

Drenaje Urbano Sostenible

Rodríguez Mora, Sara^(*)

(*) I.C.C.yP. Doctoranda en la ETSA. asielingenio@gmail.com, 610441259

Resumen Los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) tienen como fin gestionar las aguas de lluvia devolviendo a los suelos impermeabilizados urbanos su capacidad de filtración, de retención y de laminación de las escorrentías que en ellos se generan. Se hacen indispensables en zonas urbanas donde el subsuelo está constituido por arenas, cuya capacidad de absorción ha sido anulada y se requiere recuperar. Se recoge la situación de las urbanizaciones costeras con bajas pendientes y suelos arenosos, que requieren bombeos que elevan el consumo de energía a valores insostenibles, aconsejándose el empleo de técnicas que favorezcan la filtración al terreno de las aguas de lluvia en lugar de dejarlas escurrir. En estas zonas el uso de imbornales resulta ineficaz por aterramiento y daño a la red de conducciones, por ello, las técnicas de drenaje superficial y filtración constituyen una solución, avalada por su empleo en países como EEUU, Gran Bretaña y Australia desde hace décadas. La implantación de estas nuevas técnicas incluye la participación de técnicos y gestores así como de la ciudadanía afectada o interesada. La inclusión de estos actores en el proceso de diseño resulta indispensable para difundir el conocimiento de las medidas y favorecer su aceptación. Con la investigación en curso se espera poder demostrar el beneficio de la gestión eficaz y sostenible de las escorrentías así como el social y económico, contextualizando las medidas en el Sur de España.

Palabras clave Agua pluvial, Sostenibilidad, Drenaje urbano, Contaminación, SUDS¹

1 Introducción

La investigación en curso se focaliza en la resolución o mitigación de afecciones por cantidad (inundación) o calidad (contaminación) del agua en zonas urbanas andaluzas mediante la utilización de técnicas sostenibles y su comparación con las técnicas existentes, ya sea porque las sustituyan o las complementen. Se trata de constatar no sólo el ahorro en costes monetarios sino en coste medioambientales

¹ SUDS: Sustainable Urban Drainage Systems.

entre los que se incluye la disminución del consumo de energía (Ramos et al., 2013) y, por tanto, de la emisión de carbono a la atmósfera.

La ocupación e impermeabilización de los suelos por la creciente urbanización ha provocado el considerable aumento de los caudales circulantes por las áreas urbanas, al convertir el agua de lluvia en escorrentía directa, en un proporción cercana al 100%. La red de saneamiento no tiene capacidad para gestionar dicho caudal, a la vez que se generan costes económicos y medioambientales insostenibles, tanto por el gasto energético que conlleva como por la contaminación arrastrada. El *RD 1290/2012 de modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico* (RD 849/1986) y el *RD 509/1996* de desarrollo del *RD-Ley 11/1995 de Normas Aplicables al Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas*, reconoce la ineficacia del sistema actual para la gestión de las aguas del sistema de alcantarillado, recogiendo en su introducción lo siguiente:

"[...] en la práctica no es posible construir los sistemas colectores y las instalaciones de tratamiento de manera que se puedan someter a tratamiento la totalidad de las aguas residuales en circunstancias tales como lluvias torrenciales inusuales".

Los *sistemas de drenaje urbano sostenible* (en adelante SUDS) constituyen una herramienta de prevención y mitigación de los problemas ambientales que genera el sector de la construcción. Su eficacia viene avalada por su aplicación desde hace décadas en países como Australia (Wong, 2006), Estados Unidos (EPA, 2007; SEMCOG, 2008), Reino Unido (Charlesworth & Booth, 2012; Digman et al., 2012; National & Agency, 2010) y otros muchos que comienzan a apuntarse a la tendencia.

Los SUDS, como herramienta de prevención, se aplican desde el inicio del proceso de planificación urbanística mediante la reserva de espacio para la instalación de las medidas de gestión sostenible del agua de lluvia. A nivel de proyecto han de gestionarse las escorrentías generadas, impidiendo que se produzcan molestias o afecciones tanto en la zona que se proyecta como las situadas aguas abajo. Y a nivel rehabilitación, es posible la adaptación de los espacios existentes (jardines, aceras, etc.) para su uso como espacios multifuncionales que colaboren en la gestión de las escorrentías. Los SUDS ayudan a minimizar tanto los efectos perjudiciales de las zonas urbanas nuevas como los de las ya consolidadas.

En España en general y en Andalucía en concreto, los SUDS son desconocidos por parte de las autoridades y gestores responsables del agua urbana, tanto desde el punto de vista de su eficacia como de los costes de instalación y mantenimiento. Se requieren ejemplos contextualizados de los sistemas de drenaje urbano sostenible en aras de su difusión y aceptación. En la presente comunicación se recoge el caso de *urbanizaciones en zonas costeras de la provincia de Huelva* donde el drenaje de las aguas pluviales no ha sido resuelto, tanto por no disponer de conducciones convencionales como por no ser eficaces las existentes. Se tratará de *evidenciar la necesidad de sistemas alternativos que sustituyan o complementen las conducciones convencionales* de gestión del agua de lluvia, aumentando la sostenibilidad y la eficacia del conjunto del sistema.

2 Métodos

2.1. Método y participación

La integración de la opinión de gestores urbanísticos, del agua y ciudadano afectados o interesados, es un elemento clave en la implantación de los SUDS. El proceso de participación puede representarse de forma circular, de tal manera que cuando se finaliza un ciclo con una propuesta, se obtienen datos acerca de los pros y contras desde los actores claves, información que podrá enriquecer una segunda propuesta o mejora de la inicial.



Fig. 1 Proceso circular de diseño y mejora de las propuestas

Se ha establecido contacto con los técnicos de urbanismo del Ayuntamiento y con la empresa GIAHSA encargada del ciclo del agua. También se ha contactado con la Comunidad de Vecinos de la urbanización *Pinos del Mar*, objeto específico del estudio, así como con algunos propietarios afectados por acumulaciones de aguas pluviales.

Todos ellos están aportando datos para conocer el entorno, sus características y afecciones. Tras el diseño de una propuesta, se tratará de incorporar sus opiniones al respecto. Con esto se consigue una mayor implicación y aceptación, sintiéndose no sólo receptores de la propuesta sino partícipes de su creación.

2.2. *Proceso de diseño*

El diseño de una propuesta de drenaje urbano sostenible puede dividirse en las etapas siguientes:

1. **Entorno y escorrentías:** análisis de la información existente y contacto con los implicados, gestores y ciudadanos, para conocer la casuística de la zona respecto de la generación de escorrentías superficiales de agua de lluvia.
2. **Afecciones** observadas y detección de puntos de conflictos.
3. **Soluciones:** convencional (existente o propuesta) y propuesta de solución utilizando SUDS

2.2.1 Entorno y escorrentías

El estudio se centra en la urbanización costera de *Pinos del Mar*, sita en la localidad de Punta Umbría (Huelva), con bajas pendientes y terrenos arenosos ocupados por casas o chalets de una a dos alturas. La red de alcantarillado predominante en la localidad es de tipo unitario y se resuelve con bombeos para alcanzar la depuradora, incluyendo, como es habitual, los aliviaderos intermedios².

En *Pinos del Mar* no existe drenaje de aguas pluviales y la red existente para aguas negras, alcantarillado convencional, se encuentra en mal estado por su antigüedad y por problemas con las raíces de los pinos.

Las pendientes suelen ser bajas con terrenos arenosos y muy permeables que generan escasas escorrentías, no identificándose cauces en el área, lo más ejes de vaguada. Así las principales escorrentías se generan por la impermeabilización de la zona urbana (techos, patios y calzadas).

El proceso de impermeabilización de los suelos dentro de las viviendas es análogo al resto de espacios urbanos, al no existir normativa reguladora al respecto, si bien, no está demasiado avanzado pues se observan todavía patios y calles sin pavimentar, con el suelo original de arenas.

Las viviendas se disponen de forma cuadrangular con viales asfaltados en calles entre accesos principales, y con calles traseras conservando el suelo de arena, con franja pavimentada para el paso peatonal.

El vial perimetral drena hacia los pinares, así como las calles asfaltadas que escurren hacia el exterior.

² Aliviaderos intermedios o de crecidas: dispositivos de descarga libre al medio del caudal que el sistema no puede gestionar.



Fig. 2 Calle trasera en *Pinos del Mar*



Fig. 3 Calle asfaltada en accesos principales en *Pinos del Mar*



Fig. 4 Vial perimetral en *Pinos del Mar*

Por el sur de limita con desarrollos urbanos recientes, por el resto del perímetro se limita con pinares propiedad del Ayuntamiento. Existe un proyecto de Camping al oeste de la urbanización.

En el mapa siguiente (Fig. 5), se han localizado los puntos bajos en las pendientes (posibles zonas de acumulación) y las zonas más deprimidas colindantes que puedan actuar como sumideros de pluviales.

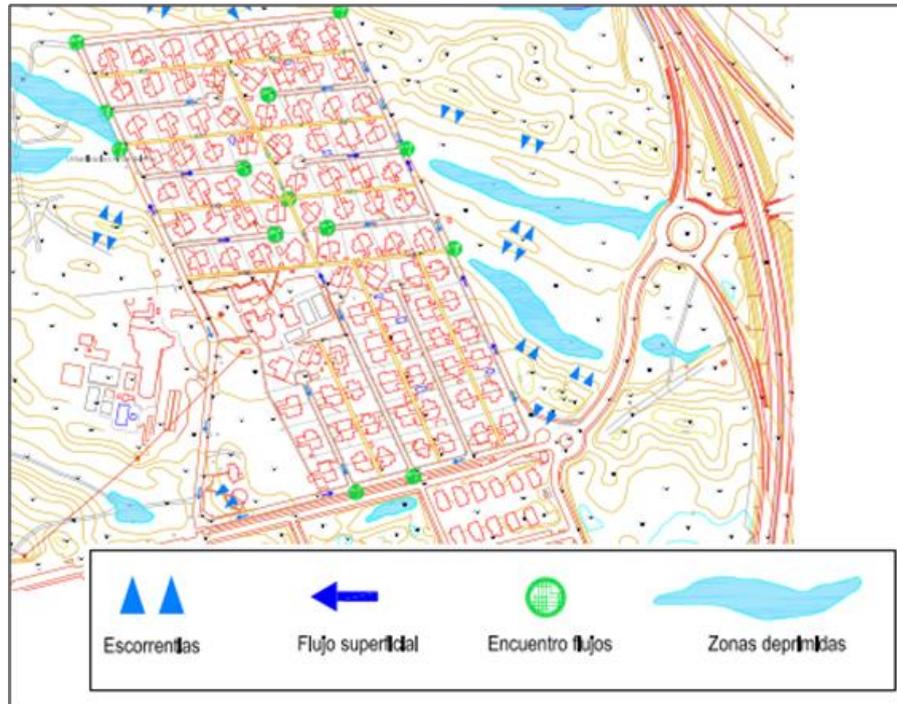


Fig. 5 Calles y direcciones de los flujos superficiales en *Pinos del Mar*

2.2.2 Afecciones

La urbanización *Pinos del Mar* tiene ciertas afecciones por acumulación de aguas en episodios lluviosos, que se agravan por el estado de la red de aguas negra. Esto se produce en aquellas calles asfaltadas sin salida que drenan hacia el interior, y en puntos interiores de las calles de arena por falta de pendiente hacia el exterior (son los círculos verdes `encuentros de flujo` del mapa figura 5).

Así, la urbanización se encuentra con la doble tarea de resolver el drenaje de las aguas pluviales a la vez que los conflictos por acumulaciones en algunos puntos interiores.

2.2.3 Soluciones

SOLUCIÓN CONVENCIONAL

Existe un proyecto de solución convencional de las aguas pluviales, esto es, de captación mediante imbornales y conducciones enterradas hasta un tanque de tormenta. Se requerirán bombeos (coste energético y emisión de carbono), gestionar el caudal almacenado en los tanques y tratar la contaminación arrastrada.

En cuanto a su rendimiento, se ha analizado la solución convencional en una urbanización cercana para poder establecer una comparativa con la propuesta de solución alternativa o SUDS. Se trata de *La Canaleta*, sita en la misma localidad y de similares características, con una red de pluviales unitaria en un tramo y separativa en otro. Se exponen, a continuación, las *disfunciones del sistema y riesgos detectados*.

Disfunción del drenaje

Aunque el drenaje de pluviales en el área de *La Canaleta* pudiera parecer estar resuelto, por disponer de red convencional, está lejos de ello.

Tras el examen visual del área y como se refleja en la Figura 6, quedan dudas del funcionamiento del sistema de drenaje.



Fig. 6 Imbornales en *La Canaleta*.

Los imbornales, atascados y sellados, no están operativos para captar el agua. Además, los conductos del alcantarillado podrán estar obstruidos en parte por el material que se habrá introducido a través de los imbornales antes de inutilizarse completamente.

La red de aguas negra, en estado ruinoso en algunos puntos, recibe también en algunos tramos el caudal de agua y arrastres de estos imbornales que logra acceder a los conductos. Esto es, la colocación de imbornales en zonas arenosas, captando agua y arenas arrastradas, no parece ser la solución que funciona.

Creciente sellado de suelos

A esta situación de inoperatividad hay que sumar el creciente sellado de los suelos. En *La Canaleta* donde antes había calles de arena ahora hay calles asfalta-

das. Esta habilitación para el tráfico supone una inhabilitación para la gestión de las aguas de lluvia. El sellado de los suelos de arena cierra el *gran imbornal natural* que es el suelo original.



Fig. 7 Calle de arena con franja de paso peatonal y calle asfaltada en *La Canaleta*

Asimismo, las modificaciones en las parcelas de chalets eliminan la superficie de arena y la sustituyen por patios pavimentados, con el consecuente incremento de escorrentías.



Fig. 8 Zonas de paso peatonal y arenas, e impermeabilizaciones de patios en *La Canaleta*

Desconocimiento de la red

De la experiencia de la autora se destaca el amplio desconocimiento de la red enterrada existente. A veces, por no existir planos que la recojan y otras por no coincidir la realidad con lo reflejado en los planos. Además, los técnicos han señalado las habituales conexiones con la red sin la necesaria comunicación con el organismo gestor, esto es, conexiones ilegales. De esta forma, la red enterrada de pluviales puede ser objeto de conexiones con la red de aguas negras de las viviendas, sin control por parte de las autoridades.

SOLUCIÓN ALTERNATIVA: SUDS

La solución SUDS no solo gestiona las aguas de escorrentías que se generan sino que incorpora medidas para evitar que se generen más, lo que supone una gran diferencia frente al drenaje convencional.

Por tanto, se tendrá que actuar sobre dos inercias, la de los propietarios y urbanizadores sellando los suelos de patios y calzadas, y la de los técnicos y gestores a resolver de la forma habitual, por conducciones enterradas. Se requiere evidenciar la necesidad de cambio en la gestión de las aguas pluviales.

1ª Medida SUDS ⇨ **Difusión y conocimiento de los SUDS. Integración de los actores principales.** Se requieren encuentros entre técnicos afines, gobernantes y gestores del agua y la ciudadanía implicada para dar a conocer los SUDS y evidenciar la disfunción e insostenibilidad del drenaje convencional gestionando las aguas pluviales. Con esto se podrán sumar las sensibilidades latentes hacia medidas sostenibles, y convencer a otros mostrando soluciones analizadas y probadas.

2ª Medida SUDS ⇨ **Conservación de las calles de arena. Freno a la pavimentación de patios.** La solución al drenaje de estas zonas litorales de baja pendiente puede definirse como *la recuperación del gran imbornal o sumidero que constituye el subsuelo arenoso*. Que en el caso de *Pinos del Mar* más que recuperación es "mantenimiento" de la situación actual, frenando la impermeabilización de las superficies.

3ª Medida SUDS ⇨ **Gestión de las escorrentías existentes** drenando superficialmente, filtrando contaminantes e infiltración hacia el subsuelo.

En este punto hay que destacar que la normativa actual excluye a las aguas pluviales no contaminadas de la consideración como vertido y, por tanto, de la necesidad de depuración. En Andalucía³, los vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre se regulan mediante el *Decreto 109/2015* que además desarrolla la Ley 3/2015 GICA Andaluza. A efectos de este Decreto **no se considerarán vertidos:**

- a) La evacuación de aguas ausentes de contaminación o que no hayan entrado en contacto con sustancias contaminantes, tales como las **aguas pluviales limpias** y las aguas procedentes de la acuicultura extensiva o tradicional.
- b) Los vertidos que se produzcan a elementos que no forman parte del Dominio Público Hidráulico o el Dominio Público Marítimo-Terrestre y **que no afecten a los mismos.**

Si bien, los SUDS incluyen un tratamiento primario de las aguas pluviales mediante los dispositivos de filtración.

En la planicie costera, dada la escasa pendiente y altura respecto al nivel del mar, el drenaje hacia éste o la ría no sería operativo, pero sí hacia la zona de pinares con espacio para pequeñas áreas de retención e infiltración.

Así, en la calzada perimetral se propondrán **bio-zanjas** que filtren, infiltren y transporten los excedentes de caudal hacia las **áreas de retención e infiltración** en los pinares.

En las calles asfaltadas que drenan hacia el interior, se propondrán **zanjas o pozos de infiltración**, diseñados para retener el caudal que provoque afección. Es-

³ No es de aplicación a los vertidos de aguas continentales de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir, sólo a los de competencia de la CCAA Andaluza, sin perjuicio de lo dispuesto en la normativa básica en materia de aguas y costas.

tos dispositivos SUDS se recomiendan realizarlos con los cajones de polipropileno⁴ diseñados para cargas de tráfico.

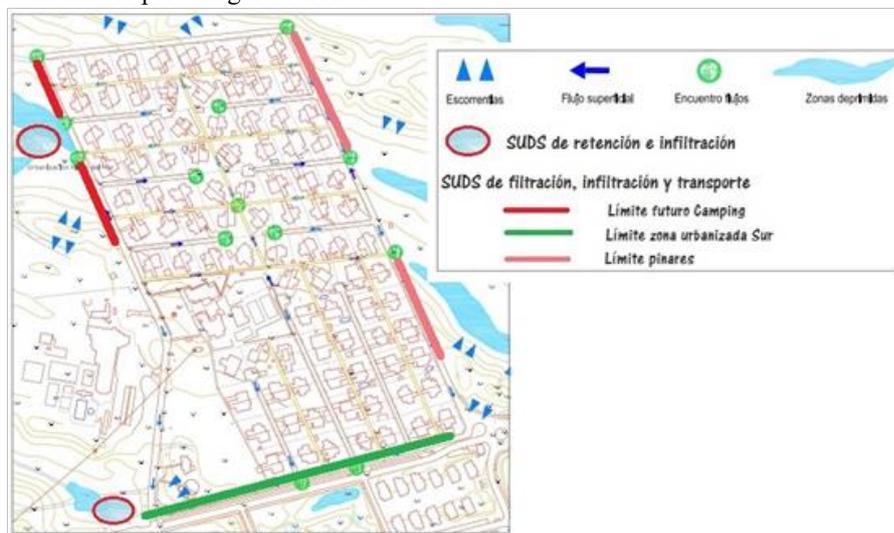


Fig. 9 Planta de diseño de dispositivos SUDS en *Pinos del Mar*

En el caso que nos ocupa, la conexión entre el drenaje con SUDS y la red enterrada no está prevista, dado que hay espacio para retener e infiltrar el caudal excedente. En otros casos, en zonas consolidadas, sin espacio para SUDS de retención o laminación, se conecta el aliviadero o desagüe del caudal excedente con la red convencional.

2.3. Comparación y verificación

Se trata de una investigación en curso por ello la comparación entre alternativa convencional (conducciones enterradas y bombeos) y alternativa sostenible (SUDS) está por finalizar. así como la verificación o revisión incorporando las opiniones de vecinos y gestores. En la comparación se tendrán en cuenta distintos beneficios añadidos, como es la necesidad de mejorar las cuadrillas de mantenimiento de las zonas verdes urbanas. Se ha demostrado en otros países (Bueno & Perales-Momparler, 2013; Charlesworth et al., 2013; Kenway, Turner, Cook, & Baynes, 2008) que la reducción de costes en consumo de energía y otros recursos para gestionar el agua urbana puede ser reinvertido en trabajo para la comunidad, reforzando los equipos de mantenimiento.

⁴ Estructura modular, tridimensional, rectangular, hueca, perforada vertical y horizontalmente, fabricadas en polipropileno.

3 Resultados esperados

La principal conclusión del trabajo será demostrar que la elección de las técnicas sostenible es la decisión adecuada para mitigar los conflictos asociados con la cantidad y la calidad del agua en las zonas urbanas.

Tabla 1 Resultados previsibles entre soluciones convencionales y sostenibles

SOLUCIÓN	CONVENCIONAL	ALTERNATIVA -SUDS-
Conocimiento	↑ SI (1)	↓ NO
Aumento de escorrentías	↑ SI (2)	↓ NO
Consumo energético	↓ Alto	↑ Bajo
Costes	↑ Mayor conocimiento costes	↓ Incertidumbre costes mantenimiento (3)
Mejora entorno	↓ Bajo	↑ Alto: paisaje, del aire,...
Efecto isla calor	↓ No afecta	↑ Mejora las temperaturas urbanas
Cambio climático	↓ No adaptado	↑ Adaptado
Contaminación	↓ Difusa y poco controlada	↑ Control donde se genera
Integración social	↓ Ninguna	↑ Aumento de trabajo local
Reparto de responsabilidad	↓ Ninguna (4)	↑ Con la ciudadanía (5)

(1) Se conoce su diseño, y también su disfunción para resolver las pluviales

(2) La inercia del sellado del suelo y la inercia del drenaje de las aguas pluviales por métodos convencionales (conducciones y/o tanques de tormentas) podrán no sólo agravar la situación sino hacerla muy costosa de resolver.

(3) En el Reino Unido la experiencia es limitada en el mantenimiento y operación de los SUDS y por tanto los costes son inciertos (Digman et al., 2012).

(4) La responsabilidad de evacuar las pluviales se entiende que es de la gobernanza competente.

(5) Al incluir la ciudadanía en el proceso, proporcionando información de cómo se generan las escorrentías, se vislumbra la responsabilidad individual en el incremento de éstas.

Se espera poder demostrar no sólo el beneficio medioambiental de las medidas sostenibles, sino también resaltar las ventajas sociales, a través de una investigación específica localizada en zonas urbanas del Sur de España.

4 Citas y Referencia

Bueno, I. E., & Perales-Momparler, S. (2013). Hacia una mejora de la eficiencia energética en la gestión del agua de lluvia en entornos urbanos: el proyecto E2STORMED. In *Jornadas de Ingeniería del Agua (JIA)*. Valencia.

- Carlson, C., Barreteau, O., Kirshen, P., & Foltz, K. (2015). Storm Water Management as a Public Good Provision Problem: Survey to Understand Perspectives of Low-Impact Development for Urban Storm Water Management Practices under Climate Change. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(6).
- Charlesworth, S. M., & Booth, C. A. (2012). Water Resources Issues and Solutions for the Built Environment: Too Little Versus Too Much. In *Solutions to Climate Change Challenges in the Built Environment* (pp. 237–250).
- Charlesworth, S. M., Perales-Momparler, S., Lashford, C., & Warwick, F. (2013). The sustainable management of surface water at the building scale: preliminary results of case studies in the UK and Spain. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*.
- Conlan, K. (2009). *Exploring the cost benefit of separating direct surface water inputs from the combined sewerage system*. London: UK Water Industry Research.
- Digman, C., Ashley, R., Balmforth, D., Balmforth, D., Stovin, V., & Glerum, J. (2012). *Retrofitting to manage surface water*. London: CIRIA.
- EPA. (2007). Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices. *United States Environmental Protection Agency*, (December), 1–3.
- Escuder-Bueno, I., Castillo-Rodríguez, J. T., Zechner, S., Jobstl, C., Perales-Momparler, S., & Petaccia, G. (2012). Application of a complete and quantitative tool for flood risk analysis in urban areas. In *3rd International Week on Risk Analysis Dam Safety Dam Security and Critical Infrastructure Management 3IWRDD* (Vol. Valencia, pp. 113–120).
- HMSO. Flood and Water Management Act 2010, Water Management 81 (2010).
- Kenway, S. J., Turner, G. M., Cook, S., & Baynes, T. (2008). Water-energy futures for Melbourne: the effect of water strategies , water use and urban form. *Water*, 978(October), 643.
- National, E., & Agency, E. Flood and Water Management Act (2010).
- Oke, T. R., & Maxwell, G. B. (1975). Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment* (1967), 9(2), 191–200.
- Perales-Momparler, S., García Ganuza, J., Rodríguez-Hernandez, J., & Jefferies, C. (2010). Tipos de redes Urbanas Convencionales. In *Jornada de Drenaje Sostenible NILSA* (p. 284).
- Ramos, H. M., Teysier, C., Samora, I., & Schleiss, A. J. (2013). Energy recovery in SUDS towards smart water grids: A case study. *Energy Policy*, 62, 463–472.
- SEMCOG, M. (2008). *Low Impact Development Manual for Michigan*. Michigan: Southeast Michigan Council of Governments (SEMCOG).
- Walsh, C. J., Fletcher, T. D., & Ladson, A. R. (2005). Stream restoration in urban catchments through redesigning stormwater systems: looking to the catchment to save the stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 690–705.
- Wong, T. H. F. (2006). An Overview of Water Sensitive Urban Design Practices in Australia. In *Water Practices and Technology* (Vol. 1, pp. 9–16).