



Módulo 1

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS



Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del
Área Metropolitana de San Salvador

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

La realización de esta Guía ha sido posible gracias a la inestimable colaboración de entidades participantes en el Comité Técnico Interinstitucional que da seguimiento a la cooperación técnica ATN/LA-15861; ES-T1247 como son la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOP) y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Asimismo, se agradece la contribución aportada a esta Guía Técnica por las empresas salvadoreñas Durman, Amanco y Holcim El Salvador, el Instituto Salvadoreño del Cemento y Concreto (ISCYC), la Universidad de El Salvador, El Comité Biofílico de El Salvador Building Council y el Jardín Botánico de La Laguna

Redacción:
Ana Isabel Abellán

Colaboradores:
Julia Otaño
Luis Martín

Coordinación OPAMSS:
Liduvina Hernández
Ingrid Alfaro
Eduardo García

Financiada con recursos de la Comisión Europea a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Las opiniones expresadas en él no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea ni de la AECID o el BID.

Los recursos para elaborar esta Guía Técnica proceden de la Facilidad de Inversiones para América Latina (LAIF) de la Unión Europea. En el marco de este instrumento de financiamiento, la Unión Europea firmó con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) un Acuerdo de Delegación para la ejecución del proyecto regional “Promover la adaptación al cambio climático y la gestión integral de los recursos hídricos en el sector de agua y saneamiento en América Latina en el marco del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS)”, el cual establece que las actividades relacionadas con asistencias técnicas serán ejecutadas a través del BID. El presente documento hace parte de la Cooperación Técnica “Apoyo a la planificación Estratégica del sector de Drenaje Pluvial en El Salvador (ES-T1247)”.



Módulo-1. Marco conceptual de los SUDS en el AMSS	
Capítulo 0	Punto de partida en la implantación de SUDS en el AMSS
Capítulo 1	Marco conceptual de los SUDS
	Bibliografía
Módulo-2. El proceso de diseño de SUDS en el AMSS	
Capítulo 2	El proceso de diseño de SUDS en el AMSS
Capítulo 3	Objetivos de los SUDS
Capítulo 4	Fase 1: Caracterización de la zona de trabajo
Capítulo 5	Fase 2: Creación de un modelo conceptual
Capítulo 6	Fase 3: Proyecto SUDS
Capítulo 7	Fase 4: Comprobación hidráulica del proyecto-informe de resultados
Capítulo 8	Recomendaciones de diseño
	Bibliografía
Módulo-3. Sistemas urbanos de Drenaje Sostenible	
Capítulo 9	Características básicas de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible
Capítulo 10	Depósitos de lluvia
Capítulo 11	Techos verdes
Capítulo 12	Pozos de infiltración
Capítulo 13	Zanjas de infiltración

	Capítulo 14	Superficies permeables
	Capítulo 15	Lagunas de infiltración
	Capítulo 16	Cunetas verdes
	Capítulo 17	Áreas de biorretención
	Capítulo 18	Franjas filtrantes
	Capítulo 19	Depósitos de detención
	Capítulo 20	Estanques de laminación
	Capítulo 21	Medidas no estructurales
		Bibliografía
Módulo 4. Diseño de SUDS para el AMSS		
	Capítulo 22	A nivel domiciliario
	Capítulo 23	Intervención vial
	Capítulo 24	En espacio verde
	Capítulo 25	En urbanización
Módulo-5. Anexos		
		Dónde solicitar información
		Cómo hacer un ensayo de permeabilidad del terreno
		Secciones tipo
		Herramientas
		Fichas de mantenimiento



CAPÍTULO 0

Introducción



Hoja dejada intencionadamente en blanco

Introducción

El Área Metropolitana de San Salvador presenta una problemática compleja en relación con el drenaje urbano, tanto a nivel de macrodrenaje (relativo a ríos y quebradas, cauces naturales e intervenidas) como microdrenaje (redes de drenaje artificiales).

Aunque el macrodrenaje ha causado estragos en la historia reciente del AMSS por desbordamientos de las quebradas, el punto de trabajo de esta guía se centra en un cambio de perspectiva del microdrenaje o drenaje urbano. Las redes de pluviales del Área Metropolitana hoy en día no sólo no solucionan los problemas de escorrentía, sino que, en algunos casos, debido a factores como el rápido desarrollo urbano, la acumulación de residuos o basuras en las vías que pueden taponar tragantes o la falta de mantenimiento, agravan las inundaciones en el territorio.

Por ello se hace necesario realizar un cambio de paradigma en la gestión de las aguas de lluvia, algo que está muy evolucionado en territorios como el de Norteamérica, Reino Unido o Australia donde el agua de lluvia ya no se trata como un residuo a evacuar rápidamente sino como un recurso. En esta gestión de la escorrentía más sostenible, además de la convencional infraestructura gris, se hace imprescindible el empleo de otro tipo de infraestructuras, de las denominadas “verdes”, o Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

Aunque hace años del comienzo de la implantación de estos sistemas, comparados con los convencionales (denominados higienistas) son relativamente nuevos, por lo que gran parte de los profesionales encargados del diseño y dimensionamiento de las redes de drenaje del AMSS puede que no los conozcan y, por consiguiente, no los implanten en proyectos. Se aúnan entonces falta de conocimiento e inexperiencias, lo que acarrea desconfianza tanto entre los técnicos proyectistas como entre la ciudadanía, que provoca a su vez la falta de interés en promotores, que no los introducen en sus proyectos; y se mantiene la rueda desconocimiento – inexperiencia – desconfianza – desinterés - desconocimiento.

Introducción

Para romper con este círculo vicioso que no da cabida a la sostenibilidad en la gestión del agua pluvial, el Banco Interamericano de Desarrollo, presenta este documento como vía para la difusión, el conocimiento y el intercambio de experiencias de estas técnicas para que administraciones locales, proyectistas y ciudadanía comprendan su utilidad y funcionamiento.

Instrucciones de uso de la Guía para el diseño de SUDS en el AMSS

Para facilitar el acceso a la información de lectores con diferentes intereses y expectativas, la guía se ha dividido en diferentes módulos:

Módulo 1: Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

Se trata de un módulo introductorio, para conocer los motivos por los que se ha redactado la guía, el contenido de la misma, las abreviaturas empleadas y el glosario, el contexto en el que se desarrolla y el alcance que tiene la guía.

Además, en este módulo se responden a cuestiones como las siguientes:

- ¿Qué son los SUDS?
- ¿Cómo y cuándo se emplean?
- ¿Qué ventajas llevan asociados?

En este módulo el lector podrá introducirse en los sistemas de drenaje urbano sostenible, sus funcionalidades y su papel en la búsqueda de la resiliencia urbana al cambio climático.

Módulo 2: El proceso de diseño de SUDS en el AMSS

El segundo módulo es una guía paso a paso para la proyección de un sistema de drenaje sostenible. Dentro de este apartado el usuario podrá conocer:

- Los estudios previos al diseño necesarios realizar para caracterizar la zona de estudio
- Qué es un tren de drenaje y cómo se diseña
- Qué elementos son necesarios incorporar en el diseño de un SUDS
- Los requerimientos hidráulicos de un SUDS

Introducción

En definitiva, cómo realizar una propuesta de gestión sostenible de pluviales mediante SUDS

Módulo 3: Descripción técnica de los SUDS

El tercer módulo lo componen diferentes capítulos monográficos de cada uno de los elementos SUDS de forma individual con recomendaciones sobre su diseño, materiales, construcción y mantenimiento.

Módulo 4: Diseño de SUDS para el AMSS

En este módulo el usuario podrá ver cuatro ejemplos de diseño de SUDS para el AMSS (a nivel particular, en una calle, en un parque y en una urbanización) bajo diferentes condiciones

Módulo 5: Anexos

Dentro de los anexos el usuario encontrará alguna información de utilidad para la realización de un proyecto con SUDS:

- Las entidades donde solicitar la información para caracterizar la zona de proyecto
- Cómo realizar una prueba de permeabilidad
- Secciones tipo de cada una de las técnicas
- Fichas con las tareas de mantenimiento para cada técnica
- Información sobre algunos softwares de uso libre de apoyo en los cálculos

Objeto y alcance

Las inundaciones son un problema recurrente en el Área Metropolitana de San Salvador, no sólo por desbordamiento de cauces naturales asociados a grandes tormentas, sino que pequeñas tormentas también producen anegamientos en las calles con consecuencias negativas en la economía de la zona.

Es por ello que la División de Agua y Saneamiento del BID está apoyando a través de la cooperación técnica ATN/LA-15861; ES-T1247 la Planificación Estratégica del Sector de Drenaje Pluvial en El Salvador (en adelante Plan Maestro del AMSS), con la finalidad de reducir los daños a las personas y sus propiedades, ocasionados por la ausencia de una Gestión Integrada de los problemas de drenaje pluvial y control de inundaciones en el país.

La Gestión Integral de Aguas Urbanas supone la integración de todos los componentes del ciclo del agua urbana: abastecimiento, saneamiento, pluviales, ... con el desarrollo urbano y la gestión de las cuencas. Y es en la parte la integración de las aguas de escorrentía con el desarrollo urbano donde se enmarca esta guía. El hecho de no haber contado con un ente o institución que diera mantenimiento gestionara y planificara la red de aguas lluvias junto con el rápido desarrollo urbano ha sido el causante de algunos de los problemas de drenaje que aparecen hoy en día en el AMSS. Por lo que, la entidad encargada de la planificación urbana, OPAMSS, desde el año 2003 se incorporó en proyectos urbanísticos, las obras de control de la escorrentía aun sin contar con marco legal regulatorio para dichas obras, obteniendo el marco legal en el año 2009 por medio de Adendas al Reglamento a Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños (RLDOT), en la cual se incluye el requerimiento de Obras de Control del Escurrimiento Pluvial (Art. V.14) conocidos como Sistemas de Detención, con el propósito de captar el flujo superficial y almacenarlo temporalmente para descargarlo durante tiempos más prolongados, disminuyendo los caudales máximos en relación a los que provocaría la tormenta sin los sistemas de detención, en el año 2018 se publica desde OPAMSS, la guía de Hábitats Urbanos Sostenibles HAUS, incluyendo dentro de la “Estrategia 4: Manejo y

Introducción

aprovechamiento de agua” una serie de recomendaciones específicas para la gestión sostenible de pluviales.

Recomendaciones que han servido de punto de partida, junto con la *Planificación Estratégica del Sector de Drenaje Pluvial en El Salvador (PESDPES)* financiado por el BID, para la elaboración de esta guía, cuyo objeto es sentar las bases para la implantación de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) en el Área Metropolitana de San Salvador, estableciendo una metodología para su diseño, dimensionamiento construcción y mantenimiento.

Ámbito de aplicación

El principal ámbito de aplicación de esta guía es el Área Metropolitana de San Salvador, formada por 14 municipios: San Salvador, Mejicanos, Delgado, Cuscatancingo, Ayutuxtepeque, San Marcos, Nueva San Salvador, Antiguo Cuscatlán, Soyapango, Ilopango, San Martín, Apopa, Nejapa y Tonacatepeque. Pero su empleo se puede replicar también en otras zonas urbanas del país.

Su uso es tanto a nivel de espacios públicos como privados, lo que no quita que también pueda servir como punto de referencia para la introducción y desarrollo de los SUDS en el resto de los departamentos del país. En muchas zonas rurales se está creciendo sin control, como se hizo antes en las ciudades, lo que conlleva la repetición de los errores cometidos en el diseño de los sistemas de drenaje, esta guía puede ayudar a proyectar una gestión más sostenible de las aguas lluvias en ese rápido crecimiento.

Como su nombre indica, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible son de implantación en medios urbanos, aunque algunas de las técnicas puedan emplearse para el control de escorrentía en medios rurales, esta guía está enfocada en la implantación de las técnicas de drenaje urbano sostenible en ciudades y municipios.

Al igual que la red de alcantarillado convencional, compuesta por pozos y colectores, estos sistemas se enmarcan en el drenaje secundario o micro drenaje. Es decir, no se ocupa de las inundaciones por desbordamiento de los cauces naturales o quebradas (macro drenaje) que atraviesan los municipios del AMSS durante las crecidas provocadas por las precipitaciones en cuencas naturales adyacentes, sino de la precipitación que cae sobre suelo urbano.

Las aplicaciones de los SUDS propuestos en esta guía son varias.

En nuevas urbanizaciones: evitar la generación de altos volúmenes de escorrentía asociados a la impermeabilización de suelo; reducir la carga contaminante que se acaba vertiendo en quebradas; proporcionar espacios verdes multifuncionales.

En zonas ya urbanizadas: aliviar las redes de drenaje existentes que en muchos casos han quedado infradimensionadas con el crecimiento urbano; reducir la

Introducción

carga de sedimentos en tubos y colectores, ya que en el AMSS muchos de ellos han perdido área de sección útil por deposiciones; dar multifuncionalidad a las zonas verdes en lugares donde hay poco espacio.

La Gestión de pluviales en el AMSS

El drenaje en el AMSS se divide en macrodrenaje y microdrenaje. El primario o macrodrenaje se corresponde con las vías principales del agua de escorrentía, que suele ser naturales que circulan dentro de territorio urbano, es decir con ríos y quebradas. Su gestión se centra principalmente en la evacuación de las aguas generadas en cuencas naturales o mixtas (urbanas y naturales) de grandes extensiones para el control de avenidas. Y el secundario o microdrenaje se enfoca en la gestión de la escorrentía urbana dentro de las ciudades, se trata pues de elementos artificiales cuyas dimensiones, características y localización, las establece el hombre con el fin de evitar o reducir el riesgo de inundaciones dentro del municipio y ciudades. Los SUDS se englobarían dentro de las obras hidráulicas en el microdrenaje o drenaje secundario.

La red de microdrenaje del AMSS data de principios del siglo XX, los colectores más antiguos aún son de tipo unitario, pero el resto es de tipo separativo, es decir, aguas residuales domésticas y lluvia discurren por diferentes conductos. En la segunda mitad del pasado siglo, la red se amplió y se instalaron nuevos colectores para la evacuación de pluviales. Colectores que, en gran parte, están colapsados hidráulicamente y en algunos casos también estructuralmente por tres causas principalmente, el rápido desarrollo urbano (incremento de los caudales para los que fueron diseñados), el cumplimiento de la vida útil de muchas de las infraestructuras y la falta de monitorización y mantenimiento.

Actualmente existen fallas estructurales en la red, producto de su antigüedad, falta de mantenimiento, el empleo de secciones circulares y diseños inadecuados con cambios de diámetros mayores a menores, y la recurrencia de movimientos telúricos.

Además, como parte importante del complejo problema del drenaje urbano hay que hacer referencia a la contaminación característica del agua que corre por esta red. Los contaminantes en las aguas lluvias son sólidos suspendidos y disueltos (basura que la población deposita en los tragantes), que consisten en materia orgánica e inorgánica, nutrientes, aceite, grasa y sustancias tóxicas, además de restos de materiales de construcción (entre ellos concreto), que a la larga se solidifican, obstruyendo así los colectores o incluso dañándolos.

Introducción

Esta situación ha incrementado la recurrencia de las inundaciones en suelo urbano por incapacidad del sistema de microdrenaje. Como nota aclaratoria, decir que los precursores y consecuencias de las inundaciones por fallas en el macrodrenaje no son objeto de esta guía, por lo que, de aquí en adelante, cualquier mención al drenaje urbano, hace referencia exclusivamente al microdrenaje a menos que se indique lo contrario.

Dada esta problemática, el BID se encuentra actualmente apoyando a través de la cooperación técnica ATN/LA-15861; ES-T1247 la **Planificación Estratégica del Sector de Drenaje Pluvial en El Salvador**. Operación que busca contribuir a la disminución de los daños a las personas y sus propiedades, ocasionados por la ausencia de una gestión integrada de los problemas de drenaje pluvial y control de inundaciones en el país. Y dentro de la cual se encuentra esta Guía de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

Esta Planificación Estratégica definirá las responsabilidades en la gestión de las pluviales, algo esencial para establecer el mantenimiento y buen hacer en la gestión sostenible de las aguas.

Actualmente, la responsabilidad de las redes de drenaje urbano del AMSS recae en el MOP (caso de vías principales e intermunicipales) o en las municipalidades (en caso de las vías municipales); pero es la COAMSS la que ha desarrollado en su “Reglamento a la Ley de desarrollo y ordenamiento territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los municipios aledaños” los requerimientos para una planificación que contemple los principios de gestión sostenible de pluviales en nuevas urbanizaciones (Art. V.14 Obras para el Control del Escurrimiento Pluvial): “ Todo proyecto u ocupación que genere superficies impermeables y que se localice en zonas donde exista falta de capacidad en la infraestructura de drenaje de aguas lluvias, deberá poseer un dispositivo de control del escurrimiento del agua de origen pluvial, tal como los sistemas de detención o retención, que garanticen la condición de Impacto Hidrológico Controlado ... Estos dispositivos deberán instalarse dentro de los terrenos del proyecto solicitado como parte de sus redes de drenajes, antes de los puntos de descarga hacia el sistema público de alcantarillado de aguas lluvias o quebrada y deberán diseñarse para tormentas con períodos de retorno de diez años mínimo.”

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Requisitos que se contemplan en el Módulo 2 de la Guía de diseño como punto de partida en el diseño, ya que suponen la normativa a tener en cuenta a la hora de realizar el dimensionamiento hidráulico.

Además, el COAMSS-OPAMSS promueve a través de la normativa HAUS la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de El Salvador derivadas de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En este contexto la norma HAUS establece, una serie de puntos para la urbanización sostenible, cuyo cumplimiento favorece la obtención de incentivos.

Entre las estrategias recopiladas en la norma, se menciona específicamente la del manejo del agua, buscando una gestión más sostenible de las pluviales, contemplando la recolecta y uso de pluviales o la recarga de acuíferos. Técnicas que se sirven de los principios de los Sistemas de Urbanos de Drenaje Sostenible.

Introducción

Antecedentes de SUDS en el AMSS

En el AMSS podemos encontrar algunos ejemplos de instalaciones con SUDS que han cumplido con éxito las funcionalidades para la que fueron diseñados. En total hay más de 100 sistemas de detención identificados de diferente naturaleza como lagunas de laminación, tubos de gran diámetro o cajas de concreto.

Por poner un par de ejemplos merece la pena mencionar los casos de la Urbanización de Madreselva y de Torre Futura. El primer caso basa su funcionamiento en la infiltración de la escorrentía generada a nivel vial. Ésta se capta a través de tragantes distribuidos uniformemente a lo largo de la calle principal de la urbanización en ambos lados, que la conducen a los diferentes pozos de infiltración repartidos a lo largo de la vía. El segundo caso emplea la retención, mediante el sistema de tubos y bajantes se recolecta el agua de la cubierta que va a parar a un colector de diámetro superior al milímetro y escasa inclinación que retiene la escorrentía y lamina caudales pico.

Además, puesto que los SUDS se consideran una estrategia no sólo para la gestión de pluviales sino también para aumentar la resiliencia de las ciudades frente a los efectos del cambio climático, están surgiendo varios trabajos de investigación en las diferentes universidades del AMSS (destacando por el número de trabajos la UES) para el estudio del funcionamiento de algunas técnicas de drenaje sostenible, especialmente superficies permeables y cubiertas verdes, bajo las condiciones hidrometeorológicas de El Salvador.

Siglas

AB	Área de Biorretención
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
ASCE	American Society of Civil Engineers
BID	Banco InterAmericano de Desarrollo
BMP	Best Management Practice (Mejores Prácticas de Gestión)
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIRIA	Construction Industry Research and Information Association
CNR	Centro Nacional de Registros
CNT	Center for Neighborhood Technology
COAMSS	Consejo de alcaldes del Area Metropolitana de San Salvador
CV	Cuneta Verde
DACGER	Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo
EPA	Environmental Protection Agency USA (Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos)
GI	Green Infrastructure (Infraestructura Verde)
HAUS	Hábitats Urbanos Sostenibles del AMSS
IDF	Intensidad-Duración-Frecuencia
IHC	Impacto Hidrológico Controlado
ISCYC	Instituto Salvadoreño del Cemento y Concreto
LAC	Latinoamérica y el Caribe
LID	Low Impact Development (Desarrollo de Bajo Impacto)
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MOP	Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano
MPC	Mejores Prácticas de Control
NTK/TKN	Nitrógeno Total Kjeldahl
OPAMSS	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
PESDPES	Planificación Estratégica del Sector de Drenaje Pluvial de El Salvador
PP	Pavimento poroso o permeable

Introducción

RLDOT	Reglamento a Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños
SC	Subcuenca
SCS	Soil Conservation Service
SUDS	Sustainable Urban Drainage Systems
SUDS	Sustainable urban Drainage Systems (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible)
SWMM	StormWater Management Model
WSUD	Water Sensitive Urban Design (Diseño urbano sensible al agua)

Glosario

Acuífero	Una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.
Adaptación (referida al cambio climático)	Acciones que ayudan a reducir la vulnerabilidad ante las consecuencias del cambio climático, como por ejemplo la inclusión de más espacios verdes en las ciudades para reducir las altas temperaturas.
Adsorción	Proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material..
Aglomeración urbana	Zona geográfica formada por uno o varios municipios, o por parte de uno o varios de ellos, que por su población o actividad económica constituya un foco de generación de aguas residuales que justifique su recogida y conducción a una instalación de tratamiento o a un punto de vertido final.
Agua gris	Aguas residuales domésticas procedentes de duchas, bañeras y lavamanos. Se excluyen las aguas procedentes de cocinas, bidets, lavadoras, lavavajillas, procesos industriales o con productos químicos contaminantes y/o un elevado número de agentes patógenos y/o restos fecales.
Agua subterránea	Agua que se encuentra bajo la superficie del suelo, alojada en los acuíferos. Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo; zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos
Aguas negras	Aguas residuales domésticas que contienen materia fecal y orina.

Introducción

Aguas pluviales o aguas lluvias	Agua de lluvia, precipitación natural que ha recorrido una columna atmosférica.
Aguas residuales domésticas	Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
Aguas residuales industriales	Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.
Aguas residuales urbanas	Las aguas residuales domésticas, las aguas residuales industriales o la mezcla de cualquiera de estas aguas residuales con las aguas pluviales.
Aguas superficiales	Las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales.
Albañal	Conducto o tubo subterráneo que permite evacuar las aguas residuales de una finca, edificio, industria o instalación dotacional a la alcantarilla.
Albedo	Proporción existente entre la energía luminosa que incide en una superficie y la que se refleja.
Alcantarilla	Conducción subterránea por la que circulan las aguas residuales y pluviales de un núcleo urbano, juntas si se trata de una red de alcantarillado unitaria o separadas si la red es separativa.
Aliviadero	Elemento hidráulico destinado a propiciar el pase libre del agua, se emplea en elementos de detención/retención de pluviales para dar una salida segura al agua una vez ésta ha alcanzado un cierto nivel dentro de la estructura.
Área de aportación o aportante	La zona que contribuye de lluvia a un sistema receptor.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Áreas de biorretención	Áreas ajardinadas, deprimidas y que reciben el agua de zonas adyacentes, filtrándola y reteniendo los contaminantes arrastrados,
Atenuación de la escorrentía	Reducción del pico del hidrograma, lo que conlleva un aumento de la duración del evento.
Avenida/crecida	Aumento inusual del caudal de agua de un cauce que puede o no, producir desbordamientos o inundaciones.
Best Management Practice (BMPs)	Una gama de medidas destinadas a reducir la velocidad, la cantidad y la calidad de escorrentía superficial de las zonas desarrolladas. Término utilizado en Estados Unidos, aunque a menudo con poco énfasis en la mejora paisajística y la biodiversidad.
Bioacumulación	La cantidad de una sustancia química que está potencialmente disponible para la interacción biológica es la fracción biodisponible. El proceso de la incorporación de esta fracción biodisponible a los seres vivos es el denominado como bioacumulación.
Biodegradable	Elemento o compuesto que puede ser descompuesto por bacterias u otros organismos vivos.
Biodiversidad	Variedad de seres vivos presentes en un determinado hábitat.
Calidad del agua	La calidad del agua es un parámetro importante que afecta a todos los aspectos de los ecosistemas y del bienestar humano, como la salud de una comunidad, el alimento que se ha de producir, las actividades económicas, la salud de los ecosistemas y la diversidad biológica.
Cámara	Alojamiento visitable que, aun cuando su acceso puede realizarse a través de una tapa normalizada, junto a ésta se dispone de una cubierta a base de losas desmontables de concreto, que puedan ser retiradas, en caso necesario, para realizar operaciones de mantenimiento o sustitución de las mismas.

Introducción

Cámara de descarga	Depósito con un dispositivo capaz de producir una descarga de agua para arrastrar los sólidos y sedimentos depositados en un conducto por el que circula habitualmente un caudal de agua.
Cambio Climático	Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.
Capacidad de campo	Es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego). La Capacidad de campo y Punto de marchitez son los límites que definen la necesidad de agua de un cultivo para su óptimo desarrollo. El agua contenida en el suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es el agua capaz de absorber el sistema radical del cultivo, por lo que para el cálculo de las necesidades de agua es necesario tener en cuenta estos límites, que varían en función del tipo de suelo entre otros factores.
Capacidad de transporte	La capacidad de un sistema para transmitir el flujo. En sistemas de cañerías, la capacidad de transporte superará el tubo capacidad plena debido a respaldo de flujo arriba en Bocas.
Capacidad de tratamiento	Volumen de agua que se puede tratar por unidad de tiempo.
Capacidad hidráulica	La eficacia en la evacuación o drenaje de agua de un colector, medida en volumen por unidad de tiempo. Caudal máximo de aguas admitido en un ramal, bajante o colector de desagüe.
Caudal de diseño	El caudal para el que una estructura de drenaje se construye sin que se excedan los criterios de diseño previamente considerados.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Caudal máximo de diseño	Caudal máximo que tiene una probabilidad razonable de circular por una conducción.
Caudal medio	Caudal que retorna al sistema integral de saneamiento después de aplicar la dotación media específica correspondiente al uso del suelo de cada ámbito, definido por el planeamiento urbanístico en la zona objeto del proyecto.
Caudal mínimo de diseño	Caudal mínimo que tiene una probabilidad razonable de circular por una conducción.
Caudal punta	Caudal que resulte de aplicar el coeficiente punta al caudal medio.
Caudal punta de diseño	El caudal máximo de diseño asociado a una frecuencia determinada.
Ciclo hidrológico	Proceso de circulación del agua entre los distintos compartimientos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico.
Coeficiente de escorrentía	Se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso (lluvia neta), y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial.
Colector	Conducto cerrado que se usa en el transporte del agua, conducción a la que se conecta la red de alcantarillado municipal para la recogida y transporte de las aguas.
Colmatación	Se denomina comúnmente colmatación a la acumulación de sedimentos. Se dice que un suelo está colmatado, cuando, su permeabilidad original se ha reducido sustancialmente, a causa del progresivo taponamiento de los poros existentes con

Introducción

materiales finos transportados en suspensión por el agua que se va infiltrando, en las etapas iniciales del proceso.

Conducción	Componente destinado al transporte de aguas urbanas. Puede clasificarse según su geometría (circulares o no circulares), ubicación (alcantarillas, colectores o emisarios) y funcionamiento hidráulico (en lámina libre o bajo presión hidráulica interior).
Conductividad hidráulica	La conductividad hidráulica representa la mayor o menor facilidad con la que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo, tiene dimensiones de velocidad.
Conexión cruzada	Conexión hidráulica física entre dos sistemas separados que puede acarrear contaminación entre ambos.
Conexiones de agua limpia	Incorporaciones a la red de alcantarillado de cualquier agua limpia procedente de fuentes, pozos, manantiales y corrientes fluviales.
Contaminación de las aguas	Acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.
Contaminación difusa	Contaminación cuyo origen no está claramente definido, aparece en zonas amplias en las que coexisten múltiples focos de emisión, lo que dificulta el estudio de los contaminantes y su control individual. Pueden producirse posibles interacciones que agraven el problema.
Contaminación puntual	Es producida por un foco emisor determinado afectando a una zona concreta, lo que permite una mejor difusión del vertido. Su detección y su control son relativamente sencillos. Un ejemplo de contaminación puntual sería el vertido de aguas residuales industriales o domésticas.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Cordón-cuneta	Elemento constructivo que sirve para resolver el encuentro entre el firme de la calzada y el bordillo y para conducir el agua de lluvia a los tragantes.
Cubiertas vegetadas	Sistema multicapa colocado sobre los tejados de los edificios sobre el que se favorece el crecimiento de vegetación, ayudan tanto a controlar la escorrentía, reduciendo el caudal punta en el hidrograma como a controlar el efecto isla de calor tan frecuente en las ciudades.
Cuenca	Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.
Cunetas Verdes	Son estructuras lineales cubiertas con hierba, de base ancha y taludes con poca pendiente, diseñadas para capturar y tratar el volumen de calidad de agua.
Curvas IDF	Las curvas Intensidad- Duración- Frecuencia (IDF) suponen una relación entre las intensidades medias máximas esperables para cada duración de precipitación y para cada período de retorno considerado.
Degradación	Proceso de descomposición o transformación de contaminantes a otros componentes menos peligrosos o menos complejos
Depósitos de lluvia	Son tanques o barriles que se emplean para recoger y almacenar el agua de lluvia que cae principalmente en el techo de una vivienda.
Depósitos de detención	Son depósitos que almacenan temporalmente la escorrentía generada aguas arriba, laminando los caudales punta y reduciendo los picos de caudal, disminuyendo así el riesgo de inundación.
Lagunas/estanques de Infiltración	Son depresiones en el terreno cubiertos de vegetación o embalses poco profundos que se diseñan para almacenar e

Introducción

infiltrar gradualmente la escorrentía generada en las superficies adyacentes.

Descarga del sistema unitario (DSU/CSO)	Desbordamiento de sistemas integrados en redes de alcantarillado combinado que permiten una cierta cantidad de flujo de descarga directamente en un curso de agua sin tratamiento, para asegurar que la red de alcantarillado no se recarga en condiciones de tormenta.
Desinfección	Proceso que reduce el número de microorganismos en un medio.
Dispositivo de prevención de reflujo	Dispositivo destinado a evitar la contaminación del agua apta para el consumo humano por reflujo.
Drenaje convencional	El método tradicional de drenaje de aguas superficiales mediante tuberías subterráneas y tanques de almacenamiento.
Drenaje superficial urbano	Conjunto de componentes que forman parte de los viales y aceras, cuyo objeto es el de recoger las aguas de lluvia y del baldeo de calles, para conectarlas a la red de saneamiento o conducir las hasta su vertido.
Ecología	Estudio de a los seres vivos, su ambiente, la distribución, abundancia y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su ambiente: «la biología de los ecosistemas».
Ecosistema	Sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Los componentes interactúan para producir un sistema estable en el cual el intercambio entre materia viva y no viva siguiendo una vía circular.
Emisario	Conducción que transporta las aguas residuales urbanas de al menos un municipio distinto de aquel por el que transcurre su traza, hasta la correspondiente estación depuradora.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Erosión	Degradación y el transporte de un cuerpo o material que producen distintos agentes como serían la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. Implica movimiento, que las partículas disgregadas del cuerpo de origen sean transportadas. La erosión fluvial engloba todos los procesos de erosión provocados por la actividad del agua que se mueve superficialmente o subterráneamente. El agua pluvial (de lluvias) inicia estos procesos sobre la superficie. Las fuerzas que impulsan los procesos de erosión fluvial son los esfuerzos cortantes generados por el impacto de las gotas de lluvia, la escorrentía superficial, así como, el flujo sub-superficial o subterráneo y tiene que ver con la resistencia que tiene el suelo a desprenderse.
Escorrentía superficial	La escorrentía superficial es la parte de la precipitación que se escapa de la infiltración y de la evapotranspiración y que, consecuentemente, circula por la superficie.
Estanques de Retención	Son lagunas artificiales que comprenden un cierto volumen de agua permanentemente, que tienen una profundidad entre 1,2 y 2 m y que contienen flora y fauna acuáticas.
Estructura de control	Estructura para controlar el volumen o tasa de flujo de agua a través de o sobre él.
Estructuras de detención multifacéticas	Son aquellas técnicas cuya funcionalidad difiere de la de control de la escorrentía urbana, pero que pueden usarse a tal fin. Y aunque carecen de protección frente a inundaciones, pueden emplearse como parte de un tren o cadena de tratamiento de forma efectiva.
Eutrofización	La eutrofización es el enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático lo que genera la aparición de algas tóxicas y microorganismos patógenos que podrían causar enfermedades.

Introducción

Evapotranspiración	Es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.
Filtración/Biofiltración:	Es la eliminación de sedimentos u otras partículas de un fluido haciéndolo pasar a través de un filtro. La filtración puede referirse tanto a la física de tamizado de aguas pluviales (ya que pasa a través de un medio poroso, como el asfalto poroso), como a la biológica o biofiltración del agua a su paso por la vegetación. El primer proceso atrapa directamente a las partículas contaminantes, aumentando las posibilidades de sedimentación mediante la reducción de la tasa de flujo. La eficiencia de la biofiltración dependerá de la densidad de la vegetación, la reducción de la velocidad del flujo se incrementa con el aumento en la densidad de la vegetación.
Filtros de arena	Son técnicas de control de la escorrentía urbana basadas en la retención, la filtración y sedimentación. Almacenan el agua temporalmente y la hacen atravesar varias capas de arena, mejorando así su calidad en el flujo de salida.
Finos	Pequeñas partículas de tamaño inferior a 63 micras.
First flush	Proceso de "primer lavado" en el que una fracción significativa de los contaminantes acumulados en tiempo seco sobre las superficies impermeables de las áreas urbanizadas (polvo, arenas, metales pesados, sustancias tóxicas) es transportada por la escorrentía superficial generada durante los primeros minutos de una tormenta
Flujo gradualmente variado	Flujo no uniforme donde la profundidad cambia gradualmente en el espacio. La resistencia al flujo domina y las fuerzas de aceleración son despreciables.
Flujo rápidamente variado	Flujo no uniforme en el que la profundidad del agua cambia rápidamente en una distancia relativamente pequeña, como por ejemplo lo que sucede en un resalto hidráulico.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Flujo subcrítico	Flujo a velocidad inferior a la crítica, con un número de Froude inferior a la unidad. Las fuerzas gravitacionales son mayores que las fuerzas internas. El flujo tiene velocidades pequeñas y se suele describir como tranquilo o pausado.
Flujo supercrítico	Flujo a velocidad superior a la crítica, con un número de Froude superior a la unidad. Las fuerzas internas son predominantes, por lo que el flujo tiene velocidades grandes y se suele describir como rápido.
Flujo uniforme	Régimen en el que la profundidad del agua no varía en el espacio. La pendiente de la superficie del agua coincide con la del lecho del cauce o del caño. Es de aplicación la ecuación de Manning para los caños que no fluyen llenos.
Franjas Filtrantes	Son franjas de suelo vegetadas, anchas y con poca pendiente, situadas entre una superficie impermeable y el medio receptor de la escorrentía, que puede ser bien un curso natural de agua o bien sistemas de captación, tratamiento, y/o evacuación o infiltración.
Hidrograma	Representación gráfica de la variación del caudal frente al tiempo.
Hidrología urbana	Rama de la ingeniería que explica la escorrentía superficial desde su origen- eventos de precipitación- hasta su fin- entrada en la red de colectores- y analizar así el comportamiento de la ciudad durante los episodios de lluvia.
Hietograma	Es la representación gráfica en un sistema de coordenadas rectangulares de la correspondencia: "precipitaciones instantáneas- tiempos" en un lugar determinado. Se aplica a un acontecimiento lluvioso.
Humedales artificiales	Son elementos artificiales, similares a los estanques de retención, pero con menos profundidad y con más densidad de vegetación emergente, propia de pantanos y zonas húmedas. Esta mayor cantidad de vegetación hace que los niveles de

Introducción

bioeliminación de contaminantes sean aún mayores que en los depósitos de retención.

Imbornal o Tragante	Dispositivo de desagüe para la recogida de aguas de escorrentía superficial y su evacuación a las alcantarillas. Son aberturas en las cunetas de las calles conectadas directamente a la red.
Infiltración	Es la penetración del agua en el suelo. Su coeficiente sería la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.
Isoyetas	Son las curvas que se obtienen uniendo los puntos que registran la misma cantidad de lluvia caída. Su representación y propiedades son análogas a las de las curvas de nivel en los planos topográficos. Las isoyetas pueden referirse a precipitaciones totales anuales. Intensidades máximas diarias para un periodo de retorno determinado. etc.
Lámina de agua	Superficie de una masa de agua que está en contacto con la atmósfera.
Laminador	Estructura dotada de un volumen de almacenamiento capaz de reducir por almacenamiento y laminación los caudales pico de una avenida hasta el caudal máximo de diseño de la red de saneamiento, con retorno íntegro posterior a la misma.
Manantial	Fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Generalmente los manantiales van ligados a la presencia de niveles impermeables en el subsuelo, que impiden que el agua se siga infiltrando y la obligan a salir a la superficie.
Metales pesados	Metales con una elevada masa atómica, entre n° atómico 21 (escandio) y el 84 (polonio), que tienen una elevada toxicidad.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Mitigación (referida al cambio climático)	La mitigación de los efectos del cambio climático significa atenuar o suavizar las acciones negativas que conllevan al cambio climático, algunos ejemplos son la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de los sumideros de Co ₂ .
Nivel crítico	Profundidad del agua correspondiente a régimen crítico en la que la energía específica es mínima para un caudal dado. No afectado por las condiciones aguas abajo. Número de Froude igual a la unidad.
Nivel normal	Calado del agua ante régimen uniforme, en el que la profundidad, velocidad y caudal no cambian en el espacio para un mismo momento.
Obra hidráulica	Construcción de bienes que tengan naturaleza inmueble destinada a la captación, extracción, desalación, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas, así como el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes y la protección frente avenidas, tales como presas, embalses, canales de acequias, azudes, conducciones, y depósitos de abastecimiento a poblaciones, instalaciones de desalación, captación y bombeo, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad, diques y obras de encauzamiento y defensa contra avenidas.
Patógenos	Microorganismos y virus procedentes de los desechos de aves y animales domésticos que se acumulan en zonas impermeables. Los patógenos confieren insalubridad en las aguas que los contienen y aumentan la probabilidad de transmisión de enfermedades a través de las mismas.

Introducción

Pavimento permeable	Son pavimentos que dejan pasar el agua a su través, permitiendo que ésta se infiltre por el terreno o bien sea captada y retenida en capas subsuperficiales para su posterior reutilización o evacuación.
Percolación	Proceso mediante el cual el agua, al atravesar una capa de suelo, disuelve sus componentes solubles y los arrastra hacia las raíces de las plantas o los mantos freáticos. Puede ser un mecanismo importante de contaminación.
Período de retorno (Tr)	Se define siempre en correspondencia con un valor numérico que mide la magnitud de un fenómeno (intensidad de lluvia, caudal de avenida, etc.). y es un intervalo de tiempo de una duración tal que el valor de referencia es alcanzado o superado en media al menos una vez cada intervalo de esa duración en que puede subdividirse una serie indefinida de acontecimientos de dicho fenómeno. El periodo de retorno es un parámetro a fijar por el proyectista. Su elección depende de diversos factores, pero fundamentalmente de la importancia de la obra de drenaje.
Permeabilidad	Es la capacidad del suelo para conducir o transportar un fluido cuando se encuentra bajo un gradiente. Varía según la densidad del suelo, el grado de saturación y el tamaño de las partículas. Se define como la velocidad de flujo del agua en el suelo bajo un gradiente hidráulico unitario. La dimensión de la permeabilidad es la de una velocidad, ya que su dimensión es la longitud dividida por el tiempo.
Permeabilidad (Coeficiente de)	El coeficiente de permeabilidad es una característica de los suelos, específicamente está ligado a la Ley de Darcy que se refiere al flujo de fluidos a través de los suelos. El coeficiente de permeabilidad, generalmente representado por la letra k , es extremadamente variable, según el tipo de suelo. También se le llama conductividad hidráulica.
Polutograma	Representación gráfica de la evolución de la concentración de un contaminante a lo largo de un período de tiempo.

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Pozo	Registro visitable que permite la inspección y mantenimiento de la red de saneamiento y cuyo acceso se realiza a través de la abertura que deja la tapa de registro normalizada.
Pozo de Inyección	Pozo de recarga que penetra en un acuífero y es utilizado para la inyección directa de agua.
Pozo de registro o arqueta de registro o caja de registro	Registro no visitable que permite la inspección o mantenimiento de algún componente de la red de saneamiento.
Pozos de Infiltración	Sistemas subterráneos de almacenamiento temporal de escorrentía, principalmente la proveniente de tejados y azoteas. Mediante esta técnica se consigue desconectar estas aguas de la red principal, disminuyendo así el caudal a circular por los colectores.
Precipitación	Aunque se trate de cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre, en esta guía se referirá únicamente a la lluvia.
Punto de desfogue o de vertido	Lugar donde se produce la descarga de un sistema de drenaje, puede ser en el medio natural o en un pozo de una red de drenaje.
Resguardo	Es la distancia entre la lámina de agua en un conducto y la clave o tope de dicha estructura, el resguardo se mantiene como una medida de seguridad en caso de que el sistema llegue a colapsarse o fallar.
Sedimentación	La sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin.
Separadores hidrodinámicos	Sistemas diseñados específicamente para eliminar desechos flotantes, sedimentos y otros contaminantes asociados al agua superficial, usando la dinámica de fluidos para separar los sólidos de los líquidos.

Introducción

Servicios relacionados con el agua:	Actividades relacionadas con la gestión de las aguas que posibilitan su utilización, tales como la extracción, el almacenamiento, la conducción, el tratamiento y la distribución de aguas superficiales o subterráneas, así como la recogida y depuración de aguas residuales, que vierten posteriormente en las aguas superficiales. Asimismo, se entenderán como servicios las actividades derivadas de la protección de personas y bienes frente a las inundaciones.
Sistema colector	Todo sistema de conductos que recolecte y conduzca las aguas residuales urbanas, desde las redes de alcantarillado de titularidad municipal, a las estaciones de tratamiento.
Sistema de drenaje urbano sostenible	Elementos integrantes de la infraestructura urbano-hidráulico-paisajística cuya misión es captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de forma que ésta no sufra ningún deterioro e incluso permita la eliminación, de forma natural, de al menos parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa. Todo ello tratando de reproducir, de la manera más fielmente posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación del hombre
Sistema de tratamiento	Combinación de operaciones y procesos unitarios encaminadas a obtener una calidad final del agua
Sistema doblemente separativo	Aquel sistema separativo o semi-separativo en que las aguas residuales domésticas y las aguas residuales industriales se conducen por redes independientes.
Sistema unitario	Aquel en que la red separativa de aguas residuales se dimensiona con capacidad suficiente para conducir, además de las aguas residuales de la zona objeto de proyecto, las aguas pluviales procedentes de los tejados, patios y zonas impermeables de las edificaciones.
Sistema separativo	Aquel que se dimensiona con capacidad suficiente para conducir las aguas residuales domésticas e industriales por

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

conductos diferentes de las aguas pluviales de la zona objeto de proyecto.

Sólidos en suspensión	Son partículas sólidas de naturaleza heterogénea que llevan asociados una gran cantidad de diferentes contaminantes. Son detectables a simple vista, ya que dan turbidez a las aguas y son los elementos que aparecen con mayor frecuencia.
Suelo contaminado	Tierra que cuenta con la presencia de sustancias contaminadas que, cuando presentes en suficientes cantidades o concentraciones, es probable que tengan efectos perjudiciales para la salud humana, ecosistemas y agua subterránea.
Tiempo de concentración	Es el tiempo necesario para que viaje hasta la sección de desagüe de una cuenca, la precipitación caída en los lugares más alejados de dicha sección. Se refiere a una sección de cálculo, y se define como el tiempo que tarda una gota caída en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca vertiente de una sección en alcanzar la misma.
Tiempo de escorrentía	También llamado tiempo de entrada, es el tiempo que tarda una gota de agua caída en un punto de la cuenca en alcanzar a entrada al sistema de colectores (escorrentía superficial) o, si estos no existen, al medio receptor.
Tiempo de recorrido	Es el tiempo que tarda una gota en recorrer el camino que separa la entrada al sistema de colectores y la sección de cálculo. Si no existe sistema de colectores, el tiempo de recorrido es nulo.
Tiempo total	Es el tiempo que tarda una gota caída en un punto de la cuenca en alcanzar la sección de cálculo. Es suma del tiempo de escorrentía y del tiempo de recorrido.
Tormenta de diseño	Es un patrón de precipitación para la utilización en el diseño de un sistema hidrológico, la que conforma la entrada al sistema, y a través de este los caudales se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Introducción

Tragante	Dispositivo de desagüe para la recogida de aguas de escorrentía superficial y su evacuación a las alcantarillas. Son aberturas en las cunetas de las calles conectadas directamente a la red.
Tratamiento adecuado	El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación, en virtud del cual las aguas receptoras cumplan después del vertido, los objetivos de calidad previstos en el ordenamiento jurídico aplicable.
Turbidez	Es la pérdida de transparencia de un agua debida a la presencia de partículas en suspensión. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad.
Transmisividad hidráulica	La transmisividad es un parámetro hidrogeológico que se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno, de ancho unidad y de altura igual a la del manto permeable saturado bajo un gradiente unidad a una temperatura fija determinada.
Rebosadero	Conducto por donde sale el agua de un depósito cuando excede su capacidad.
Tierra Blanca Joven	Depósitos compuestos por una secuencia compleja de flujos piroclásticos, depósitos de caída y oleadas piroclásticas generados por la última erupción explosiva de la caldera de Ilopango. Es un suelo relativamente uniforme, compuesto principalmente por arena y con un contenido de finos del 12%. Los límites de Atterberg revelan que el material no es plástico. El peso volumétrico seco es de 1,37 t/m ³ y la relación de vacíos es de 0,97. Su contenido de humedad está entre el 17% y el 28% y su grado de saturación toma valores entre el 43% y el 83%.
Resiliencia (referida al cambio climático)	Es la capacidad de adaptación de un sistema frente a una situación adversa, es decir de absorber las perturbaciones

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

causadas, sin alterar de manera significativa sus características estructurales y funcionales, pudiendo regresar a su estado original luego de que el factor de perturbación haya cesado.

Usos del agua	Son las distintas clases de utilización del recurso, así como cualquier otra actividad que tenga repercusiones significativas en el estado de las aguas.
Usos del suelo	La clasificación de distintas ocupaciones del suelo según su diferente comportamiento, tanto desde el punto de vista de la generación de recursos hídricos, como las implicaciones que supone de cara a la demanda de los mismos.
Vida útil	Periodo de tiempo para el que el funcionamiento de una estructura está pensado sin que se dé la necesidad de reemplazamiento o reparaciones de importancia.
Volumen de atenuación	Volumen utilizado para almacenar el escurrimiento durante eventos de precipitación extrema atenuando flujos limitando las tasas de flujo fuera de ella. Entra en uso una vez que la entrada es mayor que la salida controlada.
Volumen de almacenamiento útil	Es el volumen disponible en el sistema, se puede estimar como la máxima diferencia entre el volumen de escorrentía y el volumen acumulado infiltrado, ambos en función del tiempo.
Volumen de almacenamiento total	Es el volumen total del sistema. En los sistemas de infiltración superficiales, es decir aquellos que el agua se almacena sobre la superficie (como los estanques de infiltración) el volumen útil se corresponde con el total. En los sistemas de infiltración subterráneos el volumen total será el volumen de almacenamiento multiplicado por la porosidad del sistema.
Zanjas de Infiltración	Son trincheras de poca profundidad rellenas de material granular, a los que vierte la escorrentía de superficies impermeables contiguas y sirven para recoger y almacenar el agua de escorrentía hasta que se produce la infiltración de la misma al terreno natural.

Hoja dejada intencionadamente en blanco



CAPÍTULO 1

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS



Hoja dejada intencionadamente en blanco

Breve revisión histórica del drenaje urbano

Para comprender mejor la aparición de un nuevo modo de manejo de las pluviales es necesario revisar, aunque brevemente, la gestión anterior que se ha hecho de las precipitaciones en el ámbito urbano y las consecuencias derivadas.

Desde la antigüedad, en civilizaciones de Mesopotamia y Oriente Medio anteriores a la aparición del Imperio Romano, algunas de las ciudades más importantes estaban provistas de un sistema para evacuar las aguas de lluvia con canaletas y desagües específicos para la escorrentía superficial. Como nota curiosa, mencionar que los persas consideraban a la escorrentía sagrada, un recurso natural vital y no solo una amenaza, por lo que estaba protegida por ley contra la contaminación y se recolectaba para darle uso.

Y fue durante el Imperio Romano cuando las prácticas de conductos para la evacuación de aguas pluviales, tal y como las conocemos hoy día, se desarrollaron ampliamente, para luego detenerse durante la Edad Media. El drenaje urbano se limitaba a zanjas abiertas que seguían las vías de drenaje existentes que, dada su fácil accesibilidad, también se convirtieron en lugar de vertidos de residuos urbanos y aguas negras, convirtiéndolas en focos de infecciones y enfermedades.

Estos graves problemas de salud pública se alargaron desde el medievo hasta la Edad Moderna, época en la que las autoridades decidieron eliminar otros focos de infección como las letrinas, generalizar los sistemas de pozo ciego y limpiar los canales de drenaje.

Ya en los siglos XVIII y XIX, con la implantación de las teorías higienistas, aparece un verdadero impulso en la implantación de los sistemas de recogida y transporte de las aguas fuera de las ciudades. Primero se realizaron las infraestructuras necesarias para evacuar las aguas pluviales urbanas y, posteriormente a estos colectores, se añadieron las estructuras necesarias para evacuar también las aguas residuales domiciliarias. Este sistema implicaba el

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

drenaje unitario, es decir, la conducción por los mismos colectores de las aguas de escorrentía urbana y aguas negras domiciliarias.

En el siglo XX, el éxodo rural hacia las ciudades hizo crecer rápidamente el consumo urbano de agua, provocando un importante aumento de los efluentes de aguas servidas. Estas nuevas altas concentraciones de caudal se vertían directamente al medio con determinados episodios pluviométricos, dado que las plantas de tratamiento no tenían capacidad para gestionar esos aumentos de caudal, degradando las masas de agua naturales donde eran vertidas. Para mejorar el funcionamiento de las instalaciones de depuración y evitar vertidos contaminantes, apareció otro tipo de red, la separativa: las aguas pluviales van en conductos separados de las aguas residuales.

Actualmente, en casi todas las ciudades, hay uno de esos tipos de redes; y en algunos casos, incluso dos (red unitaria en casco antiguo y separativas en nuevas construcciones). Pero los problemas de calidad del agua no han desaparecido. Las redes separativas vierten la escorrentía urbana al medio sin tratar, estando en ocasiones altamente contaminada por el lavado viario. Y, en el caso de las redes unitarias, siguen dándose las conocidas *Descargas del Sistema Unitario (DSU)*, vertidos directos al medio desde la red por incapacidad del sistema ante tormentas intensas. Respecto a la cantidad de agua a manejar por estas redes, también se producen algunos despropósitos, como erosiones en los cauces de vertido por el incremento de los caudales punta o, paradójicamente, inundaciones urbanas por incapacidad del sistema.

Es por ello que surge, a finales del siglo XX, un nuevo planteamiento en la gestión de las aguas pluviales urbanas, que introduce un enfoque holístico y ambientalista en la hidrología urbana. Se basa en introducir el ciclo hidrológico natural en el desarrollo urbano para minimizar los impactos negativos en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía, favorecer la integración paisajística y proporcionar espacios multiusos de valor social y ambiental.

Existen varias formas de referirse a esta nueva forma de manejar el agua pluvial: *Sustainable urban Drainage Systems (SUDS)*, *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*, *Green Infrastructure (GI)*, *Best Management Practice (BMP)*, *Low Impact Development (LID)*, *Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible (TDUS)*,

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

que, con diferentes matices, hacen referencia a una gestión más sostenible de la escorrentía urbana (agua procedente de la precipitación, no se incluyen ningún tipo de aguas residuales).

Mediante el empleo de estas técnicas, muchas ciudades a lo largo del planeta optimizan el funcionamiento sus redes de drenaje, reduciendo los caudales circulantes por el alcantarillado, evitando problemas de entrada en carga, eliminando contaminantes y ahorrando costes en la gestión de las pluviales urbanas. En resumen, adaptándose a los retos que se presentan en la gestión del ciclo del agua en las ciudades del siglo XXI.

Desafíos del drenaje en el siglo XXI

1- Cambio climático

Las principales transformaciones que produce el cambio climático sobre el ciclo del agua son:

- Cambios de tasas de evaporación y de humedad en el aire.
- Aumento en la frecuencia, magnitud e intensidad de las tormentas.
- Eventos pluviométricos más largos.
- Períodos prolongados de sequía.

Estos cambios en la pluviometría pueden afectar gravemente al rendimiento de las redes de drenaje, que tienen que trabajar con caudales para los que no fueron diseñados, lo cual puede hacerlas no operativas e incluso reducir su vida útil y malograrlas. Además, también se afecta negativamente a la dinámica natural de los ecosistemas y de las cuencas. Motivos por los que se hace necesario un cambio de estrategia en la gestión que hasta ahora se estaba dando en lo relativo a las aguas pluviales. Que se tengan en cuenta, no sólo los efectos de las variaciones hidrometeorológicas, sino también otros derivados del cambio climático que afectan a la salud e integridad de las personas.

Las principales vulnerabilidades definidas en el AMSS a consecuencia del cambio climático son:

1. Aumento de temperatura
2. Disminución de precipitación anual
3. Aumento de precipitación extrema

2- Alta densidad urbana

El Salvador es el segundo país del continente americano con mayor densidad demográfica, aproximadamente 305 habitantes por kilómetro cuadrado. Aunque actualmente la tasa de crecimiento es baja en su globalidad, del 0.4%, en las ciudades este valor es un punto más alto, ya que existe migración del campo a las áreas urbanas. El Área Metropolitana de San Salvador, con más de dos millones de habitantes (aproximadamente el 30% del total), es donde mayor concentración poblacional hay. El sistema de aguas lluvias, que data de hace

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

más de 50 años, presenta problemas de incapacidad en muchos de sus tramos. Por ello requiere de un sistema de drenaje capaz de realizar un correcto servicio para los actuales y futuros habitantes (la natalidad ha descendido, pero se espera el retorno de parte de los emigrantes), para lo que será necesario incorporar nuevos elementos que optimicen el sistema existente de alcantarillado.

3- Urbanismo: impermeabilización del suelo

Las consecuencias directas de la impermeabilización del suelo sobre el ciclo hidrológico son:

- Reducción en la infiltración, lo que influye directamente en la recarga de acuíferos. mermando la disponibilidad del recurso agua.
- Aumento en el volumen de escorrentía y en los caudales punta, que causa erosiones y modificaciones en la hidromorfología de los cauces.
- Empeoramiento de la calidad de la escorrentía, que contamina las masas de agua naturales.
- Reducción del tiempo que permanece el agua precipitada en la superficie, se limita la evapotranspiración lo que provoca el calentamiento de la masa de aire en contacto con la superficie urbana (el denominado efecto “*isla de calor*”)

Para afrontar el reto de la expansión urbana, se requiere de instrumentos de ordenación urbana, como la guía *HAUS* elaborada por la *OPAMSS*, en la que se contemplan las infraestructuras de drenaje como una parte necesaria e inseparable del crecimiento urbano y se proponen actuaciones para contrarrestar los efectos de la impermeabilización en futuras edificaciones

4- Envejecimiento y deterioro de las infraestructuras

El envejecimiento de las redes de drenaje secundario es una de las problemáticas más importantes en lo relativo a la gestión de pluviales en el *AMSS*. Gran parte de la red de alcantarillado tiene más de cincuenta años y apenas si se han realizado tareas de mantenimiento. Esto ha provocado que la

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

capacidad de los colectores que evacuan la escorrentía esté muy reducida (llegando a haber secciones completamente taponadas) a consecuencia de la corrosión de canales y tuberías de transporte, la deposición en ellos de sedimentos o la mayor carga a la que están sometidos por el crecimiento urbano. El nuevo *PESDPES*, en cuyo marco de trabajo se incluye esta guía, se ocupará de definir las tareas necesarias para recuperar y optimizar las redes existentes de una forma sostenible. Con los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*, se reduce la carga de contaminantes que pueden entrar a la red, así como los caudales pico que producen erosiones, por lo que son una herramienta “verde” para afrontar este reto.

5- Degradación de la calidad de las masas de agua naturales

Las quebradas del AMSS presentan en su generalidad una pérdida de la calidad del agua circulante, los actuales sistemas de drenaje urbano vierten directamente la escorrentía, tras lavar las basuras depositadas sobre la superficie viaria, a las quebradas, contaminándolas, y a los lagos o ríos donde desembocan. Además de las consecuencias ambientales negativas sobre los ecosistemas, la degradación de calidad del agua limita la cantidad de recurso disponible para consumo humano. Por poner un ejemplo, todo el proceso de degradación del río Matalapa, en la cabecera del río Acelhuate, está íntimamente relacionado con los procesos de urbanización del municipio de San Marcos.

Para conseguir una calidad apta, se requiere de una visión holística del drenaje urbano que contemple sus efectos sobre el medio, minimizando los negativos y potenciando posibles beneficios que el mismo drenaje puede aportar.

Los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible

Viendo un poco la evolución del drenaje urbano de pluviales (entendido como drenaje secundario o micro drenaje), es fácil entender la propagación a nivel mundial de un nuevo tipo de técnicas capaces de afrontar los nuevos retos de las ciudades del siglo XXI, los **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible**

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (*SUDS*) se pueden definir como elementos integradores del paisaje y la hidráulica urbana, cuya misión es capturar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar parte de la escorrentía urbana, tratando de reproducir el ciclo natural del agua de la forma más fiel posible. Con esto se consigue reducir el caudal de escorrentía urbana además de la carga de contaminantes arrastrada.

En los procesos de urbanización, las cuencas sufren una gran transformación. Al cambiar la permeabilidad del suelo, se aumenta la cantidad de escorrentía y se modifica el ciclo hidrológico. Los *SUDS* procuran imitar el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana, para atenuar el impacto que conlleva el desarrollo urbanístico (mayores caudales de escorrentía y más contaminados) y proveer de espacios paisajísticos con valor social y ambiental.

Otras formas de referirse al drenaje urbano sostenible

Esta nueva forma de entender el drenaje está extendida a lo largo del globo, por lo que adquiere diferentes nombres dependiendo de la procedencia de la bibliografía que se consulte:

Sustainable urban Drainage Systems (SuDS). Reino Unido

En el Reino Unido, la asociación *CIRIA* (Construction Industry Research and Information Association) define los **Sustainable urban Drainage Systems (SuDS)**, o traducido, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, como *“aquellos sistemas de drenaje que contribuyen al desarrollo sostenible y a la mejora del diseño urbano, equilibrando los diferentes intereses que influyen en el desarrollo de la comunidad. Enfocan la gestión del agua superficial considerando la cantidad de agua (inundaciones), la calidad (contaminación) y el uso público que se le puede dar a esa agua superficial.”* Los *SuDS* imitan la naturaleza y gestionan la precipitación cerca de donde cae. Pueden ser

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

diseñados para atenuar el caudal de agua antes de que se incorpore a corrientes, ríos u otras masas de agua. Proporcionan espacios para el almacenamiento de agua en entornos naturales, donde ésta puede ser infiltrada a través del suelo, evaporada desde la superficie desde la lámina del agua o evapotranspirada por la vegetación.

Best Management Practice (BMP). USA y Canadá

La Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos (*EPA*), publicó en 1993 una guía para el desarrollo de **BMP** titulada: "*Guidance Manual for Developing Best Management Practices (BMP)*" donde se explica que las Mejores Prácticas de Gestión o **Best Management Practices (BMP)** "son intrínsecamente prácticas para la prevención de la contaminación. Tradicionalmente, las BMPs se habían enfocado como unas adecuadas medidas de limpieza y unas rigurosas técnicas destinadas a evitar el contacto entre los contaminantes y el agua que podría producirse como consecuencia de escapes, vertidos, o la incorrecta disposición de basuras." Pero actualmente se considera que las BMPs pueden incluir cualquier medida que prevenga la contaminación, como cambios operacionales en la producción que limiten la emisión de contaminantes, optimización de dicha producción, sustitución de materiales, el control de los tratamientos que sean necesarios, etc.

Low Impact Development (LID). USA

Según la *EPA*, los *Low Impact Development (LID)* o tácticas de Desarrollo de Bajo Impacto, son:

"Estrategias de diseño que tienen el objetivo de mantener o reproducir el régimen hidrológico previo al desarrollo urbanístico mediante técnicas de diseño que crean un paisaje hidrológico equivalente al natural. Es decir, técnicas que contemplan las funciones hidrológicas de recarga del agua subterránea, la infiltración y almacenamiento, así como el control del volumen y la frecuencia de las descargas a través de la retención y detención de aguas pluviales distribuida a una micro escala integrada, la reducción de las superficies impermeables y el alargamiento de las trayectorias del flujo y el tiempo de escorrentía (Coffman, 2000)".

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

Green infrastructure. USA

El término **Green infrastructure** o Infraestructura Verde es relativamente nuevo y se le pueden dar varias acepciones. La *EPA* propone el siguiente significado: “*Sistemas y prácticas que emplean o imitan procesos naturales para infiltrar, evapotranspirar, o reutilizar el agua pluvial donde se genera. La infraestructura verde puede ser usada en una amplia gama de espacios a diferente escala en lugar de los elementos de drenaje convencional (o añadiéndolos a estos elementos), para favorecer los principios del Desarrollo de Bajo Impacto (LID).*”

Técnicas de drenaje Urbano Sostenible (TDUS). España

En la publicación del *CEDEX*: “Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano.” (Puertas Agudo J., Suárez López J., Anta Álvarez J.; 2008) se definen las **Técnicas de drenaje Urbano Sostenible (TDUS)** como: “*Procedimientos destinados a que el sistema global de saneamiento mejore su eficacia en la recogida, transporte y depuración de las aguas pluviales*”

Water Sensitive Urban Design (WSUD). Australia.

El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Australia define el **Water Sensitive Urban Design (WSUD)** o Diseño Urbano Sensible del ciclo del Agua como:

“Una filosofía que pretende mitigar los impactos ambientales, particularmente de la cantidad y calidad del agua, sobre en cursos fluviales, asociados habitualmente con la urbanización. El WSUD incorpora medidas de manejo holístico que tienen cuenta la planificación y el diseño urbano, el uso social y ambiental del paisaje urbano y la gestión integrada de las aguas pluviales con su transporte mediante la reducción de los picos de caudal, la protección de los sistemas naturales y de la calidad del agua, y la reutilización de las aguas pluviales para conservación del paisaje”.

Otras nomenclaturas

También hacen referencia al drenaje urbano sostenible las **Técnicas Alternativas de Drenaje (TAD)** en Chile y las **Mejores Prácticas de Control (MPC)** en Hispanoamérica en general.

Hoja dejada intencionadamente en blanco

Funcionamiento de los SUDS

Los *SUDS* engloban un conjunto de técnicas o componentes de diferente naturaleza que, si bien funcionan por sí mismas para una gestión más efectiva del agua pluvial, no deben considerarse de forma individual, sino como un conjunto interconectado, diseñado para administrar, tratar y hacer el mejor uso de las aguas superficiales, desde donde cae la lluvia hasta el punto en que se vierte al medio. Ello se consigue seleccionando y ordenando los componentes de los *SUDS* según su desempeño (conviene aclarar que una misma técnica puede tener más de una funcionalidad):

- Sistemas de recolección de agua de lluvia: Capturan el agua de lluvia y facilitan su uso dentro de un edificio o el entorno local.
- Sistemas de superficies permeables: Permiten que el agua percole a su través, lo que reduce la proporción de escorrentía que se transporta al sistema de drenaje.
- Sistemas de infiltración: Facilitan la infiltración de agua en el subsuelo, reduciendo el volumen de escorrentía.
- Sistemas de transporte: Conducen el flujo de agua a sistemas de almacenamiento, en muchos casos también eliminan partículas contaminantes.
- Sistemas de almacenamiento: Controlan caudales punta y, cuando es posible, volúmenes de escorrentía también, laminando las descargas de agua al medio.
- Sistemas de tratamiento: Eliminan o facilitan la degradación de contaminantes presentes en la escorrentía.

Los componentes de los *SUDS* abarcan una amplia gama de tipos: pueden ser superficiales o subterráneos; estar compuestos por vegetación, elementos prefabricados y/o infraestructuras constructivas; administrar y usar el agua de lluvia cerca de donde cae, transportarla o almacenarla.

Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible:

La variedad de componentes de los *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible* que existen actualmente es bastante amplia. Hay diferentes formas de catalogarlos dependiendo de varios factores, como por ejemplo de si requieren de alguna clase de construcción, si actúan donde se genera la escorrentía o aguas abajo, de cómo tratan la contaminación del agua, etc... Las más comunes son las que distinguen entre las medidas de control en origen y las de control en vertido y las que separan entre medidas estructurales (acciones preventivas que no requieren de la construcción de infraestructuras) y no estructurales (elementos que requieren de construcción).

Componentes estructurales de los Sistemas de Drenaje Sostenible

- Cubiertas verdes: Sistemas multicapa, con vegetación que se localizan en las cubiertas de edificios.
- Superficies permeables: Superficies de diferente naturaleza que permiten que el agua de lluvia y la escorrentía pasen a su través, infiltrándose en el suelo o reteniéndose capas subsuperficiales.
- Depósitos de lluvia: Son depósitos que se emplean para recoger y almacenar el agua de lluvia.
- Pozos de infiltración: Son pozos de poca profundidad, rellenos de material granular o geoceldas, en los que se retiene la escorrentía mientras que se infiltra en el subsuelo.
- Zanjas de infiltración: Excavaciones poco profundas y alargadas rellenas de gravas o geoceldas, que crean un almacenamiento subterráneo temporal para la infiltración de la escorrentía.
- Estanques de infiltración: depresiones en el terreno de forma irregular y cubiertas de vegetación que almacenan e infiltran gradualmente la escorrentía generada en las superficies adyacentes.
- Áreas de biorretención: Áreas vegetadas, algo deprimidas, con un suelo modificado para favorecer la filtración y, en muchos casos, la infiltración de la escorrentía en el terreno.
- Cunetas verdes: Son canales amplios y poco profundos con vegetación, con la función de transportar la escorrentía.

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

- Franjas filtrantes: Áreas uniformes de pendiente suave cubiertas de un denso césped o hierba.
- Depósitos de detención: Son depósitos que almacenan temporalmente la escorrentía generada aguas arriba, laminando los caudales punta y atenuando los picos de caudal.
- Estanques de retención: Son lagunas artificiales que permiten mantener algo de flora y fauna acuáticas. Garantizan largos periodos de retención de la escorrentía, de 2 a 3 semanas.
- Humedales artificiales: Masas de aguas artificiales que imitan humedales naturales, con alta densidad de vegetación, diferentes especies animales y un volumen de agua permanente.

En algunas recomendaciones, se incluyen también los filtros de arena, que son lechos filtrantes por los que circula la escorrentía, quedando los contaminantes arrastrados allí retenidos. Pero son una técnica para el control casi exclusivo de la calidad del agua, no de la cantidad, por lo que no se contemplarán en esta guía.

El tren o cadena de drenaje

La **cadena de gestión** utiliza una secuencia lógica de técnicas de drenaje urbano sostenible que permite que la escorrentía pase a través de varias estructuras, donde es tratada antes de llegar a la masa de agua receptora. De esta manera se consigue reducir la contaminación, el caudal pico y los volúmenes de escorrentía.

Este concepto es fundamental para el diseño de los *SUDS*, trata de cómo se emplean estos sistemas de forma encadenada con el objetivo de reducir progresivamente la contaminación, los caudales pico y los volúmenes. Por ello, en muchos casos, no es recomendable escoger las técnicas de forma individualizada, sino hacerlo con una visión de conjunto. Al igual que en una cuenca natural, las técnicas sostenibles de drenaje urbano pueden emplearse en serie para cambiar las características de la escorrentía, ajustándolas a cómo serían en una etapa de pre-desarrollo urbanístico.

Los eslabones que componen una cadena de gestión son, por orden:

- **Prevención:** Aplicación de medidas no estructurales, consiste en:
 - Planificación y diseño adecuados, por ejemplo, disminuyendo el porcentaje de suelo impermeable en nuevas urbanizaciones.
 - Medidas de limpieza para prevenir o reducir la contaminación en la escorrentía, por ejemplo, barrer para eliminar el polvo y los detritus de los aparcamientos.
 - La recogida y utilización del agua de lluvia.
- **Control en origen:** control de la escorrentía en el mismo lugar donde se origina o en sus inmediaciones. Algunas técnicas que sirven de control en origen son, por ejemplo, los pavimentos permeables o las cubiertas verdes.
- **Gestión agua a escala local o en entorno urbano:** Gestión del agua a nivel local como, por ejemplo, la escorrentía de los tejados de edificios y aparcamientos, que se propaga hacia un pozo de infiltración, o a un depósito de retención. El tiempo de detención debe ser suficiente para la sedimentación de sólidos en suspensión, y el volumen de detención debería ser suficiente para atenuar los caudales pico.

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

- Gestión de la escorrentía a nivel de cuencas o a escala regional: Para este tipo de gestión se suelen emplear por lo general depósitos de detención, de retención o humedales artificiales. Normalmente suelen emplearse en áreas de drenaje grandes.

En la gestión sostenible de la escorrentía, siempre que sea posible, lo primero será implantar medidas preventivas. Si no fuesen suficientes o efectivas (se produce escorrentía o lleva contaminación) se pasará al control en origen (medidas que tratan de evitar la generación de la escorrentía), y así consecutivamente con el resto de los eslabones.

Aunque la definición de cadena de drenaje está enfocada a imitar el ciclo hidrológico natural en entornos urbanos mediante técnicas de drenaje sostenible, también pueden emplearse *SUDS* con las denominadas infraestructuras grises en aquellos casos que sea necesario para una mejor continuidad del ciclo.

Problemas que los SUDS pueden ayudar a controlar en el AMSS

- La frecuencia de las inundaciones provocadas por la incapacidad del sistema.
- Las descargas de agua contaminada directamente a quebrada.
- La erosión de los cauces receptores de las aguas de escorrentía urbana.
- La degradación de medios naturales y urbanos.
- El efecto “isla de calor”.
- La falta de pequeñas zonas verdes en los núcleos urbanos de los diferentes municipios.
- Control de la escasez de agua en época de sequía
- Los sobrecostos en la construcción de infraestructuras protectoras aguas abajo.

Soluciones que aportan los SUDS

La razón de que los *SUDS* sirvan de solución a problemas de diversa índole, es su multifuncionalidad. Es decir, su capacidad para tener diferentes aplicaciones, no sólo la de reducir los daños causados por las inundaciones.

Ya se ha visto en un apartado anterior que tienen diferentes funciones como almacenar, tratar o transportar el agua y mediante una selección ordenada de los distintos SUDS en una cadena de drenaje, estas funciones pueden aportar una amplia variedad de servicios como:

Reducción de los volúmenes de escorrentía y los caudales pico

Muchos SUDS propician la infiltración y/o la evapotranspiración, evitando que un porcentaje del volumen precipitado vaya a la red de alcantarillado o se vierta directamente al medio. Otros propician su almacenamiento "in situ". En ambos casos se reducen los caudales punta, lo que puede solucionar la incapacidad hidráulica de la red de colectores existentes debida al crecimiento del entorno urbano. Con su implantación (que suele ser a nivel superficial) se consigue evitar la necesidad de desdoblamiento de la red convencional, de tener que construir grandes infraestructuras de drenaje secundario o el hecho de padecer inundaciones por incapacidad de forma frecuente. Además, al reducirse caudales punta de vertido, también se atenúa las erosiones en cauces.

Protección de la calidad del agua

La escorrentía urbana lleva inmersa una gran cantidad de contaminantes de diversa naturaleza y procedencia, que se depositan en el suelo viario en tiempo seco (período entre lluvias) y se lavan con la lluvia. Hay sólidos en suspensión, materia orgánica, hidrocarburos, aceites, herbicidas, pesticidas... Múltiples contaminantes originados en las actividades normales de cualquier ciudad que, si no se retiran, son arrastrados por las lluvias y vertidos a las quebradas, provocando daños ambientales y estropeando las masas de agua, haciéndolas inservibles para su consumo.

Una de las cualidades más importantes de los SUDS, es su capacidad de retener y/o eliminar elementos contaminantes de las aguas de escorrentía urbana. Capacidad resultante de una compleja combinación entre de mecanismos tales como la sedimentación, adsorción, degradación microbiana, precipitación, filtración, volatilización, fotólisis o la retención vegetal.

Mejora paisajística

Muchos SUDS son infraestructuras verdes, elementos vegetados, que pueden actuar como elementos ornamentales, como arriates en calles y avenidas o como espacios verdes en zonas más amplias. Suponen elementos estéticos que incluyen y visibilizan el ciclo del agua en el entorno urbano empleando componentes que imitan la naturaleza.

Proporcionar un medio ambiente urbano saludable y confortable

El agua es muy importante moderando la climatología y como no, los microclimas urbanos. La mayor parte del suelo del AMSS está sellada, impermeabilizada, no hay poros que contengan agua, lo que unido al bajo albedo de la superficie urbana provoca que la temperatura esté por encima de la media de las zonas boscosas adyacentes y la sensación térmica sea más calurosa. La evapotranspiración que se da desde muchos SUDS proporciona un efecto de enfriamiento dentro de las ciudades, minimizando el efecto isla de calor. Por ello, algunas estrategias para mitigar los efectos del cambio climático asociados a las altas temperaturas urbanas comprenden SUDS que almacenen agua in situ, que tengan vegetación que den sombra o que aumenten la evapotranspiración.

Otro inconveniente para el bienestar relacionado con el proceso de urbanización es el aumento a la exposición de factores de riesgo que producen enfermedades como la diabetes, enfermedades respiratorias crónicas o la obesidad. Este incremento del riesgo para la salud está íntimamente relacionado con la presencia de gases contaminantes procedentes del tráfico y la falta de espacios públicos para realizar ejercicio físico. Los SUDS, al disponer de vegetación, captan parte de los contaminantes atmosféricos, y al tratarse de infraestructuras multifuncionales, algunas pueden ser espacios para que el público los emplee

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

en tiempo seco (por ejemplo, como estadio de fútbol o zona para correr) y para almacenar escorrentía en época de lluvias.

Una nueva fuente para el recurso agua

Mediante la recolección de aguas pluviales procedentes de las cubiertas de edificios públicos y/o privados, se obtiene agua a la que puede darse diversos usos, como la limpieza de vías y aceras o el riego de parques y jardines. Al recogerse y tratarse “in situ” esta agua, se ahorran costes de abastecimiento y se dispone de un almacenamiento para la época seca. Ésta es una actuación común en zonas rurales de El Salvador, y no tanto en las urbanas, donde la red de abastecimiento alcanza a casi la totalidad del AMSS, aunque actualmente ya se están construyendo algunos proyectos en San Salvador con sistemas de reuso de aguas lluvias, de los cuales al menos uno de ellos cuenta con un sistema de pretratamiento. Pero teniendo en cuenta que es una forma de acceder a un recurso que a veces es escaso, su incorporación puede suponer una ventaja en el desarrollo urbano.

Diversidad biológica urbana

El uso de SUDS, implica introducir vegetación dentro de la ciudad, preferentemente plantas autóctonas, que son las que mejor aguantan las condiciones climatológicas y menor gasto en mantenimiento tienen. En una gestión urbana sostenible, la adecuada colocación de los SUDS puede actuar como corredor verde de interconexión de las zonas boscosas adyacentes, permitiendo el paso de pequeñas especies animales y ayudando a preservar la rica biodiversidad de la zona.

Similitudes y diferencias entre el drenaje convencional y los SUDS

Los SUDS, al igual de las redes de tubos y colectores, son elementos de drenaje secundario o microdrenaje, por lo que comparten funciones y algunas características:

- Su principal objetivo es evitar inundaciones urbanas.
- Su diseño y dimensionamiento parten de un exhaustivo estudio de la hidrología y del terreno.
- Conducen y almacenan la escorrentía, previniendo que se concentre en determinados puntos críticos.

Pero, dada la naturaleza multifuncional de los SUDS, las diferencias entre el drenaje convencional y el sostenible comprenden varias facetas:

- La principal es que los SUDS no consideran las pluviales como un deshecho a evacuar rápidamente, sino como un recurso que se puede almacenar para su posterior uso, emplear como elemento estético o infiltrar en el subsuelo para recargar acuíferos.
- Otra importante es relativa a la gestión de la contaminación; en la red de alcantarillado convencional, el agua no es tratada para eliminar contaminantes y, por el contrario, en todos los SUDS tiene lugar como mínimo un procedimiento descontaminante.
- En la gestión convencional de aguas lluvia se van sumando los caudales que van entrando por las redes de tubos y colectores hasta llegar a un punto final con un caudal pico importante. La gestión sostenible de la escorrentía supone su manejo en el punto donde se genera, impidiendo que se vayan agregando caudales en la red.
- Estéticas; las redes convencionales se componen principalmente de colectores subterráneos que no se ven y no tienen valor estético alguno. En cambio, muchos SUDS son infraestructuras verdes superficiales que incrementan el valor estético allí donde se implantan.

Los SUDS en la valoración económica

A la hora de decidir qué elementos o infraestructuras de gestión hídrica implantar, suelen emplearse análisis económicos en los que generalmente se hace referencia al precio de cada técnica en cuestión por metro cúbico de agua gestionada. En dichos análisis económicos se consideran el valor económico asociado a cada tipo de infraestructura, la cuantía de su construcción, de mantenimiento y los beneficios financieros que conlleva. Y es aquí donde surge uno de los principales desafíos, evaluar de forma justa y equitativa los *SUDS* frente a las infraestructuras grises tradicionales.

Muchos de los servicios prestado por los *SUDS* son de tipo no mercantil, es decir, no se compran ni se venden (como por ejemplo el confort térmico o el bienestar ciudadano), lo que complica el darles una tasación, por lo cual no se suelen incluir entre los beneficios. Otros muchos no se incluyen simplemente por desconocimiento entre promotores, administraciones públicas y la ciudadanía debido a que son técnicas relativamente nuevas. Y esa misma es la razón por la que hay falta de datos históricos de costes y beneficios aprovechables, al contrario de lo que ocurre con las infraestructuras grises.

Esto aumenta la incertidumbre y, como resultado de esta incertidumbre, en los análisis se suelen emplear suposiciones conservadoras que, junto con la omisión de los beneficios asociados a los *SUDS* (lo que no son de carácter puramente hidráulico), pueden conducir a la subestimación del valor real del *SUDS*. A modo de ejemplo, se listan a continuación algunos de los beneficios potencialmente medibles aportados por los *SUDS* que deberían incluirse en los análisis económicos:

- Costes evitados en las instalaciones de control de inundaciones localizadas.
- Costes evitados en tratamientos de calidad del agua.
- Costes evitados en operatividad y mantenimiento de infraestructuras grises.
- Número de nuevos puestos de trabajo "*verdes*".
- Ahorro energético por la menor necesidad de tratamiento, y en climatización (donde se coloquen cubiertas verdes).

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

- Reducción de las emisiones de CO2 debido al ahorro energético, o al secuestro de carbono por la vegetación en los *SUDS*
- Aumento del valor de las viviendas en lugares donde hay *SUDS* (por su mejora estética).
- Reducción de costes en salud por la mejora de la calidad del aire.
- Valor de los hábitats proporcionados por los *SUDS* con vegetación.
- Reducción de las muertes en las ciudades relacionadas con el calor o la contaminación.
- Valor de las mejoras de la calidad del agua y los hábitats acuáticos, basado en la disposición de los usuarios a pagar por ello.
- Aumento del número de días en que los ciudadanos pueden disfrutar de espacios recreativos asociados a *SUDS*.
- Beneficios de conservación del agua por la recarga de aguas subterráneas, basados en los costes evitados en traer agua desde lugares lejanos.

Cómo cuantificar los beneficios

Aunque pueda parecer difícil establecer un valor económico a las externalidades positivas de los *SUDS*, se puede estimar de una forma relativamente sencilla mediante dos pasos:

1. **Cuantificar el beneficio.** Definir la unidad del recurso a medir del beneficio de estudio. En la siguiente tabla se muestran a modo de ejemplo simplificado algunos de los beneficios proporcionados por los *SUDS* junto a las unidades de medida del recurso aportado.

Servicio	Beneficio (P/S)*	Recurso a medir	Unidad de medida del recurso
Reducción de los volúmenes de escorrentía y los caudales pico por infiltración en un <i>SUDS</i> con vegetación	P: Reducción del volumen total de escorrentía	Volumen de agua que no se verterá directamente al medio	m3
	P: Reducción del caudal punta	Caudal de escorrentía que acabará circulando por los colectores	m3/s

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

Servicio	Beneficio (P/S)*	Recurso a medir	Unidad de medida del recurso
	S: Recarga de acuífero	Volumen de agua infiltrada	m ³
	S: Mejora de la calidad del agua	Contaminantes retenidos o eliminados	Kg
	S: Mejora estética y de confort	Valor de las viviendas adyacentes	\$
	S: Absorción de CO ₂ por la vegetación	CO ₂ absorbido por la vegetación según porte y tamaño	Kg de CO ₂
Infiltración de la escorrentía	P: Reducción del volumen total de escorrentía	Volumen de agua que no se verterá	m ³
	S: Recarga de acuífero	Volumen de agua infiltrada	m ³
Retención de la escorrentía en una infraestructura verde	P: Reducción del caudal punta	Caudal de escorrentía	m ³ /s
	S: Mejora estética	Valor de las viviendas cercanas	\$
	S: Absorción de CO ₂ por la vegetación	CO ₂ absorbido por la vegetación según porte y tamaño	Kilogramos de CO ₂

Tabla 1. 1. Ejemplos de cuantificación de beneficios. Fuente: Adaptación de CNT,2010.

*Los beneficios pueden ser primarios (P), son aquellos que constituyen el objetivo o motivo por el que se construye el elemento de drenaje y secundarios (S) o externalidades positivas, que son beneficios asociados a los primeros pero que no son objeto de consideración por no constituir la principal razón por la que se ejecutará la obra de drenaje.

Valoración económica de los beneficios cuantificados en el primer paso:

Beneficio (P/S)*	Recurso a medir	Unidad de medida del recurso	Valoración económica
P: Reducción del volumen total de escorrentía	Volumen de agua que no se verterá directamente al medio	m ³	Gasto evitado en gestionar ese volumen con infraestructura gris (\$/m ³)
P: Reducción del caudal punta	Caudal de escorrentía que se evitará ir directamente al medio	m ³ /s	(Precio restauración de cauces/volumen erosionado) *(Volumen erosionado/caudal vertido)

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

Beneficio (P/S)*	Recurso a medir	Unidad de medida del recurso	Valoración económica
			* Caudal no vertido por SUDS = Dinero ahorrado
S: Recarga de acuífero	Volumen de agua infiltrada (para su posterior uso en la misma zona)	m ³	Precio extracción y transporte de agua/m ³ -Precio de extracción/m ³ = Dinero ahorrado
S: Mejora estética y de confort	Valor de las viviendas adyacentes	\$	Precio vivienda cerca de espacios verdes (\$) - Precio vivienda en zona sin espacios verdes (\$) = Ganancia económica
S: Absorción de CO ₂ por la vegetación	CO ₂ absorbido por la vegetación según porte y tamaño	Kg de CO ₂	Precio reducción kg CO ₂ atmosférico * Kg de CO ₂ retenidos = Dinero ahorrado

Tabla 1. 2. Ejemplos de valoración de beneficios. Fuente: CNT,2010.

Estos son sólo dos ejemplos de beneficios que se pueden medir en un área de biorretención, pero no los únicos. También podría medirse la cantidad de contaminantes atmosféricos absorbidos por las plantas (existen modelos como el *UFORE* del servicio forestal de los Estados Unidos que tienen tabulados la eficacia de diversas especies en la retirada de varios contaminantes atmosféricos) junto con el precio que cuesta eliminar esa cantidad de contaminantes y así conocer el ahorro en limpieza atmosférica. Otro beneficio secundario sería el incremento del valor de las propiedades que hay junto a un área de biorretención, que se podría medir comparando con viviendas de iguales características pero que no tienen cerca un espacio verde.

La medición de las externalidades positivas de los *SUDS* puede resultar una tarea un tanto ardua, ya que ha de incluirse en la valoración económica elementos no contemplados con anterioridad en un sistema de drenaje, como la reducción del efecto isla de calor, o la mejora de la salud de las personas al disponer de un espacio verde cerca de casa. Pero existen en el mercado

Marco conceptual de los SUDS en el AMSS

software y herramientas que permiten hacer una estimación de los beneficios indirectos de los SUDS, algunas de las cuales se muestran en los Anexos.

Hoja dejada intencionadamente en blanco

BIBLIOGRAFÍA MÓDULO 1

- Robledo G. (2011). “Gestión Avanzada de Drenaje Urbano.” Foro Internacional Discusión sobre Drenaje Urbano. Bogotá, 18 de Noviembre de 2011
- Poletto, C., & Tassi, R. (2012). Sustainable Urban Drainage Systems. InTech. Recuperado el 20/02/2018 de: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/30388.pdf>
- Burian, S., & Edwards, F. (2002). Historical perspectives of urban drainage. 9 Th International Conference on Urban Drainage (9ICUD), (479), 1–16. [https://doi.org/10.1061/40644\(2002\)284](https://doi.org/10.1061/40644(2002)284)
- Niemczynowicz, J. (1997). .State of the art in urban stormwater design and research.. Invited paper presented at the Workshop and Inaugural Meeting of UNESCO Center for Humid Tropics Hydrology, Kuala Lumpur, Malaysia, November 12-14, 1997.
- de Feo, G., Antoniou, G., Fardin, H. F., El-Gohary, F., Zheng, X. Y., Reklaityte, I., ... Angelakis, A. N. (2014). The historical development of sewers worldwide. Sustainability (Switzerland), 6(6), 3936–3974. <https://doi.org/10.3390/su6063936>
- Wright, K. R., Zegarra, A. V., & Lorah, W. L. (1999). Ancient Machu Picchu Drainage Engineering. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 125(6), 360–369. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1999\)125:6\(360\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1999)125:6(360))
- Pedraza, R. A. (2007). Efectos de Escala sobre la Simulación del Flujo de Agua Superficial en Áreas Urbanas Usando Modelos Basados en la Onda Cinemática. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba
- Burian, S.J., Nix, S.J., Durrans, S.R., Pitt, R.E., C.-Y. Fan, and R. Field. (1999). Historical development of wet-weather flow management.. Journal of Water Resources Planning and Management, 125(1): 3-11.
- Fletcher T.D., Shuster W., Hunt W.F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J.-L., Mikkelsen P.S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D.& M. Viklander (2015).

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

- SUDS, LID, BMPs, WSUD and more. The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, *Urban Water Journal*, 12:7, 525-542, DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314
- Woods, B. B.; Kellagher, R.; Martin, P.; Jefferies, C.; Bray R. & Shaffer, P. 2007. *The SUDS manual (C697)*. Construction Industry Research and Information Association, London. 697p
 - Bertule, U. P. M., Lloyd, G. J., Korsgaard, L., & Opperman, T. N. C. J. (n.d.). (2012) *Guide for water management*. Recuperado el 20/02/2018 de <http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/257803-1351801841279/1PrincipalGestionIntegralAguasUrbanasESP.pdf>
 - EPA. (2007). *Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices*. United States Environmental Protection Agency, (December), 1–3. [https://doi.org/10.1061/41009\(333\)90](https://doi.org/10.1061/41009(333)90)
 - Miralles-Wilhelm, F. R. (2014). *Recursos hídricos y adaptación al cambio climático en Latinoamérica y el Caribe. Directrices estratégicas y líneas de acción propuestas*. Banco Interamericano de Desarrollo. Nota técnica IDB-TN-478. Recuperado el 23/02/2015 de: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6754/Recursos-h%C3%ADdricos-y-adaptaci%C3%B3n-al-cambio-clim%C3%A1tico-en-Latinoam%C3%A9rica-y-el-Caribe.pdf?sequence=1>
 - Bates, B., Kundzewicz, S., Wu, S., & Palutikof, J. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado el 20/01/2018 de: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>
 - Aguilar, Enrique et al. (2010). *Retos y Oportunidades en Adaptación al Cambio Climático en Materia de Agua: Elementos para una Agenda Regional*. (2010). Diálogo Regional de Política de América Latina y el Caribe. Versión: Cancún COP-16, 1–32. Recuperado el 10/01/2018 de: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5779/Retos%20y%20Oportunidades%20en%20Adaptaci%C3%B3n%20al%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20en%20Materia%20de%20Agua%20.pdf?sequence=2>

Bibliografía Módulo 1

- UNECE. (2009). Guía sobre agua y adaptación al cambio climático, 144. Recuperado el 19/01/2018 de: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_climate_change/ECE_MP.WAT_30_ESP_final_for_web.pdf
- Adamo, S. B. (2013). Migration , cities and climate change in Latin America. The Hamburg Conference: Actions for Climate-Induced Migration. Hamburg, 16-18 Julio 2013, 16–18. Recuperado el 14/02/2018 de http://ciesin.columbia.edu/binaries/web/global/news/2013/adamo_hamburg-conf_jul2013.pdf
- Estimaciones y proyecciones de población total, urbana y rural, y económicamente activa. América Latina - Revisión 2017. CELADE-División de Población de la CEPAL. Recuperado el 23/02/2018 de: <https://www.cepal.org/es/temas/proyecciones-demograficas/estimaciones-proyecciones-poblacion-total-urbana-rural-economicamente-activa>
- Donovan, M.. Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). Curso on line Desarrollo Urbano y Vivienda. Recuperado el 23/08/2015 de: https://courses.edx.org/courses/course-v1:IDBx+IDB7x+2015_T1/course/
- Web oficial de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018). Recuperado el 15/02/2018 de <http://www.fao.org/energy/water-food-energy-nexus/es/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). Curso on line Agua en América Latina: abundancia en medio de la escasez mundial. Recuperado el 12/07/2016 de: https://courses.edx.org/courses/course-v1:IDBx+IDB3x+2016_T2/course/
- <https://triangulonorteca.iom.int/es/estad%C3%ADsticas-de-el-salvador>
- Bertoni C., C. Gastón Carlos (2005) Dispositivos de Regulación y Control del Drenaje Pluvial Urbano. Informe Final Correspondiente al Contrato de Servicios No. FORGAES-054-2005-SER. Denominación de la consultoría: “Diseño de cinco prototipos de sistemas de infiltración de aguas lluvias para el manejo de la escorrentía superficial en el AMSS”
- Fernández-Lavado, C. (2010). Caracterización de la Inundabilidad en el Área Metropolitana de San Salvador. Recuperado el 20/06/07 de:

Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS

<http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2015/01/Caracterizacion-inundaciones-San-Salvador.pdf>

- Mercadé, L. (2008). Evaluación de las inestabilidades de terreno por asentamientos con urbanización deficitaria en el Área Metropolitana de San Salvador (El Salvador). Tesina UPC. Recuperado el 20/06/07 de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5911>
- CNT (2010). The Value of Green Infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. Recuperado el 23/05/2019 de : https://www.cnt.org/sites/default/files/publications/CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf