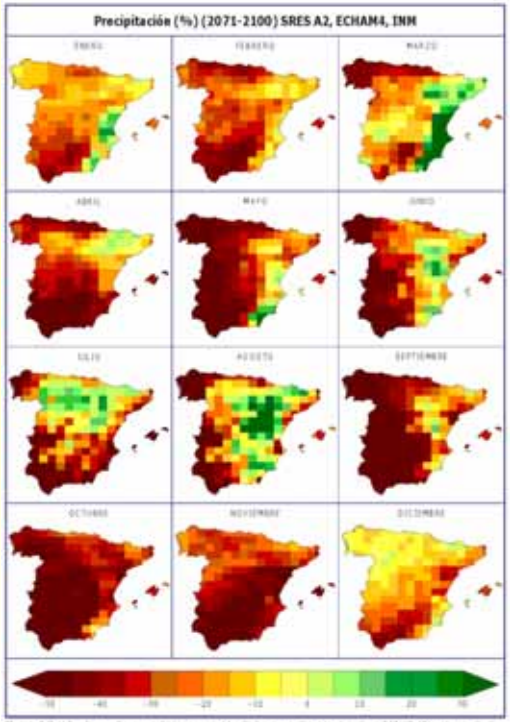
3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

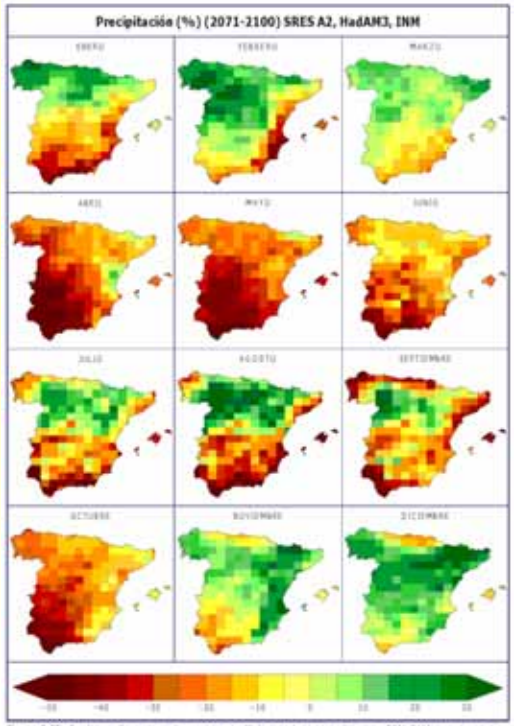
INCERTIDUMBRE

Generación de escenarios regionalizados de Cambio Climático para España (AEMET, 2009)

Cambio de precipitación anual media, para un escenario de emisiones SRES (IPCC) A2 (medio-alto), para un mismo algoritmo de regionalización (Analog_INM),sobre 3 modelos regionales: CGCM2, EC4HM4-OPYC yHadAM3.







www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

INCERTIDUMBRE

No es posible predecir el futuro…

Mejor pensar en los posibles escenarios que podrían darse…

Y buscar soluciones robustas que funcionen para todos ellos.

www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

Objetivos:

- Evitar vertidos del alcantarillado al medio receptor, para mejorar la calidad de las aguas
- Evitar inundaciones locales frecuentes en el casco urbano
- Reducir el consumo energético y las emisiones de CO_2
- Aprovechar el recurso natural «agua de lluvia» para riego, baldeo…
- Reducir el efecto «isla de calor» en las ciudades
- Promover el uso de SuDS en el sur de Europa
- Integración de la protección del Medio Ambiente en las políticas de agua de ámbito urbano

www.pmenginyeria.com

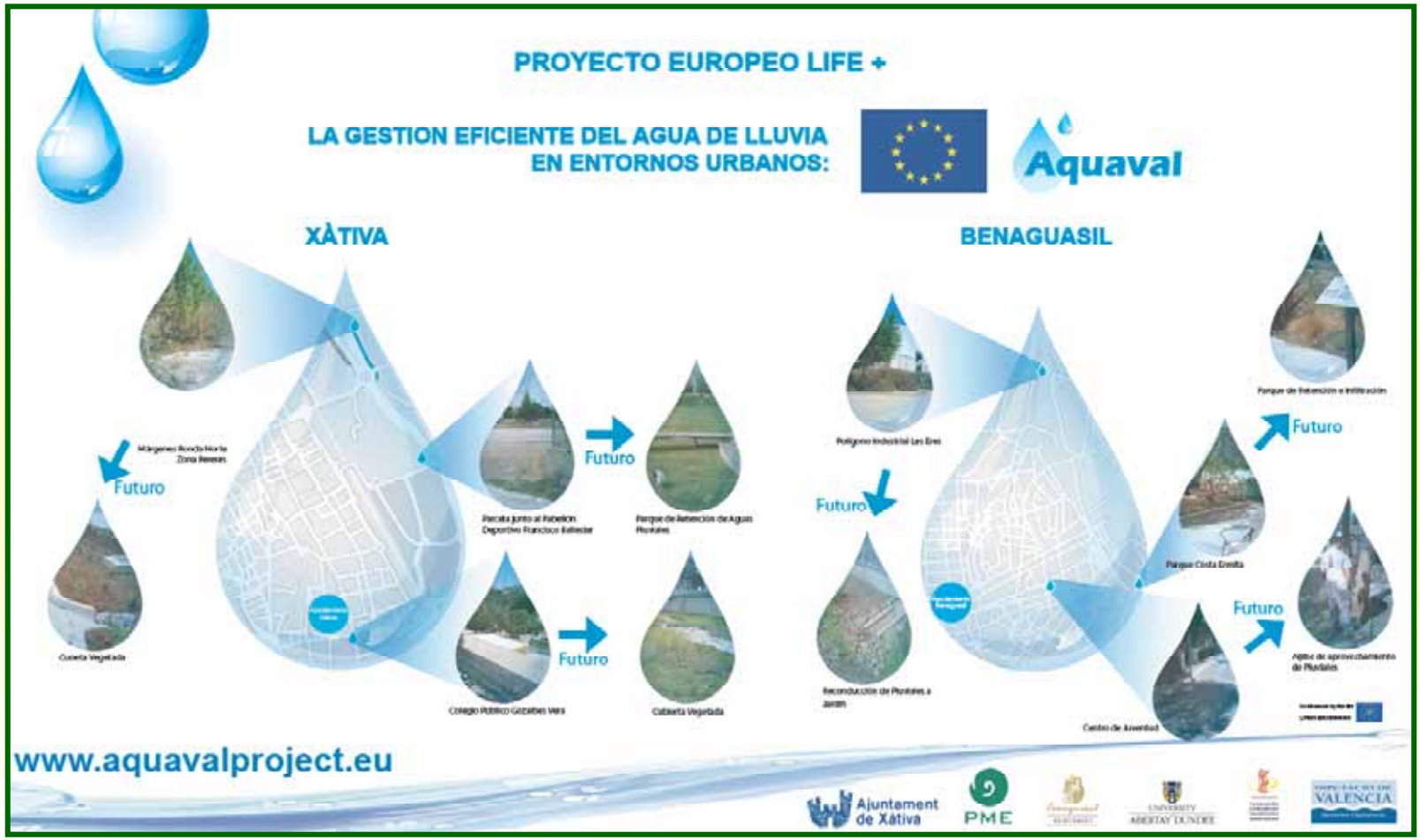
3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

➢ Actuaciones:

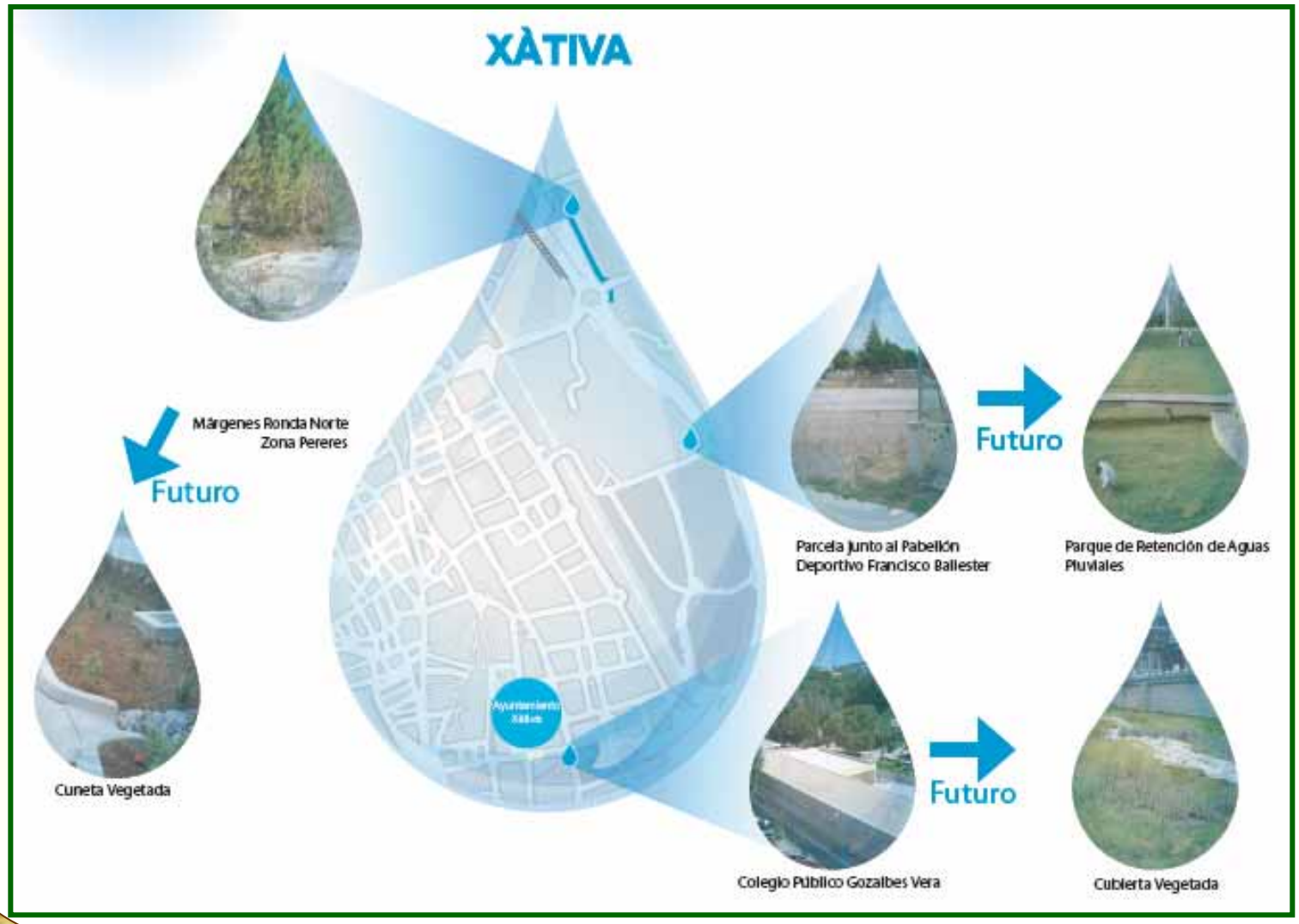
- Modelización de las redes de saneamiento actuales (en ambos casos redes unitarias) y propuesta de localización de SuDS
- Construcción de 6 experiencias de demonstración SuDS
- Redacción de 2 Planes de Gestión Sostenible de Pluviales
- Redacción de ordenanzas y normativas municipales de Pluviales
- Comunicación y Difusión de este innovador enfoque de gestión eficiente del agua de lluvia

www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL

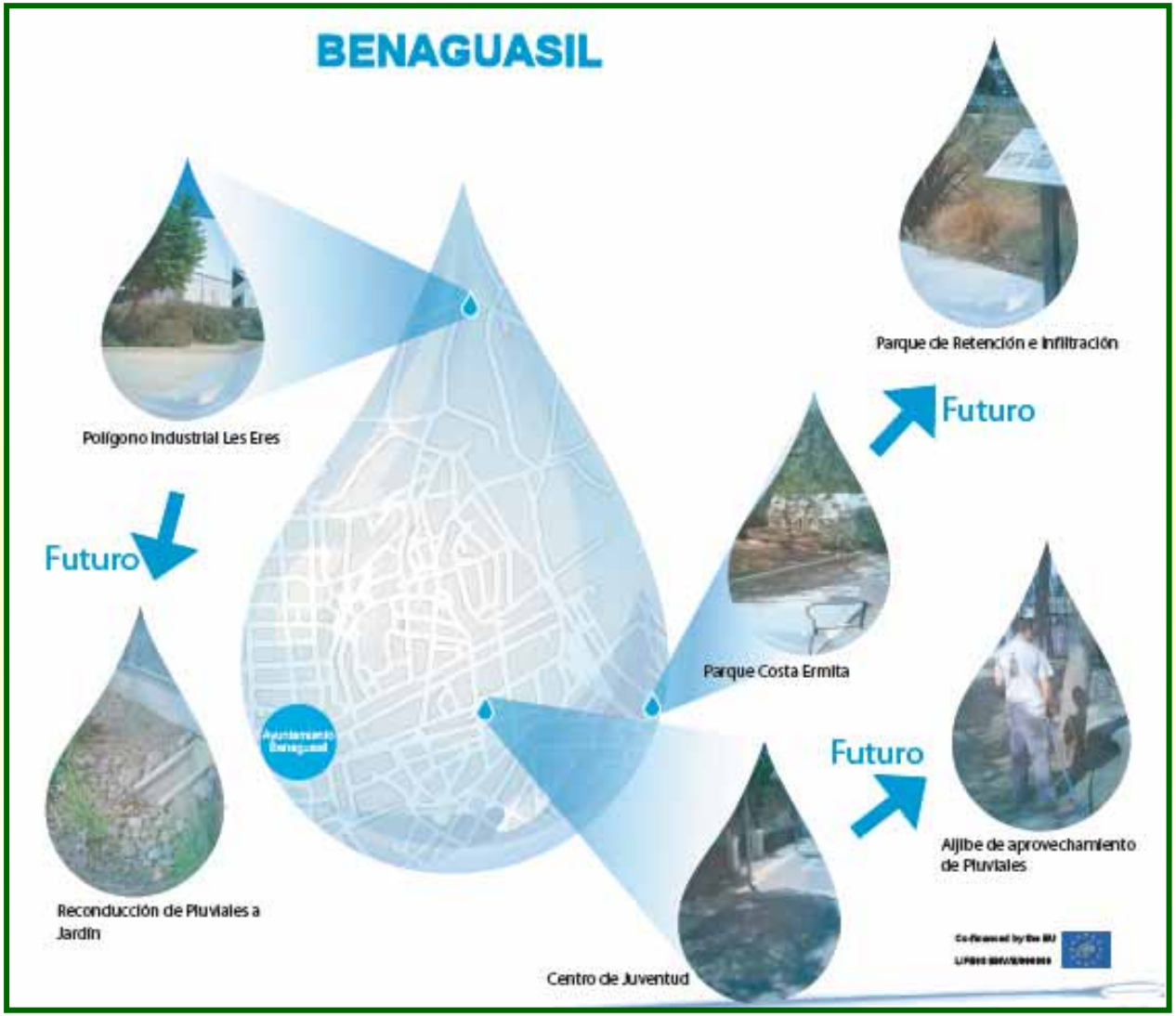


3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL



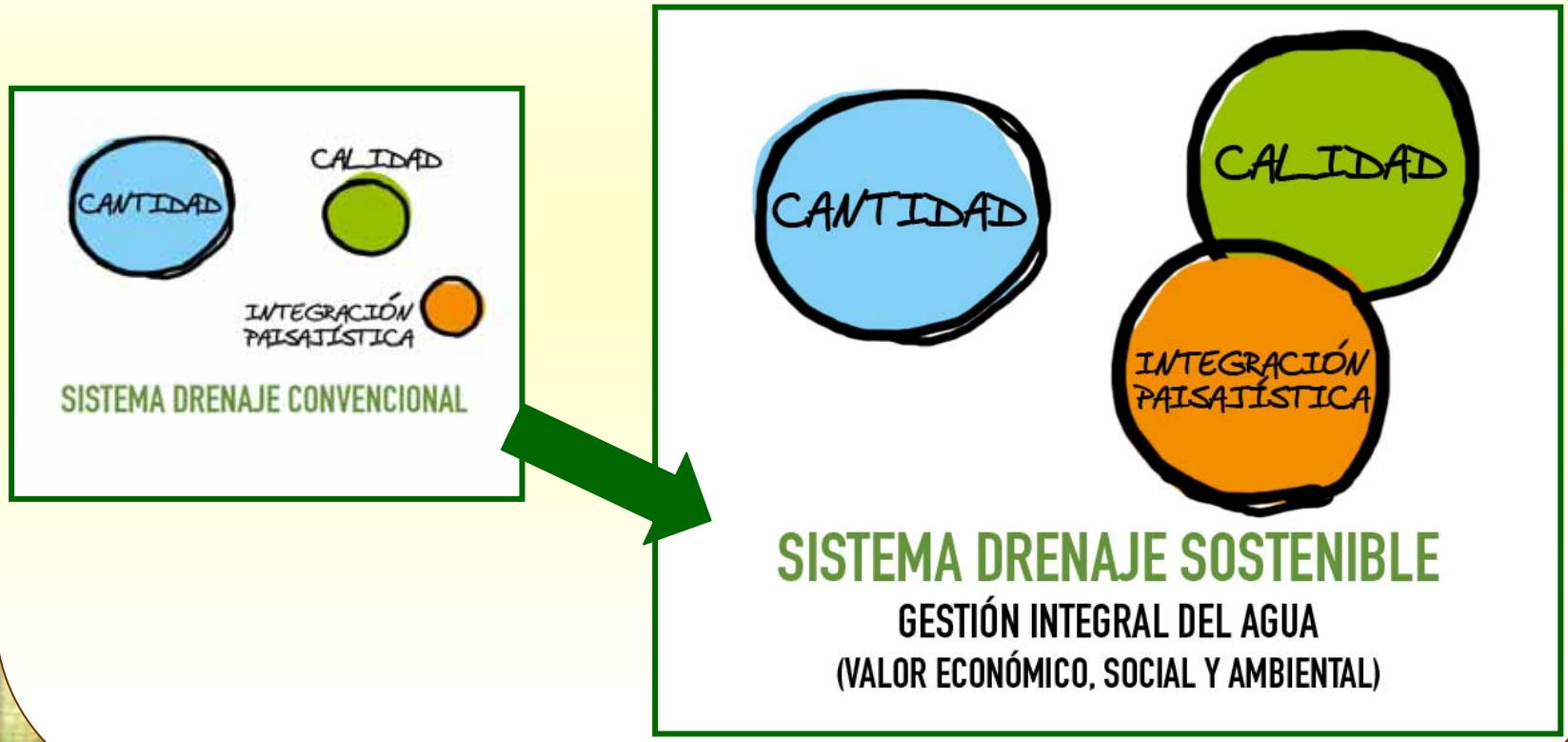
www.pmenginyeria.com

3. Proyecto Europeo de Demostración: AQUAVAL



Conclusiones

- SuDS: Integración de la gestión del agua en el paisaje urbano, naturalizando el entorno, evitando, reduciendo, retrasando y "limpiando" el vertido



www.pmenginyeria.com

Conclusiones

- SuDS: Integración de la gestión del agua en el paisaje urbano, naturalizando el entorno, evitando, reduciendo, retrasando y "limpiando" el vertido

- Este enfoque innovador y complementario al convencional requiere la participación y colaboración de los diversos grupos de interés desde las etapas más tempranas

- Las primeras actuaciones que se están realizando en España, deben servir como experiencias de demonstración y aprendizaje para una gestión más integrada del agua de lluvia en la ciudad

- Las actuaciones que realicemos en el presente deben ser tales que no nos arrepintamos ante cualquiera que sea el escenario futuro

www.pmenginyeria.com

Conclusiones

SuDS: Beneficios:

1.Mejora en la Función de Protección Medioambiental de los Medios Receptores y Reducción del Riesgo de Inundación

2.Eficiencia en la Inversión (Abordable Económicamente) y Sostenible a Largo Plazo

3.Multifuncionalidad - Aporte de Beneficios Colaterales Deseados por los Ciudadanos

Mejora de la calidad del aire, reducción efecto “isla de calor”, reducción factura energética y emisión de CO_2, aumento del valor de la vivienda, embellece nuestras ciudades…

www.pmenginyeria.com

Conclusiones

www.pmenginyeria.com

Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS)
Casos Prácticos en España y Proyecto AQUAVAL (Life+08)

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

SARA PERALES MOMPARLER
sperales@pmenginyeria.com

www.pmenginyeria.com