



Deputación
DA CORUÑA

xestión das augas pluviais en ámbito urbano mediante técnicas de drenaxe sustentable

mandeo
paraíso fluvial



XESTIÓN DAS AUGAS PLUVIAIS EN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE DRENAXE SUSTENTABLE

Autor:

José Anta Álvarez, Jerónimo Puertas Agudo, Héctor del Río Cambeses, Joaquín Suárez López
GEAMA-IHS – Universidade da Coruña

David Hernáez Oubiña

Augas de Galicia – Xunta de Galicia

Edita:

DEPUTACIÓN PROVINCIAL DA CORUÑA – www.dicoruna.es

Coordinación da serie:

Deputación Provincial da Coruña:

Vicente Berrocal Bertol

Miguel Cachafeiro Pazos

Universidade da Coruña - GEAMA

Joaquín Suárez López

Jerónimo Puertas Agudo

Deseño e maquetación:

Aqualogy Development Network

Depósito Legal: C 619-2013

Índice

01	As técnicas de drenaxe urbana sustentable	<i>07</i>
02	TDUS en orixe	<i>08</i>
03	TDUS para o control local	<i>10</i>
04	TDUS para o control rexional	<i>13</i>
05	Consideracións finais	<i>25</i>

INTRODUCCIÓN

A concentración da poboación en pequenos núcleos e cidades comportou á urbanización dos solos e a súa consecuente impermeabilización. A urbanización cambia a hidroloxía natural da conca incrementando a escorrentía e diminuíndo a evapotranspiración así como a infiltración cara ao subsolo. Tamén, na maioría dos casos, as canles naturais son substituídos por cunetas, tubaxes de desaugadoiro ou canles. O resultado deste cambio tradúcese nunha redución da auga que se infiltra e, por tanto, nunha diminución dos tempos de concentración das concas. Estes cambios teñen consecuencias drásticas nos caudais punta que se producen nas redes de sumidoiros, como se aprecia na figura 1.

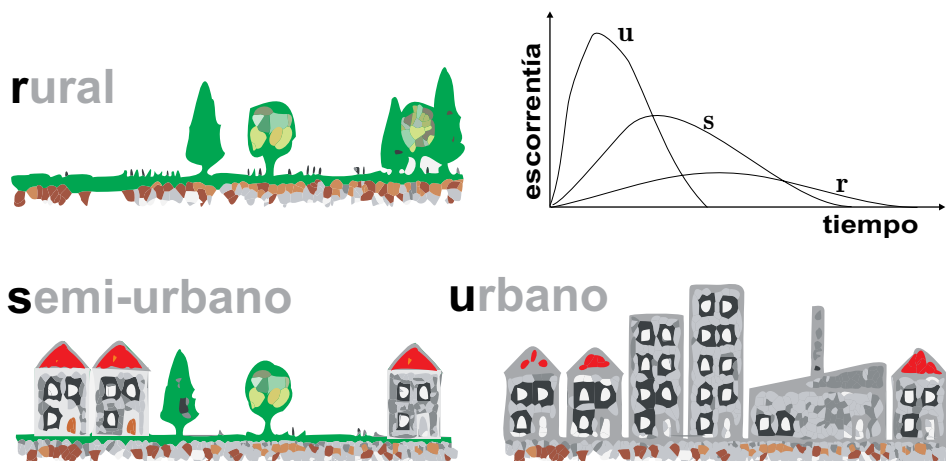


Figura 1. Efecto da urbanización nas puntas e volumes de escorrentía.

Os volumes maiores de escorrentía e as maiores velocidades que esta alcanza, e a circulación a través de tubaxes e canles desprotexidas, inducen no fluxo unha capacidade erosiva moito maior nos puntos de vertedura da rede de drenaxe. A solución típica para resolver esta problemática foi a de rigidizar a zona de vertedura ou canalizar o medio receptor con encanamentos duros, de formigón ou dique, provocando a destrución do hábitat natural. Ademais, a concentración de actividades humanas xera deposición de po, sucidade, areas, materia orgánica, nutrientes, metais pesados, tóxicos e contaminación bacteriolóxica sobre as superficies das concas (figura 2). A escorrentía, xerada a partir dos sucesos de choiva, dissolve e arrastra estes materiais verténdooos en última estancia no medio receptor. Evidentemente, como consecuencia das diferentes actividades e usos que se realizan nelas, unha conca natural, unha conca rural, unha conca urbana ou unha conca industrial, terán augas de escorrentía con moi diferentes tipos e cargas de contaminación.

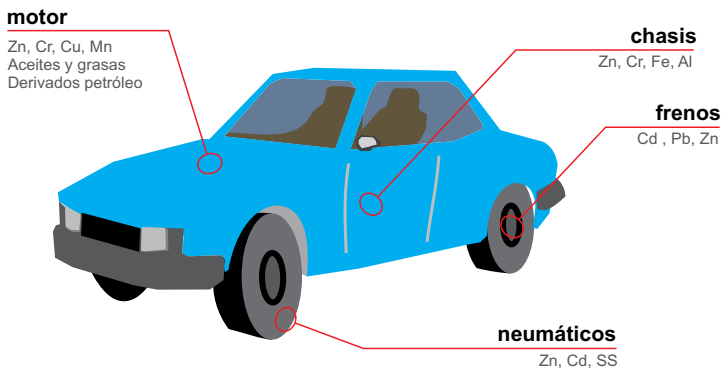


Figura 2. Principais contaminantes xerados polo tráfico rodado

Se o sistema de saneamento é separativo a contaminación que é arrastrada polas augas de escorrentía, que procede tanto das actividades que se desenvolven na superficie da conca como da resuspensión de sedimentos na rede, será vertida directamente ao medio receptor, causando impactos significativos. Se o sistema é unitario producíranse sobordes da rede a través dos aliviadoiros, Desbordamentos dos sistemas unitarios (DSU), que introducirán aos medios receptores cargas de contaminación importantísimas, parte procedentes dos caudais de augas circulantes no momento do suceso de choiva (mestura de augas residuais e augas pluviais). Estas sobrecargas hidráulicas e variacións das concentracións de contaminación que chegan á depuradora tamén producirán nela perturbacións importantes que acabarán afectando os seus rendementos.

Ante esta problemática xerouse unha progresiva concienciación de que é imprescindible realizar unha planificación do saneamento e da drenaxe urbana para permitirlle cumprir adecuadamente as súas tres funcións esenciais:

- protección fronte a inundacións
- protección ambiental do medio receptor
- protección sanitaria dos habitantes

Na actualidade xa foi superada a visión parcial da rede de saneamento como sistema que se preocupaba exclusivamente da recollida das augas residuais e a súa posterior condución ata a masa de auga receptora. A visión actual é máis global e permite falar de “sistemas integrais e integrados de saneamento” onde o deseño está motivado fundamentalmente polo novo conxunto de obxectivos ambientais nas masas de auga receptoras.

A xestión das augas pluviais e residuais debe ser vista na súa totalidade. A eliminación das fontes puntuais, cando a contaminación é achegada ao medio a través dun colector ou un aliviadoiro nun lugar concreto, pódese solucionar mediante a construción das infraestruturas e o uso de tecnoloxías existentes. Mentres, a consideración de fontes de contaminación

XESTIÓN DAS AUGAS PLUVIAIS EN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE DRENAXE SUSTENTABLE

difusa, aquelas cuxa contaminación se orixina e atópase dispersa en zonas moi extensas, caracterízase por un control e eliminación acompañada de moitas dificultades. A importancia das fontes de contaminación difusa en sistemas urbanos radica na influencia directa destas na contaminación da escorrentía urbana. A escorrentía, xerada a partir dos sucesos de choiva, dissolve e arrastra os materiais de todo tipo que se atopan depositados na superficie. A xestión das augas pluviais é, se cabe, máis difícil de terse en conta a natureza estocástica das choivas e a diversidade e dificultade de modelizar os procesos que afectan á contaminación destas.

Unha visión integral da xestión do sistema que minimice os impactos e permita alcanzar os obxectivos de calidade da auga fixados obriga a desenvolver unha estratexia da contaminación e dos impactos hidromorfolóxicos. As técnicas de drenaxe urbana sustentable (TDUS), son procedementos destinados a que o sistema global de saneamento mellore a súa eficacia na recollida, transporte e depuración das augas de escorrentía. Estas técnicas, ás veces chamadas técnicas de xestión da escorrentía urbana (TGEU) ou sistemas urbanos de drenaxe sustentables (SUDS) coñécense na literatura anglosaxoa como Best Management Practices (BMP), Low Impact Development techniques (LIDS) ou Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), entre outras denominacións

Os beneficios obtidos ao empregar TDUS son de dous tipos (Debo e Reese, 1995):

- O control da cantidade de auga.
- O control da contaminación.

Ao controlar a cantidade de auga redúcense as puntas de caudal causadas pola impermeabilización do terreo producidas pola urbanización. Esta redución de puntas de caudal reduce á súa vez posibles problemas de capacidade hidráulica dos sistemas de saneamento e drenaxe.

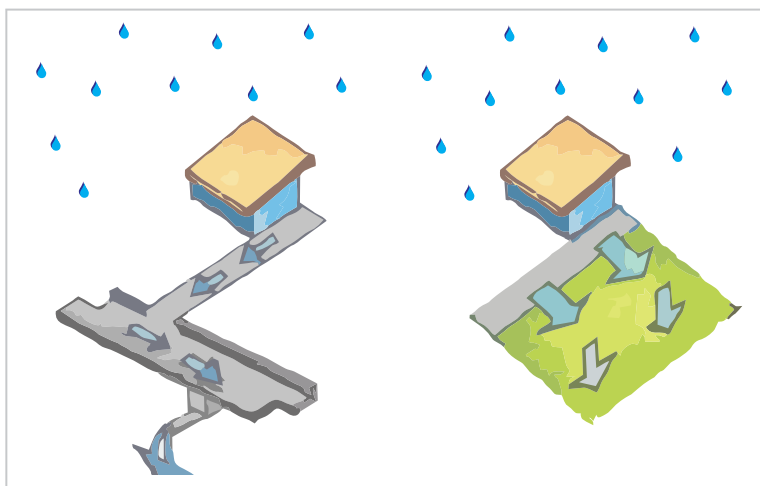


Figura 3. Auga pluvial transportada cara aos sistemas de saneamento.

01 AS TÉCNICAS DE DRENAXE URBANA SUSTENTABLE

As TDUS pódense clasificar desde numerosos puntos de vista. Na literatura atópanse varias clasificacións con terminoloxía aínda non do todo consensuada. Unha clasificación moi estendida cataloga as TDUS en función do seu emprazamento no sistema de saneamento e drenaxe urbana (Temprano et al., 1996). Así, pódense diferenciar entre sistemas para o control da escorrentía en orixe, formados por aquelas medidas que se aplican a elementos do sistema de drenaxe previamente á súa incorporación á rede de sumidoiros, e os sistemas para o control augas abaixo. As técnicas de control augas abaixo son aquelas medidas que se aplican na rede de sumidoiros ou nos puntos previos á vertedura das augas pluviais ao medio receptor ou á súa incorporación a unha rede unitaria.

Á súa vez, é habitual clasificar as técnicas para o control augas abaixo en técnicas para o control local e técnicas para o control rexional. As técnicas para o control local aplícanse para pequenas superficies e concas urbanas, habitualmente de tamaño inferior ás 5 ha. As técnicas para o control rexional poden adoptar as mesmas tipoloxías ca as de control local, pero aplícanse para a xestión da escorrentía de grandes superficies e en puntos previos á vertedura cara aos medios receptores.

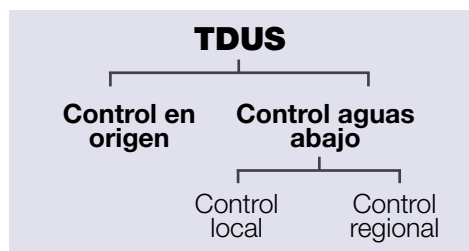


Figura 4. Clasificación das TDUS

En xeral, é moito máis económico prever a xeración da escorrentía que xestionala posteriormente. Por este motivo a implantación das TDUS de control da escorrentía en orixe é cada vez maior. Con todo, é habitual complementar este tipo de técnicas con infraestruturas de tratamento das augas pluviais para o control local e o control rexional. Estas técnicas son, en xeral, máis caras, especialmente en contornos urbanos onde o prezo do solo é moi elevado (US-EPA, 2002).

É moito máis económico prever a xeración da escorrentía que tratala posteriormente.

Por tanto, á hora de planificar un sistema de drenaxe urbana sustentable débese abordar o problema empregando unha estratexia de tratamento en cadea, tamén denominada «tren de tratamento», como a esquematizada na figura 3. Así, para chegar á solución final realízase un proceso iterativo no que se van engadindo tipoloxías ou elos á cadea de tratamento. Inicialmente o problema débese abordar aplicando unha serie de medidas preventivas encamiñadas á redución das augas de choiva, programas educativos, control de conexións ilegais ou programas de limpeza da sucidade depositada nas superficies impermeables. Deste xeito contribúese a manter os parámetros naturais da conca como a taxa de infiltración, a recarga de acuíferos ou o volume e frecuencia de verteduras no medio natural.

Se estas medidas non son suficientes pódense tentar estratexias de control en orixe, como pavimentos permeables, gabias de infiltración ou pozos de infiltración. A continuación tentearanse actuacións para o control local e, por último, rexional. Unha das principais vantaxes desta filosofía radica na redución das necesidades de ocu-

XESTIÓN DAS AGUAS PLUVIAIS EN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE DRENAXE SUSTENTABLE

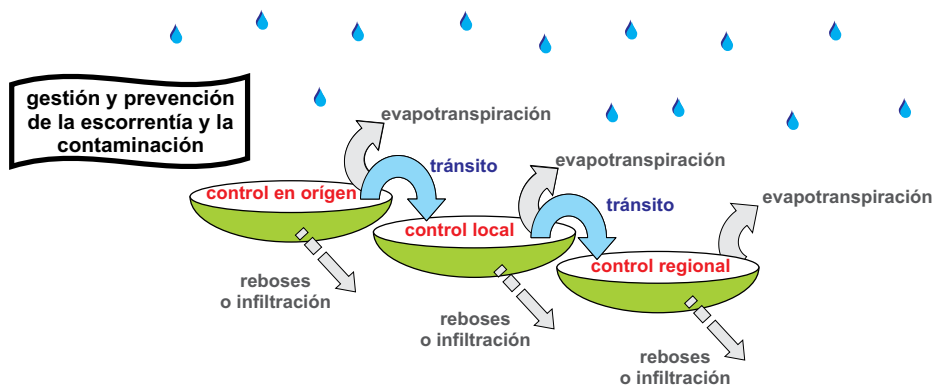


Figura 5. Estratexia de tratamento en cadea para a xestión das augas pluviais (adaptado de CIRIA, 1999).

pación dos sistemas de control rexionais, xa que mediante o emprego das pequenas unidades de control pódese reducir efectivamente a escorrentía preto da orixe da contaminación.

A continuación presentaranse as tipoloxías de TDUS máis representativas para o control de entradas en orixe e o control local e rexional. Por último enunciáranse algúns criterios que deben contemplarse para o deseño destas técnicas. Non é obxecto deste documento presentar unha descrición detallada destes criterios nin das metodoloxías de deseño das TDUS. Unha revisión máis profunda destes aspectos atópase na Monografía “Gestión de las

Aguas Pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano” publicada recentemente polo CEDEX (Puertas et al, 2008).

02 TDUS EN ORIXE

As técnicas de control de entradas en orixe deséñanse para xestionar as augas de escorrentía no punto onde cae a choiva.

O control de entradas consiste en proporcionar un volume de retención en superficies ou lugares especialmente preparados como azoteas, aparcadoiro, patios industriais ou residenciais, ou en xeral, en calquera superficie deseñada adecuadamente. O volume de auga retida pódese derivar posterior-

TÁBOA I. Tipoloxía das TDUS máis habituais.

TDUS en orixe	Limpeza de rúas Boas prácticas	Xestión de residuos e fertilizantes Control da erosión do solo
TDUS para o control local	Gabias de infiltración Pozos de infiltración	Pavimentos porosos Pavimentos modulares
TDUS para o control rexional	Estanques de detención Estanques de retención Depósitos de formigón Zonas húmidas artificiais	Cunetas de céspede Zonas de bioretención Filtros de area

mente a un sistema de control local, pódese almacenar e tratar para a súa utilización ou valorización, tanto en usos urbanos ou para a súa infiltración. Estas medidas permiten minimizar os efectos da impermeabilización das concas, tanto en caudais e volumes de auga como en contaminación. Son, por tanto, técnicas preventivas. Outro tipo de técnicas de control en orixe baseadas na prevención son as técnicas para o control de fontes ou técnicas non estruturais. Dentro deste grupo pódense mencionar as seguintes estratexias:

• **Limpeza das rúas:** A sucidade das rúas é unha das fontes principais de certos conta-

minantes que van parar ao medio receptor a través dos desbordamentos dos sistemas unitarios ou dos separativos.

- **Programas de educación pública:** O obxectivo prioritario de educación para o control da contaminación por descargas de sistemas unitarios ou separativos é a concienciación dos cidadáns en relación coa protección ambiental dos hábitats acuáticos que reciben as verteduras.
- **Programas de xestión de residuos:** Aceites, pinturas, produtos de limpeza e certo tipo de residuos domésticos, moitos deles substancias perigosas pola súa toxicidade,

TÁBOA II. *TDUS para o control en orixe.*

Educación pública	Programas de educación e participación pública	
Deseño e xestión dos usos do solo	Técnicas de deseño adecuadas Técnicas de control vexetal Redución de áreas impermeables	Desconectar áreas impermeables Tellados verdes
Xestión de materiais	Programas de xestión de residuos en casas	
Deseño e xestión dos usos do solo	Limpeza das rúas Limpeza de imbornais Limpeza da rede de sumidoiros	Mantemento de rúas e pontes Mantemento de TGEU Mantemento de leitos e canles
Prevención e limpeza de verteduras	Control de verteduras de tanques superficiais Control de verteduras de vehículos	
Control de conexións ilegais	Control da rede de drenaxe Recollida de residuos perigosos a domicilio	Reciclaxe de aceite usado Control de conexións ilegais
Control de conexións ilícitas	Prevención de conexións ilícitas Detección e eliminación de conexións ilícitas	Control de filtracións das redes unitarias
Aproveitamento de augas pluviais ou de escorrentía	Rega en exteriores	Limpeza de sanitarios

son algúns dos residuos que poden entrar na rede de sumidoiros e ser arrastrados ao medio acuático en tempo de choiva.

- **Control de fertilizantes e pesticidas.**

- **Control da erosión do solo:** Controlar a erosión dos solos é importante pois as partículas do solo levan asociados nutrientes e metais, ademais de contribuír aos procesos de sedimentación na rede. As principais fontes a controlar en contornas urbanas son os parques e as zonas con actividades de construción.

- **Control da escorrentía de zonas comerciais e industriais:** Zonas como as gasoleiras, as inmediacións de estacións de ferrocarril e zonas de aparcadoiro de vehículos, son fontes que contribúen moi significativamente á contaminación das augas entrantes no sistema de saneamento.

03 TDUS PARA O CONTROL LOCAL

As técnicas para o control e tratamento local son instalacións de almacenamento da escorrentía que poden infiltrar parte das precipitacións para reducir o volume de

auga mobilizada cara á rede de drenaxe. O obxectivo fundamental deste tipo de instalacións é evitar que a escorrentía das choivas máis habituais entren no sistema de saneamento, xa sexa este unitario ou separativo. Como se comentou, cando as características do solo son adecuadas, e a carga de contaminación das augas de escorrentía compatible coas augas freáticas, a escorrentía capturada pódese conducir a instalacións específicas onde se favorece infiltración. O tratamento local pode tomar algunha das seguintes formas (ITOHG SAN 1.4, 2009):

- Dispositivos de infiltración, como gabias ou pozos de infiltración.
- Pavimentos porosos e modulares.

03.1 GABIAS DE INFILTRACIÓN

Estes sistemas de tratamento da escorrentía están constituídos por unha gabia escavada no terreo e rechea de material granular que permite o almacenamento e a infiltración da escorrentía urbana no solo que rodea á gabia. Unha das principais vantaxes das gabias de infiltración é que, ademais de tratar a contaminación asocia-

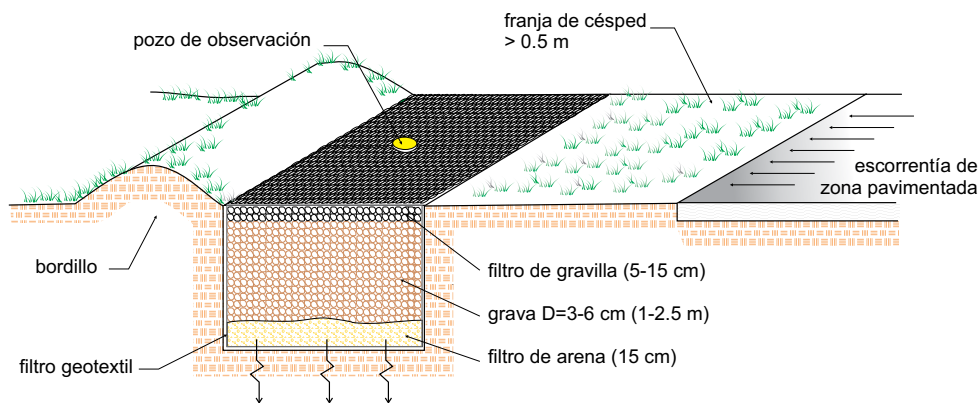


Figura 6. Gabia de infiltración con pretratamento (adaptado de MDE, 2000)

da á escorrentía urbana, axudan a preservar o balance hídrico, proporcionan un volume de recarga aos acuíferos e contribúen a preservar os caudais base de pequenos arriolos e canles.

As gabias de infiltración non se deseñan para eliminar os sedimentos máis grosos, por iso é habitual que contén cun pequeno pretratamento, como unha franxa vexetal filtrante ou calquera outro sistema que elimine as partículas decantables e, deste xeito, redúzase o risco de colmatación da gabia.

As TDUS para o control e tratamento local evitan que a escorrentía das choivas máis habituais entre no sistema de saneamento unitario ou separativo.

Nalgúns casos as gabias filtrantes constrúense cunha tubaxe perforada na base da gabia que drena a escorrentía cara ás canles receptoras. Esta solución aplícase principalmente nas marxes e medianas de estradas así como nos perímetros dos aparcadoiros cando a capacidade de infiltración do solo non é suficiente.

Neste caso as gabias filtrantes coñécense como filtros drenantes (CIRIA, 1999).

Debido á súa propia natureza, as gabias de infiltración non poden empregarse en solos pouco permeables. Ademais, o nivel freático e as estruturas de roca deben situarse por debaixo da base do sistema para permitir as exfiltracións ao terreo. Tamén debe prestarse atención á posible contaminación do solo. Son tecnoloxías pouco adecuadas para zonas con cargas de contaminación que conteñan pesticidas, hidrocarburos ou metais pesados.

03.2 POZOS DE INFILTRACIÓN

Os pozos de infiltración (“dry wells” ó “soakaways” na literatura anglosaxoa) son sistemas subterráneos de almacenamento temporal da escorrentía dos tellados das edificacións. O volume de escorrentía almacenado por estes sistemas infíltrase no solo que rodea a gabia. Aínda que os tellados non son unha fonte importante de contaminación si que o son de volume de escorrentía. Estes sistemas aplícanse para reducir o volume de escorrentía enviado cara aos sis-

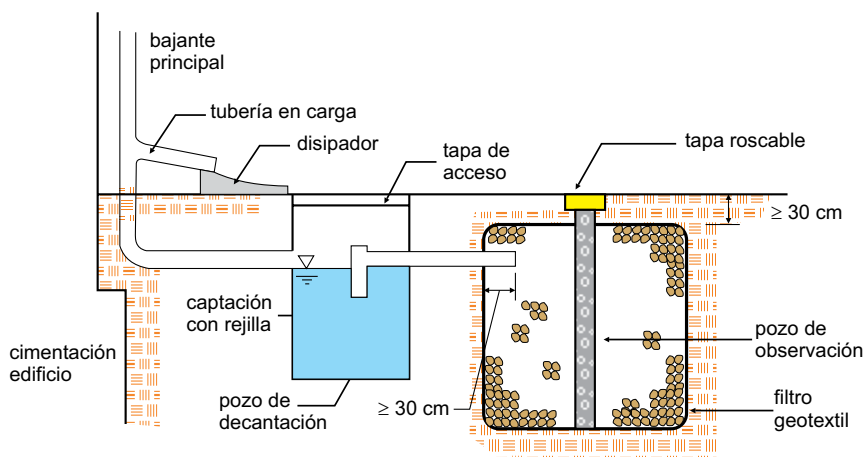


Figura 7. Esquema dun pozo de infiltración con pozo de decantación previa (NYSDEC, 2001)

temas de tratamento situados augas abaixo da conca e, deste xeito, reducir o seu tamaño, ou non sobrecargas.

Como ocorría cos outros sistemas de infiltración, unha das principais vantaxes desta técnica é que, ademais de tratar a contaminación, axuda a preservar o balance hídrico proporcionando un volume de recarga aos de acuíferos. Polo seu propio modo de operación non poderán empregarse en solos pouco permeables. Ademais, o nivel freático e as estruturas de roca deben situarse por baixo da base do sistema para permitir as exfiltracións ao terreo. Tamén debe prestarse atención á posible contaminación do solo.

Os pozos de infiltración son sistemas especialmente adecuados para vivendas unifamiliares e poden confeccionarse in situ, como o sistema presentado na figura 7, ou comprarse prefabricados.

03.3 PAVIMENTOS POROSOS

Os pavimentos porosos ou permeables consisten nunha capa de aglomerado asfáltico ou formigón que permite a infiltración da escorrentía cara a unha capa de grava subxacente. A capa de grava serve para almacenar temporalmente a escorrentía e para infiltrala ao terreo natural ou cara aos laterais do firme a través dun sistema de drens.

A permeabilidade destes firmes conséguese eliminando das mesturas algunhas fraccións dos finos usados nos aglomerados asfálticos convencionais. Deste modo estes pavimentos alcanzan porosidades do 20% fronte aos valores do firme tradicional que roldan o 2% ou o 3%.

En calquera caso, todas as capas do firme deben ter permeabilidades crecentes, desde a superficie ata a subbase, incluíndo a capa de xeotéxtiles, co obxecto de que a auga flúa a través do pavimento e non quede retida no seu interior. A misión dos xeotéxtiles é primordial neste tipo de pavimentos, xa que actúan como filtro, separación e/ou como reforzo estrutural (Castro et al., 2005).

Unha das principais vantaxes dos pavimentos porosos é que proporcionan un volume de recarga aos acuíferos a través da infiltración das augas de escorrentía. Isto permite tamén unha redución do custo doutros sistemas de tratamento da escorrentía necesarios na conca. O seu principal inconveniente é, por unha banda, o custo de instalación, que se compensa co aforro noutras TDUS, e o seu escaso grao de fiabilidade, especialmente se se deseñan, constrúen e/ou manteñen incorrectamente.

03.4 PAVIMENTOS MODULARES

Os pavimentos modulares son sistemas compostos por unha capa superficial formada por módulos de formigón, ladrillo ou plástico reforzado que posúen unha serie de ocos que os atravesan de arriba a abaixo, que se enchen de area ou terra sobre a que se planta céspede. O funcionamento do pavimento modular é similar ao dos pavimentos porosos xa que por baixo da superficie dispónse dunha capa granular que serve para almacenar e infiltrar a auga de escorrentía cara ao solo ou cara a os laterais do firme.

Teñen as mesmas aplicacións e limitacións ca os pavimentos porosos. Adoitan empregarse en aplicacións con baixa intensidade de tráfico, como grandes en zonas de aparcadoiro, rúas residenciais, zonas de apar-

cadoiro en rúas de media densidade de tráfico sempre sen presenza de vehículos pesados, zonas de recreo, beirarrúas, etc. Na figura 8 preséntanse as configuracións máis habituais deste tipo de firmes.

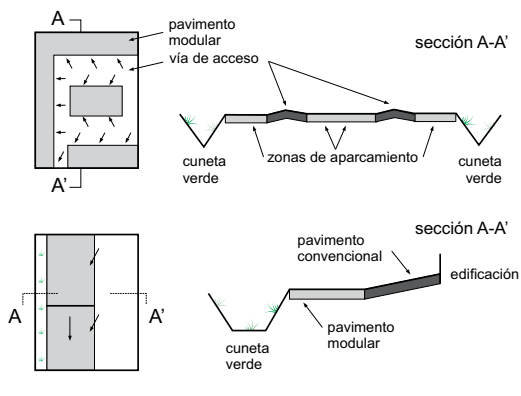
004 TDUS PARA O CONTROL REXIONAL

As técnicas para o control rexional son instalacións de retención ou detención a nivel de subconca e poden empregarse en tramos altos, medios e baixos das redes de augas pluviais nos sistemas separativos onde a área tributaria é apreciable. Esta é a principal diferenza entre esta estratexia e a estratexia de control local, xa que algúns dos sistemas presentados a continuación tamén sepoderían aplicar para o control local.

As técnicas para o control rexional poden tomar as seguintes formas (ITOHG SAN 1.4, 2009):

- Estanques de detención (secos).
- Estanques de retención (húmidos).

aparcamientos



- Depósitos de formigón subterráneos.
- Zonas húmidas artificiais.
- Bandas e gabias de céspede.
- Sistemas de filtración en leito de area.

As TDUS para o control rexional aplican-se en sistemas separativos con grandes áreas tributarias.

04.1 ESTANQUES DE DETENCIÓN OU ESTANQUES SECOS

Os estanques de detención ou depósitos secos deséñanse cunha estratexia de redución dos caudais punta, laminando o hidrograma de entrada á estrutura, e almacenando a escorrentía durante un curto período de tempo. Os estanques de detención, ou estanques secos, posúen un rendemento de eliminación dos contaminantes menor que os estanques húmidos debido a que as primeiras augas tenden a resuspender os sedimentos acumulados no fondo do estanque. Por tanto, o seu deseño só atende a criterios hidráulicos.

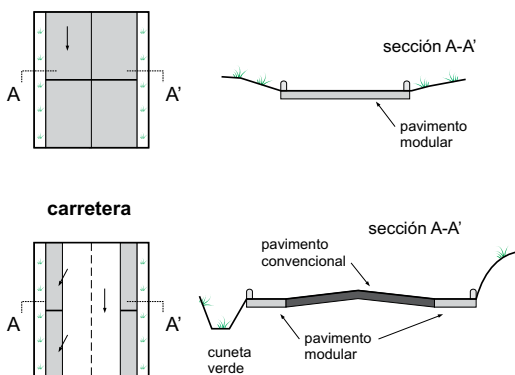


Figura 8. Exemplos de aplicación de pavimentos porosos e modulares en aparcadoiros e estradas (adaptado de ARC, 2001)

4.2 ESTANQUES DE RETENCIÓN OU ESTANQUES HÚMIDOS

As instalacións de retención proporcionan un almacenamento nunha instalación sen saída, ou cun desaugadoiro controlado, onde todo ou unha parte do caudal que entra almacénase durante un período prolongado. Estrita-

mente estas técnicas limitaríanse a evaporar ou infiltrar a auga almacenada, aínda que é habitual empregar o termo retención en estanques que almacenan certo volume de escorrentía ata que é desprazado por chuvieiras posteriores. Por tanto, nestes sistemas existe certo volume de auga que se almacena de forma permanente (figura 9).



Figura 9. Exemplos de estanque de retención para unha zona urbana e para tratar a escorrentía de autoestradas
(Imaxes de <http://sudsnet.abertay.ac.uk/>)

Nestes sistemas a eliminación dos contaminantes prodúcese por sedimentación e por procesos de degradación bioquímica realizados polas plantas e microorganismos presentes no estanque. Ademais, a presenza do volume permanente impide notablemente a resuspensión dos sedimentos depositados nel. Durante as chuvieiras a escorrentía despraza a auga que se atopaba no estanque. Deste xeito o estanque

captura e realiza o tratamento das pequenas e habituais chuvieiras que xeralmente mobilizan grandes cantidades de contaminación. É habitual que os estanques de retención se dimensionen cun sobrenivel para controlar ou incrementar o tempo de tratamento de chuvieiras máis intensas. Existe un terceiro nivel no que a vertedura se realiza polo aliviadoiro de emerxencia, para as choivas extremas (ver figura 10).

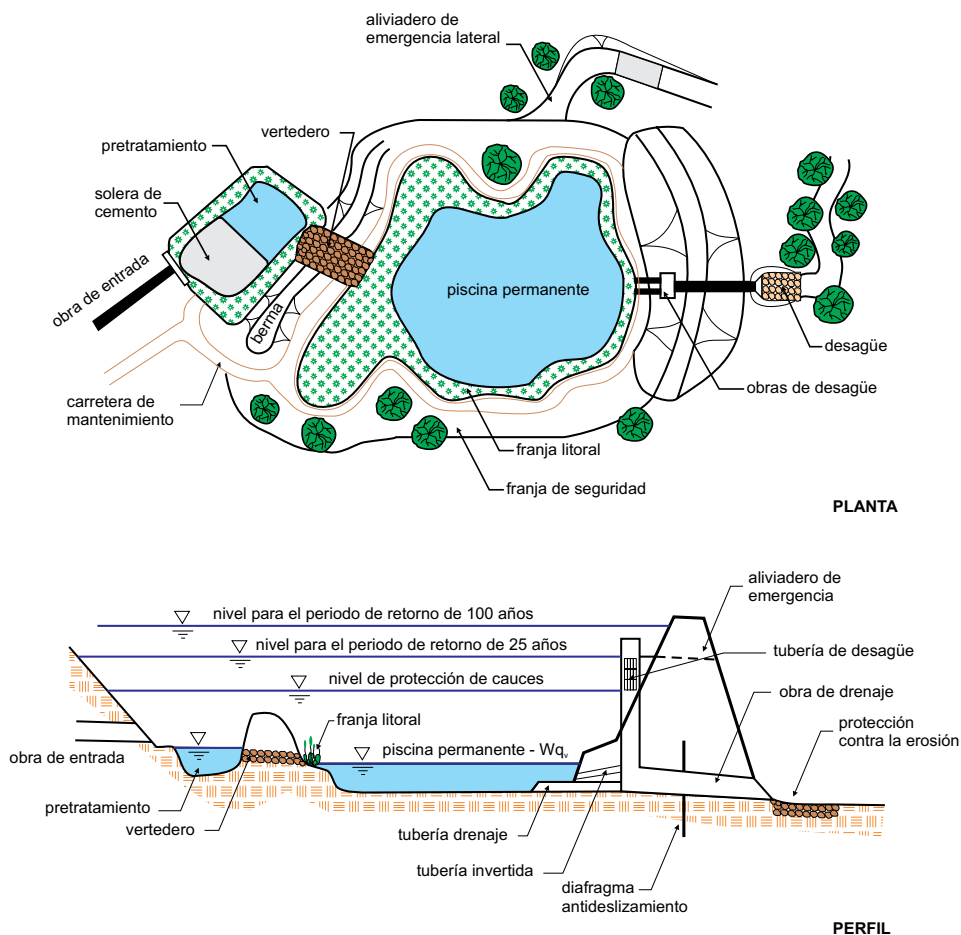


Figura 10. Esquema dun estanque de retención húmido (ARC, 2001)

4.3 DEPÓSITOS SUBTERRÁNEOS

Os sistemas subterráneos de detención son tanques ou arquetas subterráneas deseñadas fundamentalmente para proporcionar control fronte aos caudais punta. As estruturas subterráneas de detención son a opción de tratamento máis empregada en concas urbanas moi desenvolvidas xa que os requirimentos de espazo minimízanse. Son, sen lugar a dúbidas, a tipoloxía de detención máis empregada en España e aplícanse habitualmente tanto en redes unitarias como separativas.

4.4 ZONAS HÚMIDAS ARTIFICIAIS

Os sistemas de zonas húmidas artificiais son estanques de augas superficiais deseñados para controlar os caudais e a contaminación das augas de escorrentía urbana. Son zonas que se anegan coas augas de escorrentía e cos fluxos subsuperficiais e subterráneos. Nestas infraestruturas os procesos físicos, químicos e biolóxicos eliminan algúns contaminantes, filtran outros e promoven certa osíxenación.

A característica fundamental das zonas húmidas é que presentan plantas hidrófilas que axudan á depuración dos contaminantes presentes nas augas pluviais.

Existen diversos tipos de zonas húmidas artificiais que se poden clasificar en función da proporción entre as augas superficiais e as profundas, ou a cantidade de volume que poden almacenar sobre o volume permanente (MDE, 2000). Na figura 11 preséntase un esquema dunha zona húmida superficial convencional.

Estes sistemas intégranse ben paisaxisticamente e, ademais, posúen un hábitat variado, aínda que con menor biodiversidade

de que o existente nos zonas húmidas naturais. Como no caso das zonas húmidas naturais requiren un caudal de tempo seco continuado ou un nivel freático elevado para que a vexetación do medio non desaparezca.

Os principais problemas específicos das zonas húmidas pódense producir por protestas da cidadanía relacionadas coa presenza de mosquitos, malos cheiros ou sucidade. A capacidade de regulación e a protección do medio receptor ante chuvieiras intensas é inferior á que proporcionan os depósitos de detención ou retención. Presentan inconvenientes similares a estes canto a superficie de ocupación e problemática coa vertedura a augas sensibles, xa que a temperatura do efluente adoita ser superior á do medio receptor.

Os sistemas de zonas húmidas intégranse ben paisaxisticamente na contorna e posúen un hábitat variado.

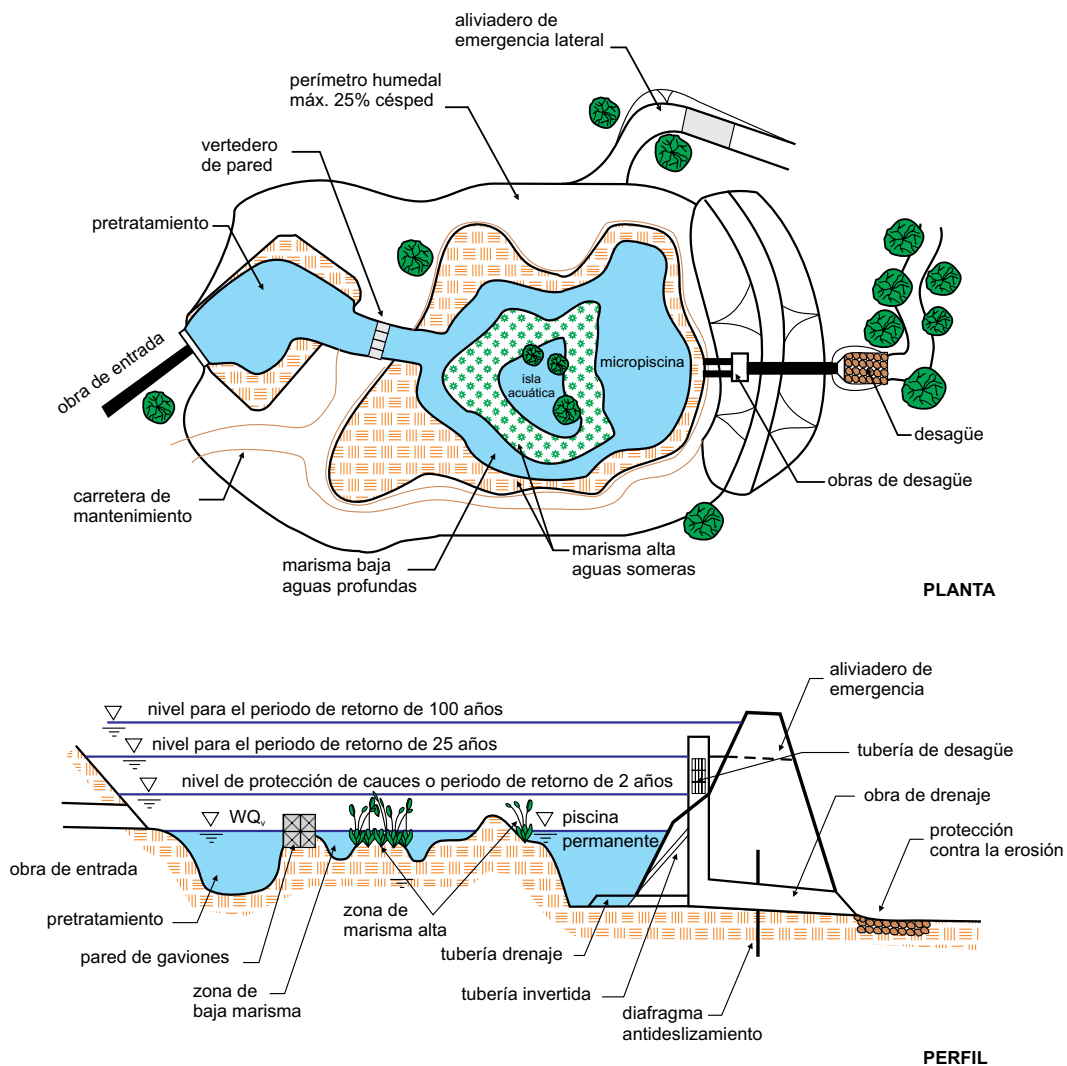


Figura 11. Esquema dun estanque de retención húmido (ARC, 2001).

04.5 ESTANQUES DE INFILTRACIÓN

Os estanques de infiltración son estanques de detención que permiten a infiltración da esco-
rentía no solo (figura 12). Como nas gabias de
infiltración, os estanques de infiltración, ade-
mais de tratar a contaminación asociada á es-
correntía urbana, axudan a preservar o balance

hídrico, proporcionan un volume de recarga aos
acuíferos e contribúen a preservar os caudais
base de pequenos arroios e canles.

Os estanques de infiltración presentan unha
serie de vantaxes sobre os estanques de de-
tención. A primeira diferenza con estas TDUS
reside na súa aplicabilidade ao control da con-

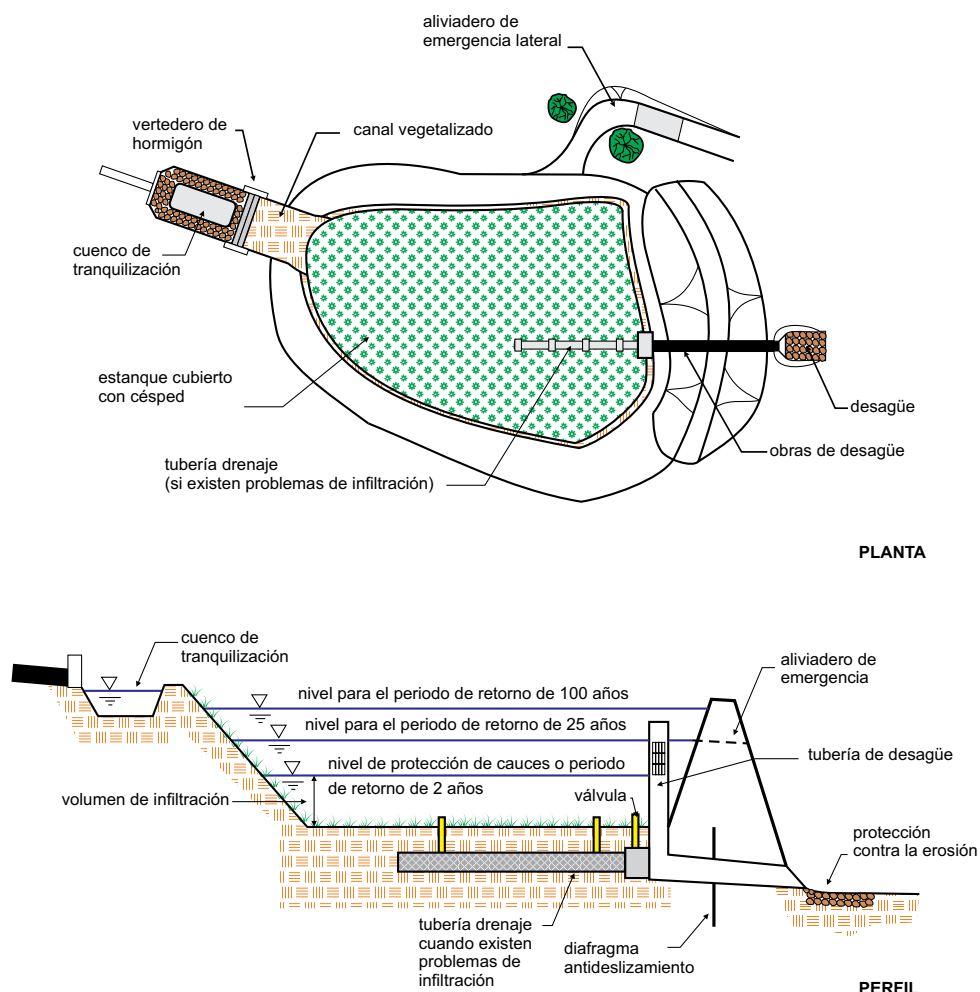


Figura 12. Estanque de infiltración (adaptado de MDE,2000)

taminación. Os estanques de infiltración son capaces de tratar a contaminación disolta mentres que os estanques secos fundamentalmente reducen as fraccións de contaminación particulada.

Ademais, a velocidade de sedimentación das partículas increméntase un valor igual á capacidade de infiltración do sistema, polo que as partículas máis finas decantarán mellor. Un último aspecto destes estanques é que minimizan os impactos térmicos sobre medios receptores con peixes de augas frías.

Nos estanques de infiltración débese prestar moita atención á posible contaminación do solo.

Debido á súa propia natureza estes sistemas non poden empregarse en solos pouco permeables. Ademais, o nivel freático e as estruturas de roca deben situarse por baixo do fondo do estanque para permitir a filtración ao terreo. Tamén debe prestarse atención á posible contaminación do solo. Un dos inconvenientes principais deste sistema de tratamento é o elevado custo de mantemento necesario para evitar atascos e colmatacións. Ademais, durante os primeiros anos de uso o sistema ten moi pouca fiabilidade e pode obstruírse con relativa facilidade.

04.6 CUNETAS DE CÉSPEDE

As cunetas de céspede, xunto coas zonas de biorretención, son sistemas de biofiltros vexetais, empregados para conducir e tratar da escorrentía na primeira etapa dos trens de tratamento. Deste xeito, os biofiltros empréganse para infiltrar parte da escorrentía, proporcionar un volume de recarga para os acuíferos e para controlar a contaminación das zonas máis altas da conca.

As cunetas verdes son canles anchas e pouco profundos cubertos con céspede resistente á acción erosiva da auga e ás inundacións. A principal diferenza con outros sistemas de drenaxe vexetados radica en que estas canles se deseñan para capturar e tratar o volume de calidade de auga. Pódense diferenciar tres tipoloxías diferentes (MDE, 2000):

- **Cunetas tradicionais.** Son canles recubertas de céspede e que teñen como único obxectivo transportar a auga de escorrentía (figura 13).

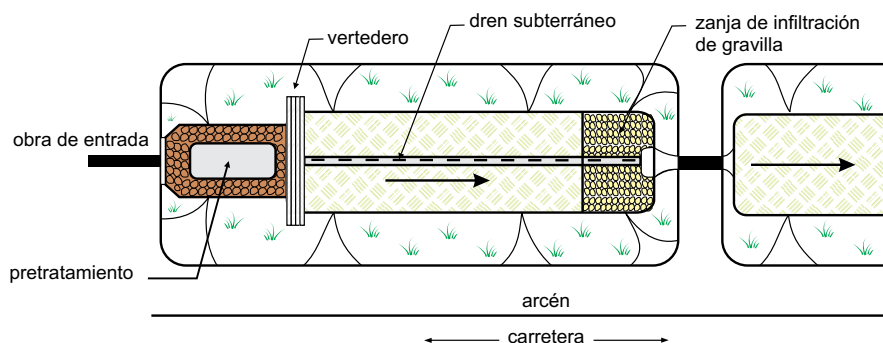


Figura 13. Exemplos de cuneta de céspede
(Imaxe de <http://sudsnet.abertay.ac.uk/>)

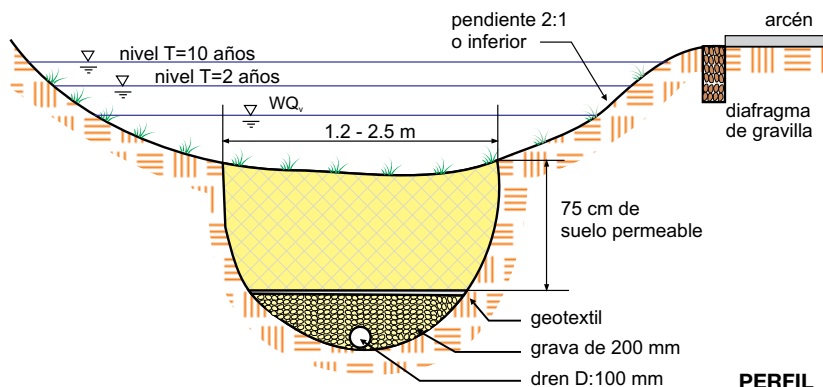
XESTIÓN DAS AUGAS PLUVIAIS EN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE DRENAXE SUSTENTABLE

• **Cuneta vexetal seca “dry swale”.** É un canle vexetado que dispón dun filtro realizado con solo moi permeable, ou un medio poroso artificial, que fai as veces de dren (figura 14). O sistema deséñase para

que todo o volume de calidade se infiltre cara ao medio a través do fondo da canle. Como a maioría do tempo permanecen sen auga son a opción máis empregada en contornas urbanas.



PLANTA



PERFIL

Figura 14. Cuneta vexetal verde seca ou “dry swale”(MDE, 2000)

- **Cuneta vexetal húmida “wet swale”.**

É un canle vexetado deseñado para reter dun modo permanente un volume de auga. Deste xeito danse as condicións para que subsista vexetación como a das zonas hú-

midas. Para manter o volume permanente é necesario que a superficie freática estea moi elevada, ás veces mesmo intercepta á canle, ou que o solo sexa moi impermeable (figura 15).

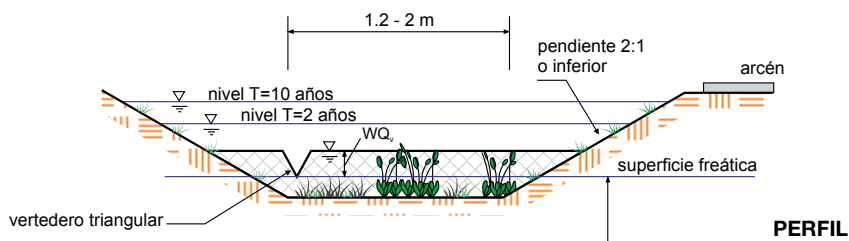
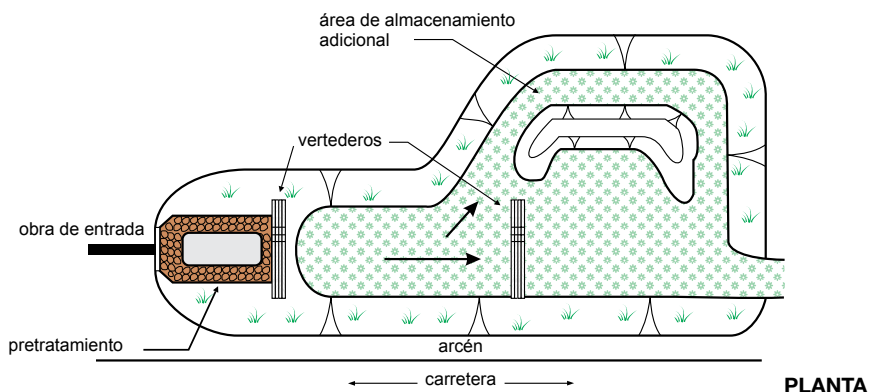
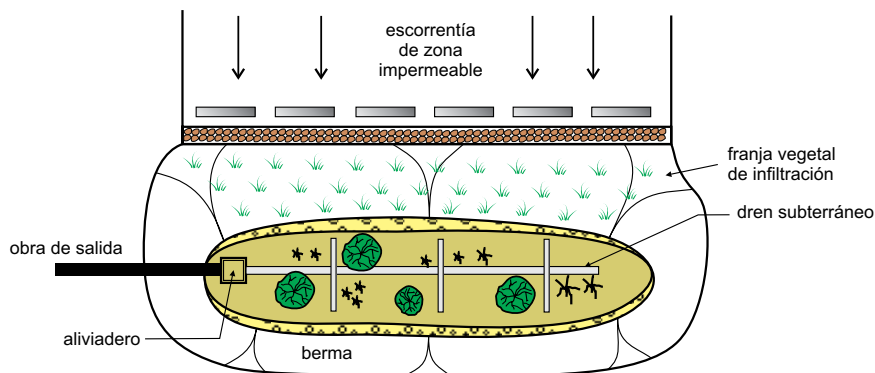


Figura 15. Cuneta vexetal verde húmida ou “wet swale”(adaptado de MDE, 2000).

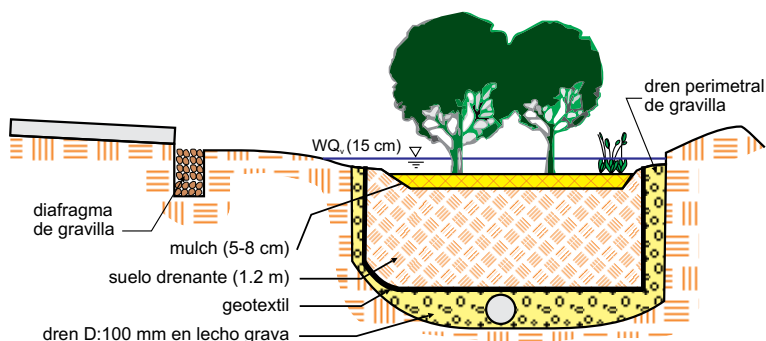
04.7 ZONAS DE BIORETENCIÓN

Nas zonas de bioretención a escorrentía infiltra-se nunha zona deprimida na que se dispón un solo moi permeable e un dren de area ou grava miúda. O sistema caracterízase pola vexetación que se dispón para mellorar o proceso de eliminación de contaminación e consta dunha estrutura de regulación á entrada, un pretratamento, que adoita ser unha gabia vexetal de infiltración, e un dren filtrante de area perimetral á zona deprimida onde se percola a escorrentía (ver figura 16).

As zonas de bioretención tratan o volume de calidade de auga que se infiltra a través do terreo e recóllese por un sistema de drens que habitualmente devolven a auga ao sistema de drenaxe. Estas instalacións son moi boas como sistemas de tratamento xa que incorporan unha alta variedade de mecanismos para a eliminación de contaminantes. Cada unha das zonas que compoñen o sistema están ideadas para cumprir unha función específica. Así, a franxa vexetal filtrante reduce a velocidade do fluxo e atrapa as partículas máis grosas. Na zona de detención facilítase a infiltración,



PLANTA



PERFIL

Figura 16. Esquema dunha zona de bioretención (adaptado de MDE, 2000).

evaporación e mellórase a sedimentación das partículas. O filtro orgánico, mulch, favorece o crecemento de microorganismos que eliminan hidrocarburos e materia orgánica. O mesmo sucede no solo filtrante que ademais elimina metais pesados e nutrientes. A vexetación introducida favorece a eliminación de contaminantes e estabiliza o solo. Por último, o filtro de area proporciona a drenaxe da zona e favorece as condicións aerobias.

Existen numerosos escenarios nos que poden aplicarse estes sistemas. As zonas de bioretención pódense construír para tratar a escorrentía asociada a vivendas unifamiliares, como sistema de tratamento da escorrentía de aparcadoiros, ao longo de cunetas vexetais instaladas en paralelo a estradas ou autoestradas e en illotes de tráfico en zonas impermeables de solo urbano denso.

04.8 FILTROS DE AREA

Os filtros de area son estruturas de control da escorrentía que almacenan a auga temporalmente e fana atravesar varias capas de area, mellorando así a súa calidade por sedimentación e filtración. Xeralmente estes sistemas presentan dúas cámaras, a primeira delas, denominada de sedimentación, favorece a eliminación de flotantes e das partículas máis grandes e pesadas. A segunda cámara está formada por un filtro de area que afina a calidade do efluente. Nalgunhas tipoloxías constrúese ademais unha terceira cámara de descarga.

Despois de que a auga pase pola infraestructura de tratamento esta vértese á rede de sumidoiros ou ao medio natural, aínda que tamén pode infiltrarse no terreo unha parte do volume de tratamento se as súas características son adecuadas. Estes sistemas requiren menos espazo para a súa

construción ca os sistemas de infiltración, polo que se usan principalmente en zonas urbanas densas.

As diferenzas entre os distintos tipos de filtros radican na súa localización (en superficie ou subterráneos) a área de drenaxe, a superficie do filtro, as necesidades de terreo e a cantidade de escorrentía que tratan.

As tipoloxías de filtros de area máis importantes son as seguintes:

- Filtros superficiais
- Filtros perimetrais
- Filtros subterráneos
- Filtros orgánicos

As características dos tres primeiros son similares, xa que unicamente presentan diferenzas na configuración das cámaras que os compoñen. Así, os filtros superficiais e perimetrais posúen dúas cámaras (unha de sedimentación ou desbaste e a segunda de filtrado) mentres que os filtros enterrados presentan 3 cámaras (a terceira cámara conduce a escorrentía cara á rede de drenaxe).

Os filtros perimetrais son estruturas enterradas construídas ao longo dun lateral dunha superficie impermeable, como por exemplo un aparcadoiro. A escorrentía introdúcese a través dunha serie de enxeixados ou tapas de sumidoiro pola parte superior do filtro cara á cámara de sedimentación. Desta pasa cara á zona de filtración a través dun aliviadoiro lateral (figura 17).

Co emprego de filtros de area conséguense efluentes de gran calidade en pequenas superficies de achega como aparcadoiros ou viarios.

Os filtros de area subterráneos son unha variante dos filtros superficiais que se sitúan nunha cámara subterránea. Funda-

XESTIÓN DAS AUGAS PLUVIAIS EN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE DRENAXE SUSTENTABLE

mentalmente aplícanse en desenvolvementos urbanos de alta densidade onde non existe espazo para dispor filtros de area ou calquera outra técnica de xestión da escorrentía estrutural que necesite unha alta ocupación.

Como se pode ver na figura 18, estes sistemas presentan tres cámaras. A primeira é a cámara de sedimentación, que almacena temporalmente a escorrentía e elimina os flotantes e os sedimentos nun volume de auga permanente. A cámara de sedimentación está conectada á cámara de filtración a través dunha parede mergullada que protexe o filtro de aceites e flotantes. O filtro

dispón dun sistema de drenaxe que conduce as augas á terceira cámara que é onde se verten tamén os sobordes que o filtro non é capaz de tratar.

Debido á súa situación baixo terra este tipo de filtros requiren un mantemento máis complexo ca os filtros superficiais e só poden empregarse cando se garantan unhas condicións de explotación e revisión adecuadas. Por último, os filtros orgánicos son similares aos superficiais en canto á súa configuración pero nos primeiros substitúese, ou combina, o medio filtrante de area cun medio orgánico.

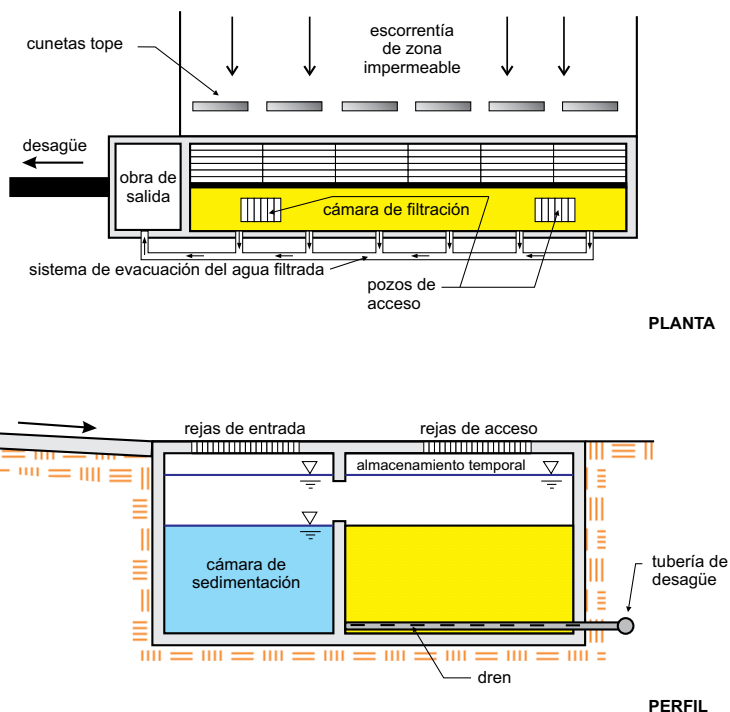


Figura 17. Esquema dun filtro perimetral nun aparcadoiro urbano (adaptada de MDE, 2000)

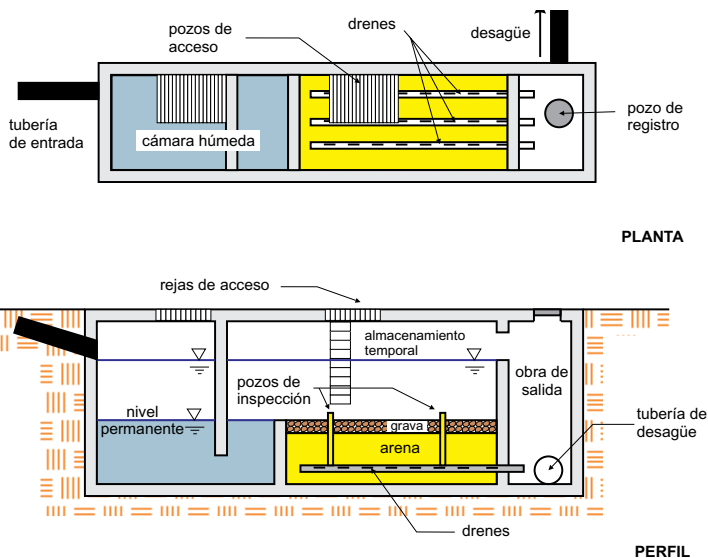


Figura 18. Esquema dun filtro subterráneo (adaptado de NYSDEC, 2001)

05 CONSIDERACIÓNS FINAIS

A planificación e selección das TDUS non é unha tarefa sinxela, xa que deben contemplarse tanto o control de cantidade e calidade da auga que a infraestrutura vai proporcionar, como o seu servizo e integración na comunidade. Por este motivo, factores como a integración paisaxística, a contorna arquitectónica, os usos urbanos ou a potencialidade de xeración de hábitats adecuados para a flora e a fauna local deben contemplarse no deseño (Castro et al., 2005).

Á hora de planificar novas TDUS débense contemplar o marco normativo, os impactos xerados sobre a contorna e factores relacionados co medio receptor e con aspectos sociais.

O primeiro paso para realizar a planificación dunha infraestrutura deste tipo consistirá en dispor dunha serie de datos iniciais. O

estudo do sistema de drenaxe orixinal da zona é un bo punto de partida xa que un dos principais criterios de deseño consiste en manter o patrón dos hidrogramas existentes antes do desenvolvemento urbano da zona. Outros datos básicos son os relacionados co réxime de precipitacións da zona. Debe disporse de series de precipitación para poder realizar análise de frecuencias e intensidades co obxecto de elaborar as choivas de deseño. Tamén é importante coñecer os puntos onde se prevén os desbordes e verteduras da rede de saneamento, xa que estes poden condicionar a localización das infraestruturas de tratamento.

Á hora de seleccionar a técnica, ou grupo de técnicas, que mellor se adaptan aos obxectivos de deseño de cada conca urbana en particular, débense contemplar os factores que se comentan a continuación (Puertas et al., 2008).

XESTIÓN DAS AUGAS PLUVIAIS EN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TÉCNICAS DE DRENAXE SUSTENTABLE

05.1 NORMATIVAS E DISPOSICIÓN LEGAIS

Débase analizar en primeiro lugar se por condicionantes legais é imperativo o deseño dalgún tipo de TDUS. No ámbito dos sistemas de saneamento e drenaxe galegos é de aplicación o establecido nas Instrucións técnicas para obras de hidráulicas en Galicia (ITOHG). Nestas instrucións indícase que o principio de xestión sustentable nos novos desenvolvementos urbanos será o de non modificar substancialmente a hidroloxía natural das concas. Por este motivo, as ITOHG recomendan na construción de novos espazos urbanos as TDUS necesarias para que os caudais e volumes de augas pluviais non superen os valores máximos existentes previamente á urbanización das concas naturais:

Ademais, nalgúns casos, será obrigatorio construír TDUS para reducir a contaminación mobilizada cara aos medios naturais. Estas circunstancias son as seguintes:

- En zonas de nova construción onde se incrementen os caudais vertidos cara ao medio receptor.
- En medios rurais con poboación superior a 1000 habitantes. Naqueles núcleos que se poida xerar unha gran cantidade de contaminación difusa (pesticidas, erosión do solo, etc.) aplicarase TDUS en calquera caso.
- En zonas industriais.
- En aparcadoiros de superficie superior a 0.5 ha.
- En estradas con IMD superior aos 20000 vehículos/día.
- En zonas como gasoleiras, inmediacións de estación de ferrocarril, autobuses ou similar.

As ITOHG indican que nos novos desenvolvementos urbanos non se debe modificar substancialmente a hidroloxía natural das concas. Para lograr este obxectivo é necesario aplicar técnicas de drenaxe urbana sustentable.

Estas condicións son máis restritivas cando as verteduras de augas pluviais se conducen a zonas sensibles ou con algunha protección especial segundo a Directiva marco da auga (Directiva 2000/60/CE).

Por último, deben revisarse os condicionantes legais relativos, por exemplo, ás distancias mínimas con outros elementos como edificios, fosas sépticas, pozos, etc. Outro aspecto que hai que contemplar é a protección de elementos augas abaixo do sistema de tratamento.

05.2 IMPACTOS SOBRE A CONTORNA

Os principais impactos que producen as augas de escorrentía sobre a contorna pódense clasificar en físicos (erosión de canles e chairas, impactos térmicos, etc.), químicos e impactos sobre o hábitat.

05.3 FACTORES RELACIONADOS CO MEDIO RECEPTOR.

O deseño das TDUS pode estar moi influenciado pola natureza das masas de auga receptoras. A zonificación en usos das augas afectadas polas verteduras de augas pluviais é un aspecto fundamental para a definición da TDUS xa que os usos que se especifiquen, xa sexan por definición legal ou por hábitos da poboación, implican que debe existir unha determinada calidade mínima da auga.

05.4 FACTORES AMBIENTALES E SOCIAIS

Neste grupo de factores inclúense aspectos como os custos de mantemento, os custos de construción, o nivel de aceptación do

sistema na comunidade, a capacidade que posúe o sistema para proporcionar calidade ao hábitat receptor das cargas de auga e contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

A.R.C. (2001). Georgia Stormwater Management Manual. Volume 2: Technical Handbook. State of Georgia. Atlanta Regional Commission, Atlanta.

CASTRO, D., RODRÍGUEZ, J., RODRÍGUEZ, J. y BALLESTER, F. (2005). “Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)”. *Interciencia*, Vol. 30, N° 5, págs. 255-260.

CIRIA (1999). Sustainable Urban Drainage Systems. Design manual for Scotland and Northern Ireland. Construction Industry Research and Information Association, Report C251. Londres. 126 págs.

DEBO, T. N. y REESE, A. J. (1995). Municipal Storm Water Management. CRC Press, Florida. 756 págs. M.D.E. (2000). Maryland stormwater design manual. 2 Vol.. Maryland Department of the Environment, Baltimore.

NYSDEC (2001). New York State. Stormwater management manual. New York State. Department of Environmental Conservation, Albany. 398 págs.

PUERTAS, J.; SUÁREZ, J. y ANTA, J. (2008). Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. Monografía M-98. CEDEX. 600 pág.

TEMPRANO, J., CERVIGNI, M., SUÁREZ, J. y TEJERO, I. (1996). “Contaminación en redes de alcantarillado urbano en tiempo de lluvia: control en origen”, *Revista de Obras de Públicas*, N° 3352, Marzo 1996. págs. 45-57.

U.S.-E.P.A. (2002). Considerations in the design of Treatment BMP to improve water quality. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati. US-EPA/600/R-03/103. 185 págs.

U.S.-E.P.A. (2004). Stormwater Best Management Practices Design Guide: Volume 1. General Considerations. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati. US-EPA/600/R-04/121. 179 págs

www.riomandeo.com

mandeo
paraíso fluvial



**Deputación
DA CORUÑA**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE HACIENDA
Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS



FONDO EUROPEO
DE DESARROLLO REGIONAL
Una manera de hacer Europa