

SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)



EN EL MARCO DEL ACUERDO COLABORACIÓN PARA LA PROMOCIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN BOGOTÁ

PROGRAMAS



BOGOTÁ
CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE

APOYA



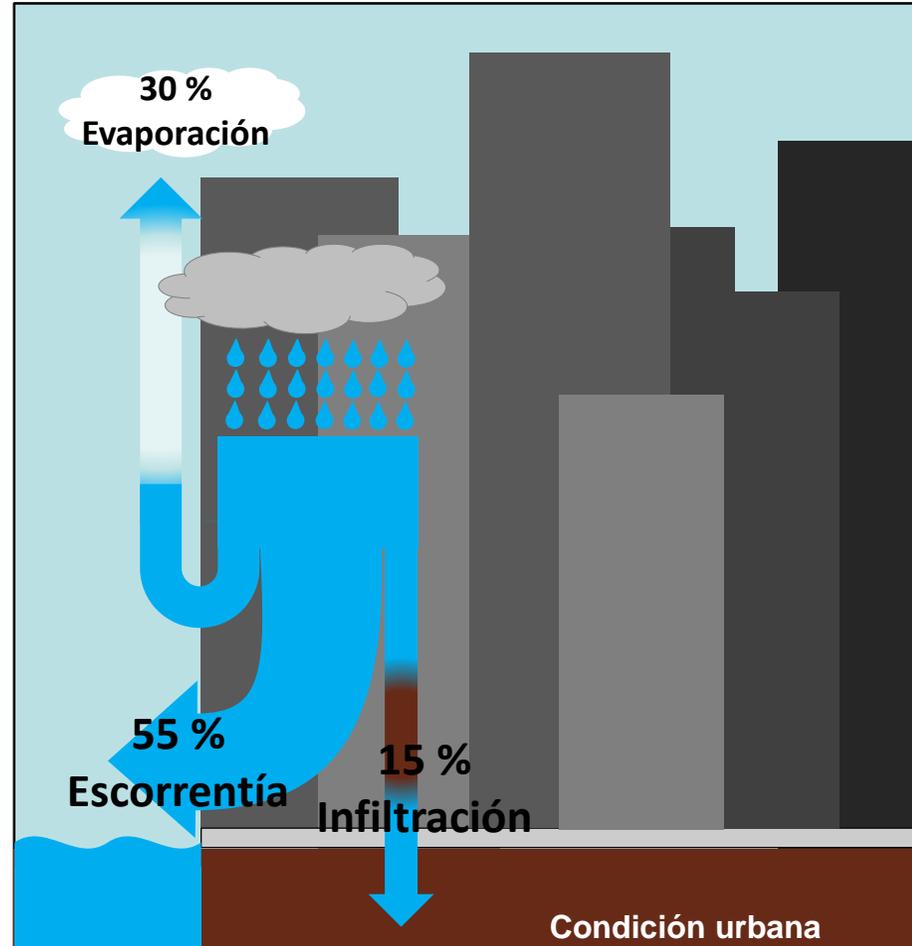
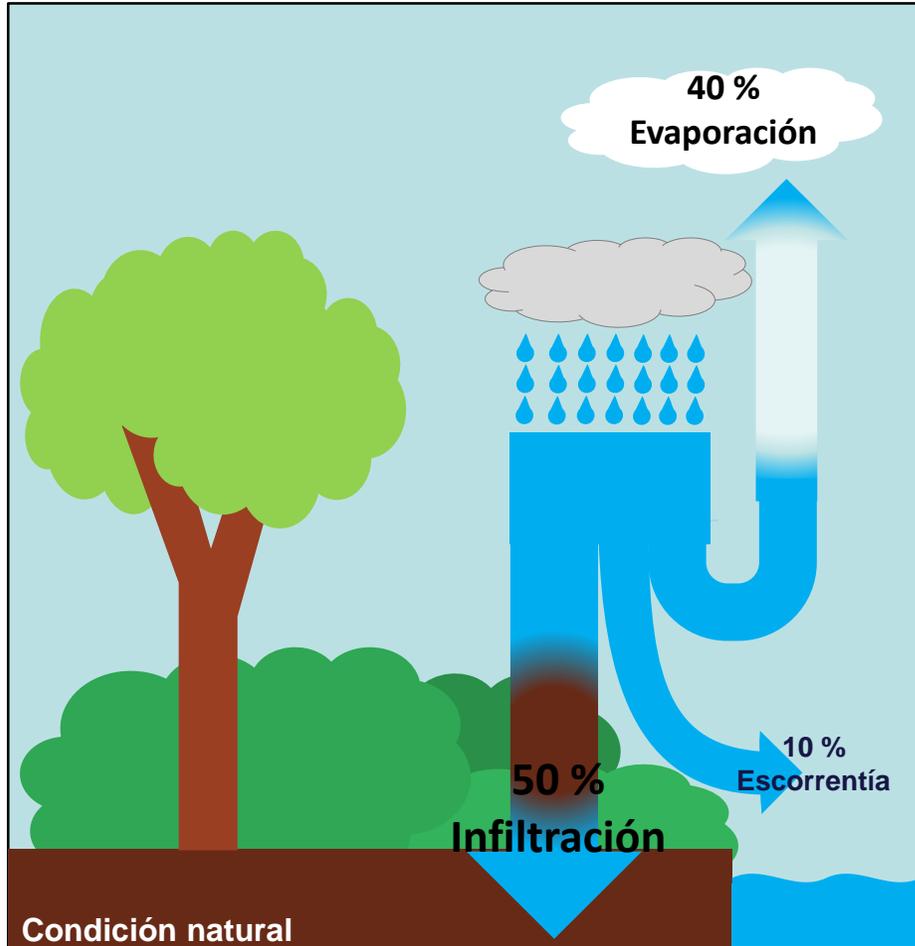
UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación



ORGANIZA



Alcaldía de
Bogotá



Adaptado de: The Philadelphia Water (PWD) Stormwater Management Guidance Manual



Estructuras **alternativas y complementarias** al sistema de drenaje convencional que constituyen parte de la infraestructura urbana para el **manejo de aguas pluviales**.

El principio básico de estos sistemas es emular de la mejor manera el **régimen natural del ciclo hidrológico** en una condición de no desarrollo, para así, **disminuir los efectos negativos** del cambio en la hidrología, producto del **desarrollo urbano**.

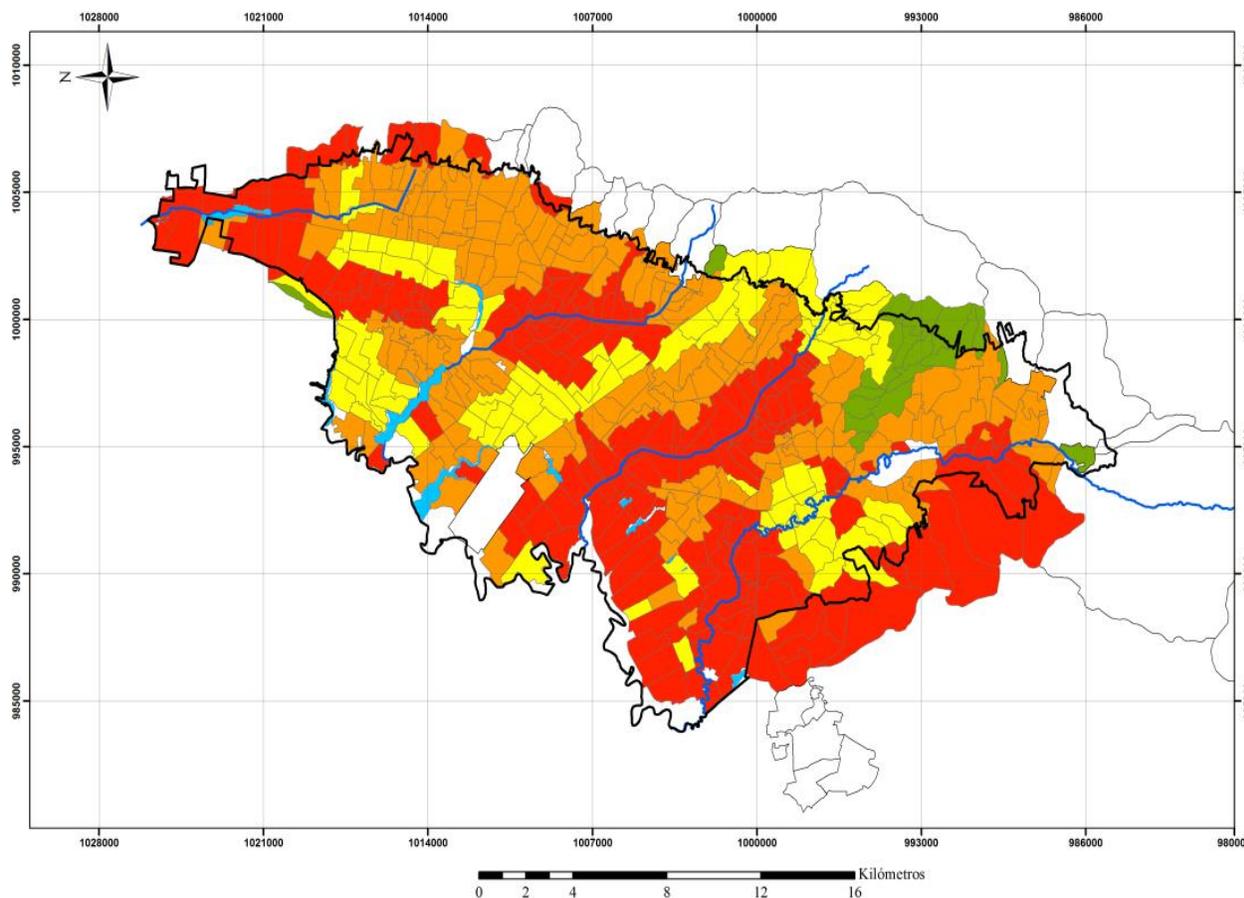


- ✓ Reducir el **volumen y la contaminación** de escorrentía que llega al sistema de alcantarillado.
- ✓ Incentivar la mejora en la amenidad de la ciudad, el urbanismo, los **valores estéticos y paisajísticos** de áreas desarrolladas.
- ✓ Favorecer la creación de hábitats naturales e **incrementar la biodiversidad** del área urbana, así como re-naturalizar cuerpos de agua.
- ✓ Favorecer la **recarga natural de acuíferos** en el área urbana, cuando la calidad del agua lo permita.

SUDS – Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible



Áreas prioritarias en la ciudad de Bogotá

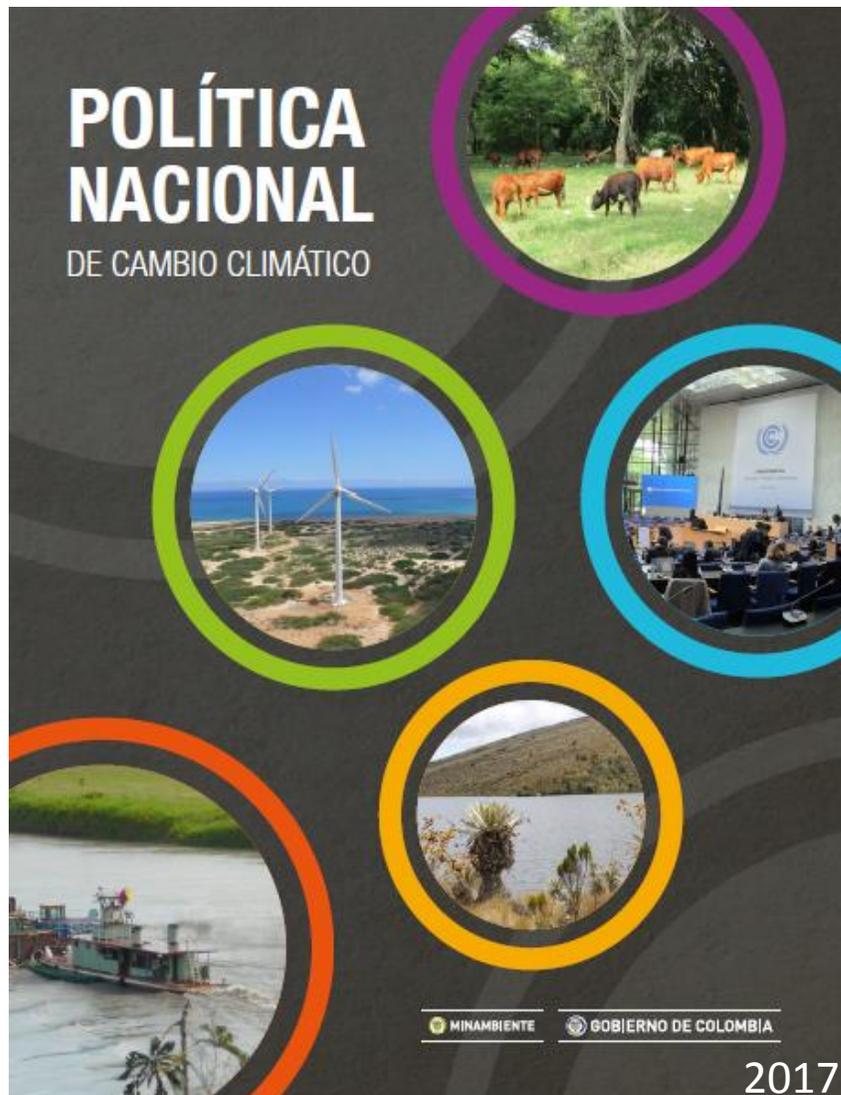


Notas:
 1. Priorización conjunta de los rangos máximos de las UGAS para los mapas de Calidad Conjunta de ríos y humedales, y mapa Conjunto de Manejo de Escorrentía

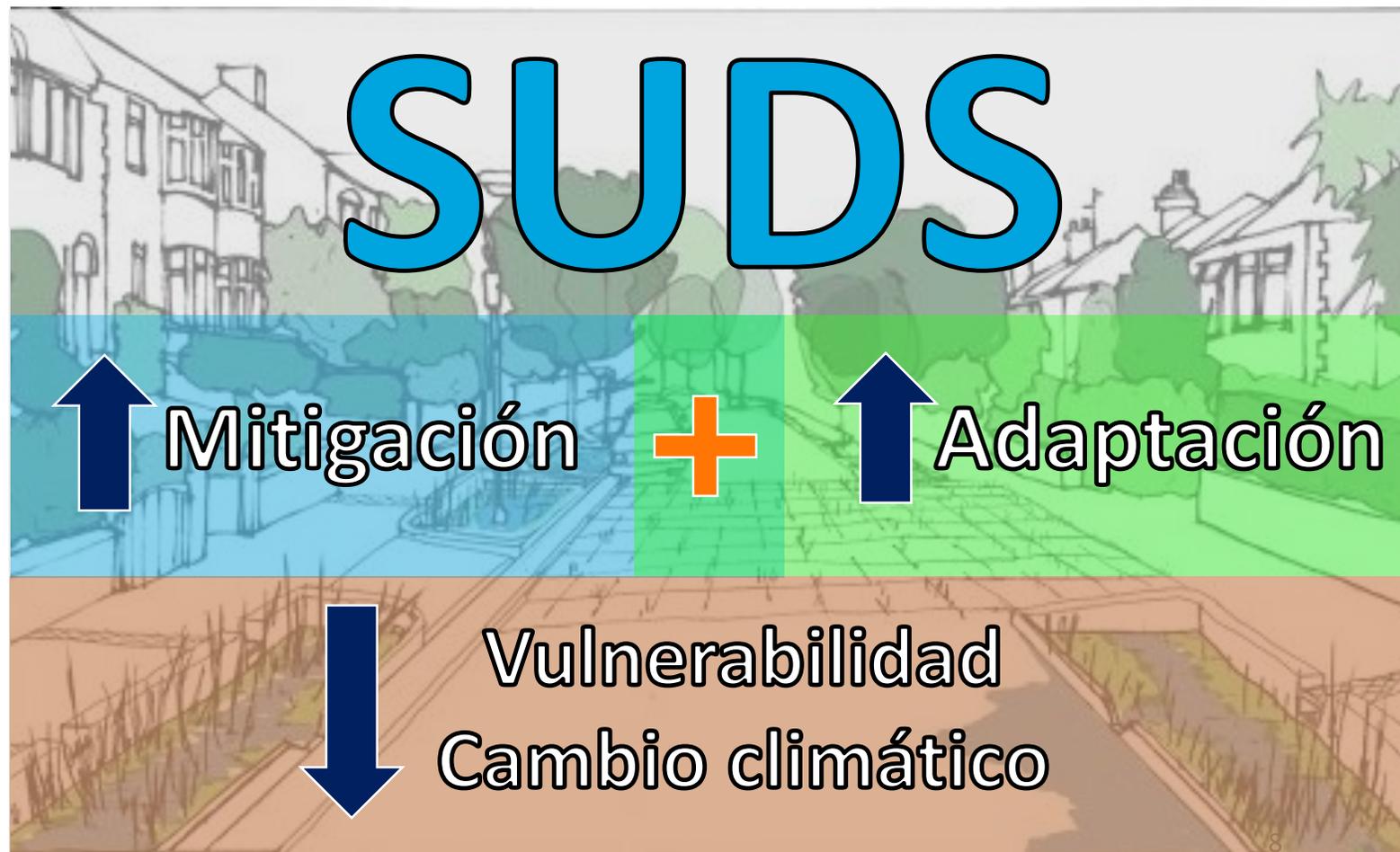
Leyenda
 — Ríos
 — Perímetro Urbano
 ■ Humedales
Rango de Priorización
 0
 1
 2
 3
 4

	Investigación de las Tipologías y/o tecnologías de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) que más se adapten a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C.			Nombre del Mapa: Clasificación Conjunta de rangos de priorización de UGAS por calidad de agua de ríos y humedales y manejo de escorrentía	Fecha: 28/05/2015
					Escala: 1:150.000





LINEA DE ACCIÓN: Desarrollo Urbano Bajo en Carbono y Resiliente al Clima



Tipo	No.	Año	Entidad	Nombre	Observaciones	Enlace
Decreto	619	2000	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital	Señala la construcción de obras de drenaje de aguas residuales y lluvias como medidas de mitigación del riesgo de inundaciones	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3769
Decreto Distrital	190	2004	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003	Artículo 129 - Medidas para mitigar el riesgo de inundación- señala, que son medidas de mitigación de riesgos por inundación, entre otras, las Medidas estructurales, que son Planes de Manejo de cuencas que incluyen adecuación hidráulica de cauces, protección de las márgenes y construcción de obras de drenaje de aguas residuales y lluvias, entre otros.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935
Decreto Distrital	215	2005	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el plan maestro de espacio público	Artículo 5 como uno de sus objetivos el de garantizar el equilibrio entre densidades poblacionales, actividades urbanas y condiciones medio ambientales, buscando, de esta forma, la recuperación y la adecuación de las áreas pertenecientes a la Estructura Ecológica Principal.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16984
Decreto	314	2006	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el Plan Maestro del Sistema de Acueducto y Alcantarillado para Bogotá Distrito Capital"	Artículo 4 define los objetivos del Plan Maestro, los cuales son, concretar las políticas, estrategias, programas, proyectos y metas que permitan garantizar el abastecimiento actual y futuro de agua potable y el servicio de alcantarillado pluvial y sanitario para el Distrito Capital, y establecer las normas generales que permitan alcanzar una regulación sistemática en cuanto a su generación, mantenimiento, recuperación y aprovechamiento económico en el marco de la estrategia de ordenamiento del Distrito. e. Establecer las acciones para implementar la política de Sostenibilidad ambiental y reducción de la vulnerabilidad relacionada con el recurso hídrico.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21061
Decreto Distrital	319	2006	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el plan maestro de movilidad incluye el ordenamiento de estacionamientos y se dictan otras disposiciones	Artículo 87 del mismo Decreto, define las estrategias para obtener mejoras en la calidad del ambiente, formula mecanismos de compensación a la ciudad por endurecimiento zonas verdes que causen las obras de infraestructura vial, e introduce el concepto ambiental en la construcción para mitigar el impacto ambiental de la nueva infraestructura vial manteniendo la cantidad de césped y arboles e incrementándolos en áreas con mayor déficit.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45084
Ley	373	2007	Ministerio de Ambiente	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Artículo 1. PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro de agua del conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.	http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/eyes/1997/ley_0373_1997.pdf
Acuerdo Distrital	391	2009	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por medio del cual se dictan lineamientos para la formulación del Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al cambio climático y se dictan otras disposiciones	Artículo 2. c. Implementación de un Sistema de Alertas y de Prevención de Desastres relacionadas con la variabilidad climática. e. Generación de nuevos hábitos, consumo y promoción de renovación tecnológica. g. Diseño y construcción sostenible. h. Implementación de medidas de adaptación concertadas para las zonas y áreas prioritarias de la ciudad, así como para las zonas más vulnerables a los efectos y eventos naturales y climáticos j. Eficiencia energética, uso y aprovechamiento del agua.	https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36976
Acuerdo Distrital	418	2009	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, entre otras en el D. C. y se dictan otras disposiciones	Acuerda que la Administración Distrital promoverá el urbanismo sostenible mediante el conocimiento, divulgación e implementación progresiva y adecuada de techos, terrazas verdes entre otras tecnologías, en los proyectos inmobiliarios públicos de carácter Distrital y privados nuevos o existentes de la Ciudad, como medida de adaptación y mitigación al cambio climático.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38262
Decreto (Derogado)	43	2010	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte y se dictan otras disposiciones	Artículo 17 la reglamentación del drenaje urbano sostenible del Distrito Capital. La Secretaría Distrital de Ambiente –SDA-, la Secretaría Distrital de Planeación –SDP- y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB-concertarán los lineamientos técnicos de drenaje urbano sostenible del Distrito Capital, que serán adoptados mediante resolución de la Secretaria Distrital de Ambiente.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38737
Decreto	573	2010	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por el cual se complementa el Decreto Distrital 314 de 2006, Plan Maestro del Sistema de Acueducto y Alcantarillado, mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización, implantación, instalación y registro de las infraestructuras y equipamientos, vinculados al Sistema General de Acueducto y Alcantarillado del Distrito Capital.	La política de sostenibilidad ambiental busca que los procesos de uso y aprovechamiento de los recursos para la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, se construyan buscando un equilibrio con el sistema ambiental, procurando la calidad ambiental necesaria para la salud, el bienestar y la productividad, promoviendo en las Empresas y la ciudadanía una cultura que garantice los derechos colectivos y del ambiente, que sean sostenibles para las empresas prestadoras de servicio. Atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica, buscando el desarrollo sostenible	https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41036
Resolución	6523	2011	SDA	Por la cual se reglamentan y adoptan los sistemas urbanos de drenaje sostenibles SUDS para el plan de ordenamiento zonal norte POZN	La siguiente resolución tiene por objeto reglamentar y adoptar los lineamientos técnicos para los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en el plan de ordenamiento zonal norte (POZN), contribuyendo así a minimizar los impactos del desarrollo urbano, en cuanto a la reducción de volúmenes de aguas contaminadas en los medios receptores y la reducción del riesgo de inundaciones derivado de volúmenes y caudales punta de escorrentía.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45084

Tipo	No.	Año	Entidad	Nombre	Observaciones	Enlace
Resolución	6524	2011	SDA	Por la cual se conforma el Grupo Interno de Trabajo sobre Cambio Climático	Mesas de trabajo interinstitucional para cooperar en acciones para promover medidas efectivas frente a los efectos del cambio climático en el Distrito.	https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45452
Decreto (Derogado)	528	2014	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por medio del cual se establece el sistema de Drenaje Pluvial Sostenible del Distrito Capital, se organizan instancias de dirección, coordinación y administración, se definen lineamientos para su funcionamiento	Establece el Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible del Distrito Capital como subsistema del Sistema Hídrico del Distrito Capital, organiza sus instancias de dirección, coordinación y administración, y dicta los lineamientos que se requieren para su adecuado funcionamiento. Dicho sistema es el conjunto de elementos conformado por infraestructuras y espacios naturales, alterados o artificiales, superficiales y/o subterráneos, por donde fluyen las aguas lluvias a través del territorio urbano de manera controlada, y que contribuyen de manera directa a la conservación, regulación y/o recuperación del ciclo hidrológico y demás servicios ambientales, su aprovechamiento y a la minimización de impactos del desarrollo urbanístico, máximo	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=60055
Resolución	3654	2014	SDA	"Por la cual se establece el programa de reconocimiento -BOGOTÁ CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE-", y se deroga la resolución 5926 de 2011.	Artículo 11. Puntaje de los Criterios de Evaluación. El programa de reconocimiento ambiental -BOGOTÁ CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE- cuenta con indicadores establecidos para cada una de las estrategias, los cuales se encuentran consignados en el Documento Técnico de Soporte. Los indicadores buscan medir el nivel de implementación de las estrategias de Ecourbanismo y/o Construcción Sostenible. EJE TEMÁTICO AGUA (ARQ-AGU-01) Disminuir el consumo de agua potable por implementación sistemas de alta eficiencia, sin comprometer el bienestar del usuario. 100 PUNTOS (ARQ-AGU-02) Disminuir el consumo de agua potable por implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia e implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas grises. 250 PUNTOS	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=60054
Acuerdo (Derogado)	2	2015	EL CONSEJO DISTRITAL PARA GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO	Se aprueba el Plan Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático para Bogotá 2015 - 2050	Orienta su actividad y genera sinergia con los demás procesos del ordenamiento ambiental, territorial y de desarrollo en el Distrito Capital. El PDGR- CC orienta la formulación de los componentes y los programas de gestión de riesgos y de cambio climático en cada plan de desarrollo, así como la priorización de las inversiones del Fondo Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (FONDIGER) y de las instituciones que conforman el SDGR- CC.	http://www.idiger.gov.co/documents/20182/71301/Acuerdo+002+de+2015+CDGRCC+PDGRCC2015_2020.pdf/fd88bd40-b86b-4fb0-b808-b6d5b82b3b91
Decreto	88	2017	Alcaldía Mayor de Bogotá	"Por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte - Ciudad Lagos de Torca - y de dictan otras disposiciones"	Artículo 56. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible -SUDS- Dentro de los diseños de alcantarillado pluvial de las actuaciones urbanísticas, los predios sujetos a Planes Parciales y a licencias de urbanización deberán garantizar que el sistema urbano de drenaje sostenible retenga como mínimo el 30% de las aguas lluvias en el interior del área neta urbanizable del desarrollo calculado con un periodo de retorno de 25 años o de acuerdo a la norma que expida la Empresa de Acueducto de Bogotá. Del 30% de retención obligatoria dentro del área neta urbanizable, por lo menos el 10% deberá hacerse al interior de las áreas útiles y 10% deberá hacerse en las cesiones para vías, parques y zonas verdes, dejando el restante 10% en cualquier área dentro del área neta urbanizable del proyecto urbanístico. Sin perjuicio de lo anterior, será la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAB la que apruebe los diseños de dicho alcantarillado pluvial.	http://www.idiger.gov.co/documents/20182/71301/Acuerdo+002+de+2015+CDGRCC+PDGRCC2015_2020.pdf/fd88bd40-b86b-4fb0-b808-b6d5b82b3b91
Resolución	330	2017	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"	Artículo 153. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible Para nuevos desarrollos urbanos, donde se modifique la cobertura del suelo, se deben generar estrategias con el fin de mitigar el efecto de la impermeabilización de las áreas en el aumento de los caudales de escorrentía. Se requiere diseñar sistemas urbanos de drenaje sostenible, con el objeto de reducir mínimo en un 25% el caudal pico del hidrograma de crecienta de diseño, a fin de evitar sobrecargas de los sistemas pluviales y posteriores de inundación, para ello, adicionalmente, se debe hacer un análisis de las condiciones de escorrentía antes y después del proyecto versus la capacidad del flujo de los cuerpos receptores ya sea el sistema de alcantarillado de drenaje o cuerpos naturales. Cuando se utilicen estructuras de retención, se deben implementar sistemas de cribado y sedimentación, prever la facilidad del mantenimiento manual o mecánico, la accesibilidad y medios de transportar los desechos a los sitios finales de suposición, de acuerdo con sus composición y la normatividad vigente.	https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542
Norma Técnica de Servicios NS	NS-166	2018	EAB	CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)	Esta norma establece los aspectos a considerar para realizar el diseño y construcción de tipologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el espacio público de la ciudad de Bogotá (alcorques inundables, cuencas secas de drenaje extendido, cunetas verdes, tanques de almacenamiento, pavimentos permeables, zanjas de infiltración y zonas de bio-retención), y que son complementarios al sistema de drenaje urbano convencional. Adicionalmente, se establecen criterios de diseño de estructuras anexas a estas tipologías.	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAB)
Decreto	597	2018	Alcaldía Mayor de Bogotá	Por medio del cual se deroga el Decreto Distrital 528 de 2014	Que se precisa entonces, que la gestión referente al drenaje, incluido el Sistema Urbano de Drenaje Sostenible, se encuentra en cabeza de los entes territoriales y las entidades prestadoras del servicio público de alcantarillado; de manera que a estos corresponde diseñarlos, construirlos, mantenerlos y operarlos de conformidad con los instrumentos creados por la Ley, en especial consultando los respectivos Planes de Ordenamiento Territorial, los POMCAS y los Planes Sectoriales.	http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=81203
Resolución Conjunta	001	2019	Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) Secretaría Distrital de Planeación (SDP)	Por medio de la cual se establecen los lineamientos y procedimientos para la Compensación por endurecimiento de zonas verdes por desarrollo de obras de infraestructura, en cumplimiento del Acuerdo Distrital 327 de 2008	4.3. Si dentro de las zonas de endurecimiento se contempla la implementación de tipologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), específicamente: alcorques inundables, cunetas verdes (o vallados), zonas de bio-retención, zanjas de infiltración, cuencas secas de drenaje extendido, pavimentos permeables y humedales artificiales o pondajes húmedos, éstas se cuantificarán positivamente de acuerdo a la metodología descrita en el numeral 4 del Anexo de la presente Resolución para el balance de zonas verdes.	https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=83356

NS – 166



CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Código: NS-166
Estado: Vigente
Versión: 0,0
Origen: EAAB-Norma Técnica
Tipo Doc.: Norma Téc. de Servicio Elaborada

INFORMACION GENERAL

Tema: CONSTRUCCIÓN
Comité: Normalización
Antecedentes:
Vigente desde: 09/02/2018
Contenido del Documento :

0. TABLA DE CONTENIDO

1. ALCANCE
2. DOCUMENTOS RELACIONADOS
3. TERMINOLOGÍA
4. REQUISITOS
 - 4.1. GENERALIDADES
 - 4.1.1. Documentación requerida
 - 4.1.2. Aspectos de construcción
 - 4.2. CONDICIONES DE USO
 - 4.3. DISEÑO HIDROLÓGICO
 - 4.3.1. Caudal para un periodo de retorno de diseño (Qb)
 - 4.3.2. Volumen de calidad o tratamiento (Vc)
 - 4.3.3. Determinación de volumen de calidad (Vc)
 - 4.3.4. Estimación de la profundidad de lluvia (hp) para la ciudad de Bogotá
 - 4.3.5. Caudal de diseño asociado a un periodo de retorno
 - 4.3.6. Estimación aproximada de (hp) a partir de curvas IDF
 - 4.4. TRENES DE TRATAMIENTO
 - 4.5. TIPOLOGÍA DE SUDS
 - 4.5.1. Alcorques inundables
 - 4.5.2. Cuenca seca de drenaje extendido
 - 4.5.3. Cunetas verdes
 - 4.5.4. Tanques de almacenamiento
 - 4.5.5. Pavimentos permeables
 - 4.5.6. Zanjas de infiltración
 - 4.5.7. Zonas de bio-retención
 - 4.6. ESTRUCTURAS ANEXAS
 - 4.6.1. Estructuras de pretratamiento
 - 4.6.2. Estructuras de entrada
 - 4.6.3. Estructuras anexas a la estructura de entrada
 - 4.6.4. Estructuras de salida
 - 4.6.5. Estructuras anexas a la estructura de salida
 - 4.6.6. Estructuras de detención o retención
 - 4.6.7. Estructuras para monitoreo y/o mantenimiento
 - 4.7. CONEXIÓN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL

Vigente 9 de Febrero 2018



CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Código: NS-166
 Estado: Vigente
 Versión: 0,0
 Origen: EAAB-Norma Técnica
 Tipo Doc.: Norma Téc. de Servicio Elaborada

Tema: CONSTRUCCIÓN
 Comité: Normalización
 Antecedentes:
 Vigente desde: 09/02/2018
 Contenido del Documento:

0. TABLA DE CONTENIDO

1. ALCANCE
2. DOCUMENTOS RELACIONADOS
3. TERMINOLOGÍA
4. REQUISITOS
 - 4.1. GENERALIDADES
 - 4.1.1. Documentación requerida
 - 4.1.2. Aspectos de construcción
 - 4.2. CONDICIONES DE USO
 - 4.3. DISEÑO HIDROLÓGICO
 - 4.3.1. Caudal para un periodo de retorno de diseño (Qb)
 - 4.3.2. Volumen de calidad o tratamiento (Vc)
 - 4.3.3. Determinación de volumen de calidad (Vc)
 - 4.3.4. Estimación de la profundidad de lluvia (hp) para la ciudad de Bogotá
 - 4.3.5. Caudal de diseño asociado a un periodo de retorno
 - 4.3.6. Estimación aproximada de (hp) a partir de curvas IDF
 - 4.4. TRENES DE TRATAMIENTO
 - 4.5. TIPOLOGÍA DE SUDS
 - 4.5.1. Alcorques inundables
 - 4.5.2. Cuenca seca de drenaje extendido
 - 4.5.3. Cunetas verdes
 - 4.5.4. Tanques de almacenamiento
 - 4.5.5. Pavimentos permeables
 - 4.5.6. Zanjias de infiltración
 - 4.5.7. Zonas de bio-retención
 - 4.6. ESTRUCTURAS ANEXAS
 - 4.6.1. Estructuras de pretratamiento
 - 4.6.2. Estructuras de entrada
 - 4.6.3. Estructuras anexas a la estructura de entrada
 - 4.6.4. Estructuras de salida
 - 4.6.5. Estructuras anexas a la estructura de salida
 - 4.6.6. Estructuras de detención o retención
 - 4.6.7. Estructuras para monitoreo y/o mantenimiento
 - 4.7. CONEXIÓN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL

ANEXOS

A Anexo A. Informe sobre la investigación y desarrollo de las tecnologías y/o tipologías de SUDS que más se adapten a la problemática de la escorrentía urbana en la ciudad de Bogotá D.C. (2016): Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA), Universidad de los Andes.

B Anexo B. Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) y Hojas de pre-dimensionamiento de: Alcorques inundables, cuencas secas de drenaje extendido, cunetas verdes, tanques de almacenamiento, pavimentos permeables, zanjias de infiltración y zonas de bio-retención. (2017), Bogotá: Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA), Universidad de los Andes.

C Anexo C. Cartilla y fichas técnicas por tipología: Alcorques inundables, cuencas secas de drenaje extendido, cunetas verdes, tanques de almacenamiento, pavimentos permeables, zanjias de infiltración y zonas de bio-retención. (2017): Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA), Universidad de los Andes.

- Criterios de selección de sitios
- Metodología de selección de tipología y trenes de SUDS
- Diseño hidrológico
- Tipologías de SUDS
- Estructuras anexas
- Aspectos de construcción
- Cobertura vegetal y arbolado
- Operación y mantenimiento
- Monitoreo
- Consideraciones sociales

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería

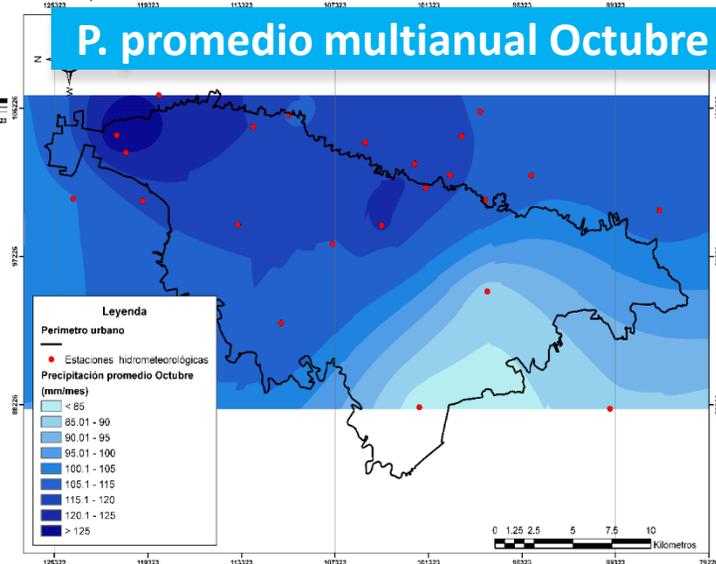
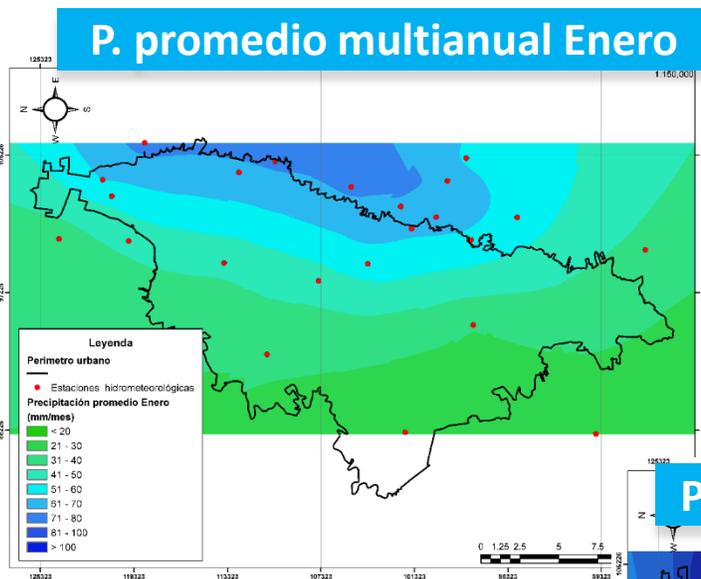
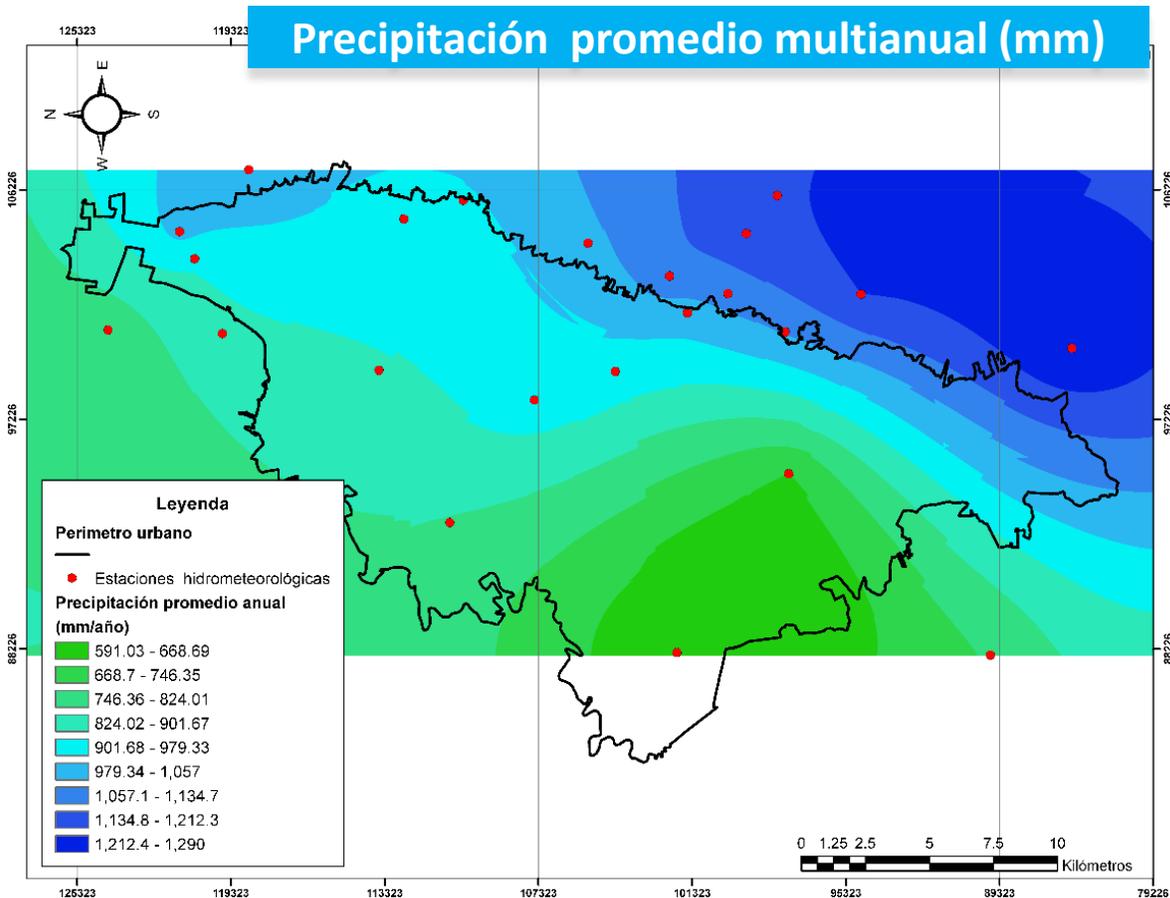
Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental
CIIA

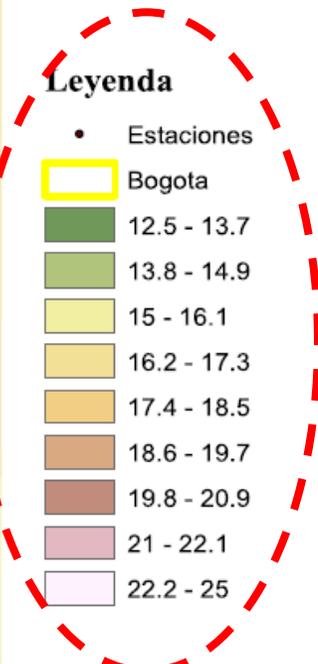
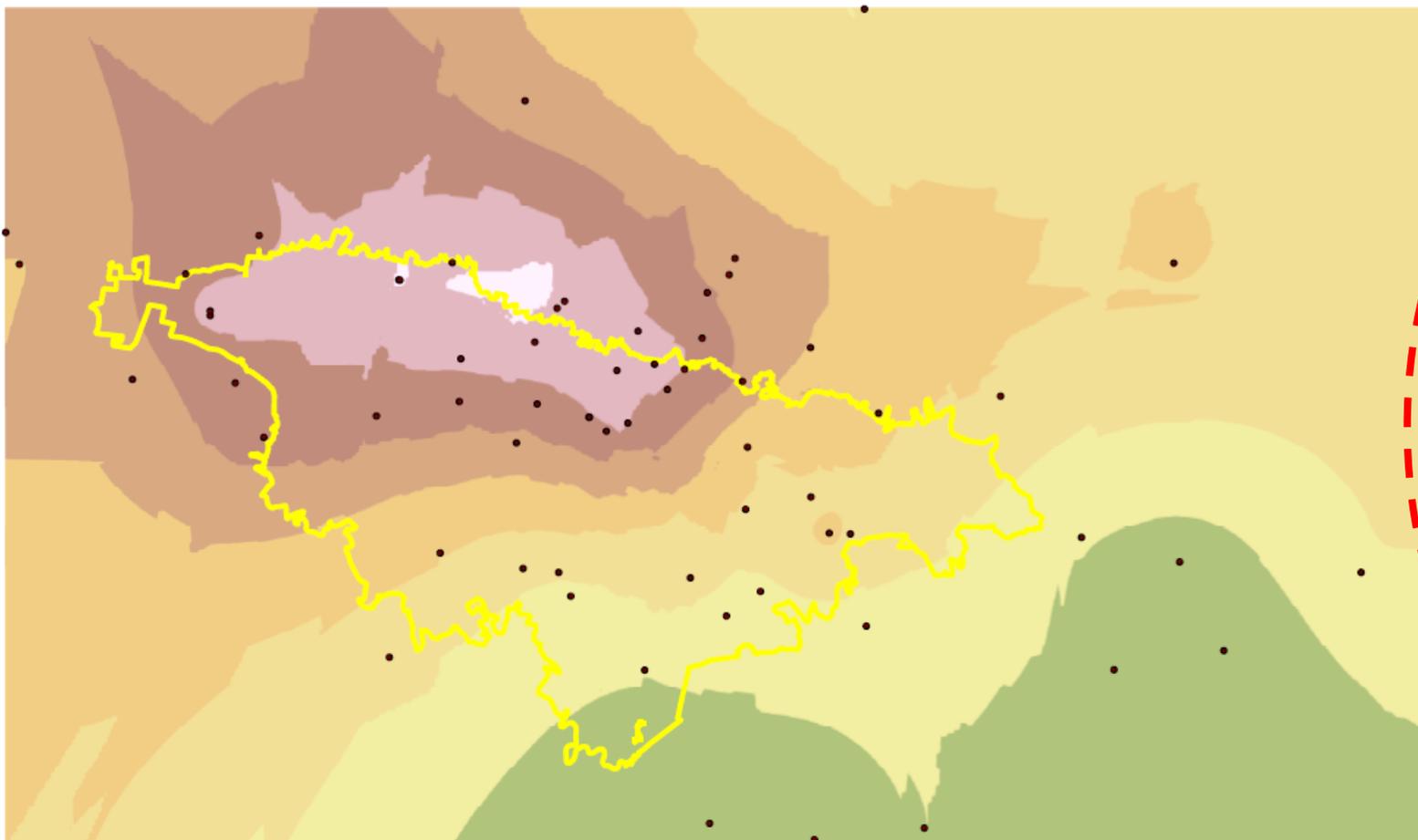
Investigación de las tipologías y/o tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) que más se adapten a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C.

Producto 3 – Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)









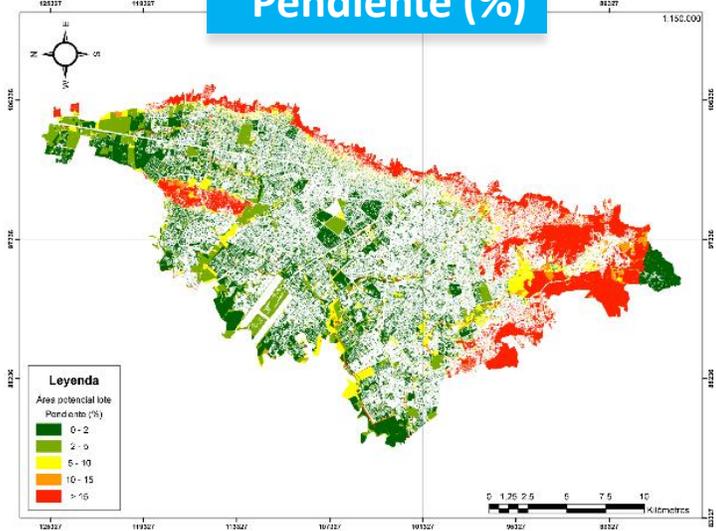
Valor mínimo = 12.5 mm (primer lavado)

0 2 4 8 12 16 Kilometers

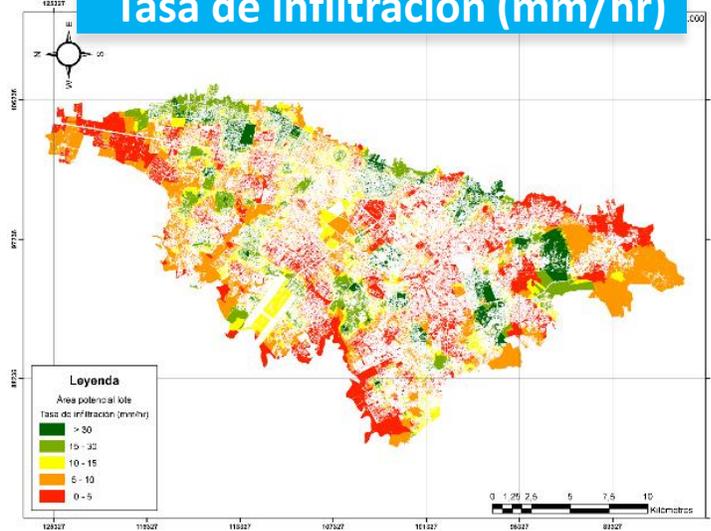


Restricciones de implementación de SUDS

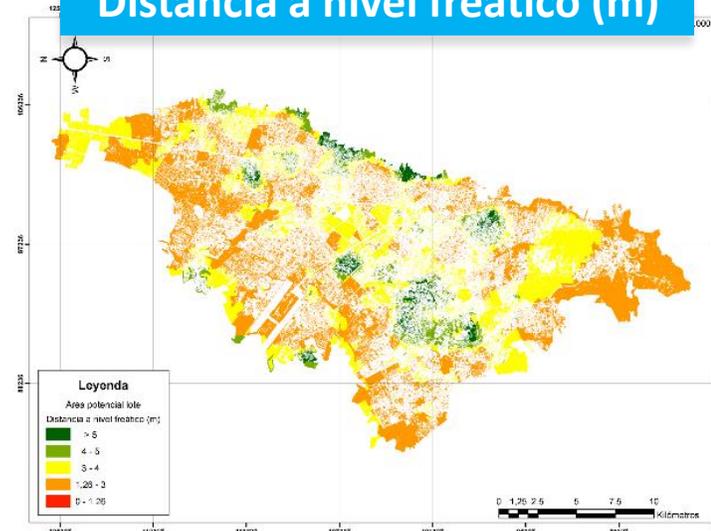
Pendiente (%)



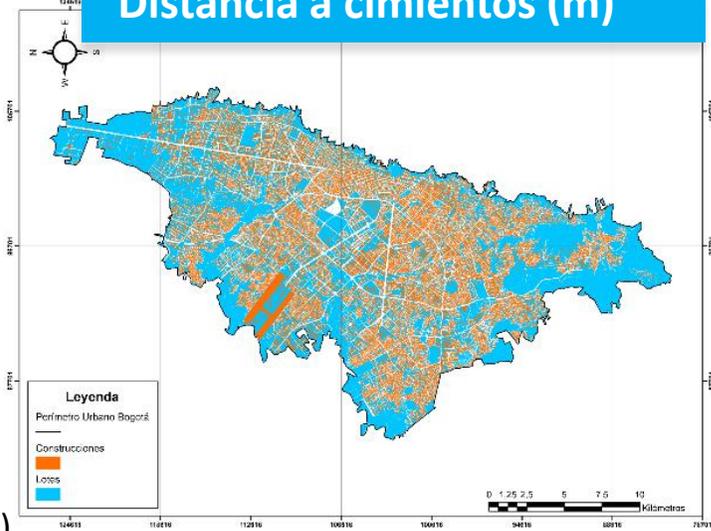
Tasa de infiltración (mm/hr)



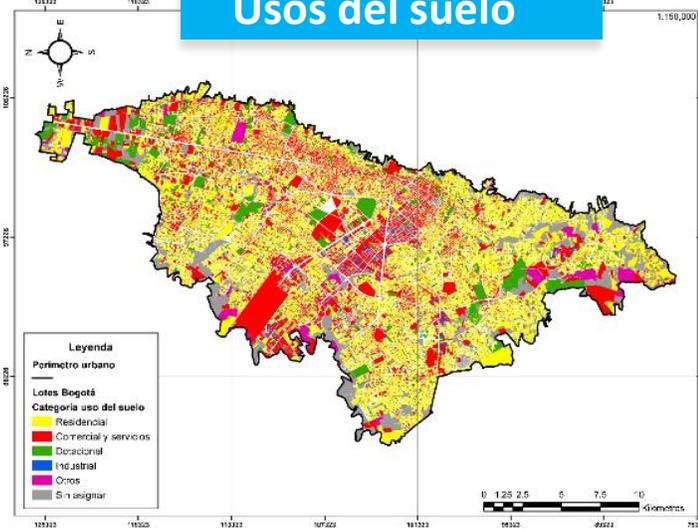
Distancia a nivel freático (m)



Distancia a cimientos (m)



Usos del suelo



Tipologías SUDS	Usos del suelo ²	Variables de restricción				
		Pendiente (%)	Tasa de infiltración (mm/hr)	Distancia a nivel freático (m)	Distancia a cimentos (m)	
Alcorques inundables	R, C, D	10 ¹ 15 ²				Máximo
			7 ¹	1 ¹	2 ¹	Mínimo
Cunetas verdes	R, C, D	5 ² 6 ^{3,4} 10 ¹				Máximo
		0,5 ^{2,3,4} 1 ¹	13 ¹	0.6 ² 1.5 ¹	4 ¹	Mínimo
Zonas de bio-retención	R, C, D	10 ¹ 15 ²				Máximo
			7 ¹	1.8 ¹ 0.6 ²	6 ¹	Mínimo
Zanjas de infiltración	R, C, D	5 ¹				Máximo
		11	7 ¹	3 ¹	3 ² 6 ¹	Mínimo
Pavimentos porosos	R, C, D	1 ² 5 ^{1,4}				Máximo
		0.5 ¹ 1 ⁴	13 ¹	0.6 ² 3 ¹	6 ¹	Mínimo
Cuenca seca de drenaje extendido	R, C, D	10 ² 15 ¹				Máximo
		1 ¹	7 ¹	3 ¹ 1.2 ²	6 ¹	Mínimo



R: Uso residencial, C: Uso comercial y de servicios, D: Uso Dotacional, I: Uso industrial

⁽¹⁾ CIIA (2015a)

⁽²⁾ Jia et al. (2013)

⁽³⁾ GeoSyntec Consultants (2006)

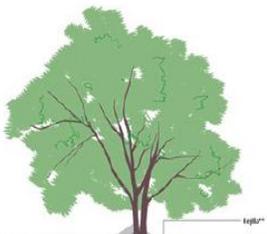
⁽⁴⁾ Toronto and Region Conservation Authority (2010)

Alcorques inundables

...a filtrante (d_1), la cual es la frontera entre el sustrato y la capa de drenaje. Esta puede ser un geotextil o una capa delgada de agregado (ver Figura 1). Luego, se procede a estimar la profundidad de la capa de drenaje sólo si la tipología cuenta con tubería perforada. Así pues, es necesario considerar el diámetro de la tubería perforada (D_p), el cual debe garantizar el drenaje completo de la estructura en un tiempo de 12 horas, la porosidad efectiva de la capa de drenaje (f) y la profundidad de almacenamiento sobre y bajo la tubería perforada, para calcular la profundidad total de la capa de drenaje (d_c) definida de la siguiente manera.

$$d_c = d_{cg} + d_{cb} + D_p$$

Donde d_c = Profundidad de capa de drenaje (m), d_{cg} = Profundidad de la capa de drenaje sobre la tubería perforada (m), d_{cb} = Profundidad de la capa de drenaje bajo la tubería perforada (m) y D_p = Diámetro de la tubería perforada (m).



Cuenca seca de drenaje extendido

frecuencia con el sitio intervenido, cuando la estructura se encuentra seca. De esta manera, se amortigua el caudal pico y el volumen de escorrentía aguas abajo de la estructura, mejorando a su vez la calidad del agua durante su tránsito por la tipología. Información adicional y en mayor detalle del diseño de cuenca seca de drenaje extendido pueden encontrarse en el Anexo B.

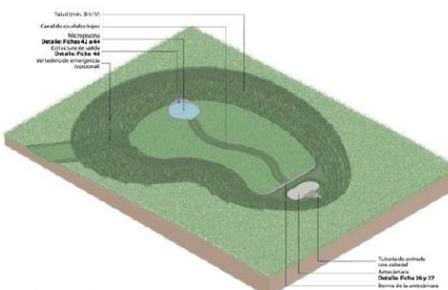


Figura 2. Esquema de referencia cuenca seca de drenaje extendido

4.5.2.2. Operación

La escorrentía puede ingresar a esta tipología de manera superficial o subsuperficial, a través de estructuras anexas que concentren el flujo de agua a la entrada de ésta. En caso de que se requiera, es posible acoplar de manera previa alguna estructura de pre-tratamiento (ver sección 4.6.1), para reducir la carga de contaminación que ingresa a esta tipología. Así mismo, en la parte inicial de este SUDS se recomienda utilizar disipadores de energía, debido al alto volumen de agua que puede llegar a ingresar. Luego de reducir la energía del agua a la entrada, el flujo de agua debe pasar por la antecámara. Esta funciona como estructura complementaria de pretratamiento que facilita la remoción de sólidos sedimentables, de manera que éstos no ingresan directamente a la superficie de la cuenca. Al final de la antecámara se puede incluir una bermas que regule el flujo que pasa de la antecámara a la superficie de detención de la cuenca.

Esta tipología de SUDS puede presentar dos casos de operación dependiendo de la magnitud del evento de lluvia. Para eventos de baja magnitud, la escorrentía captada transita la cuenca a través

Cuneta verde

...ajo para un periodo de retorno de 10 años (m).

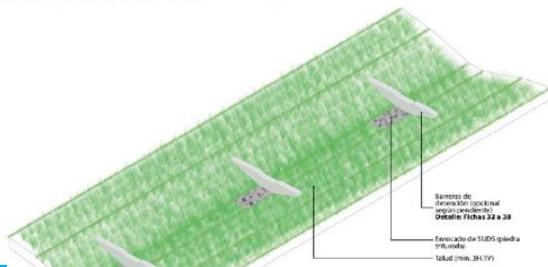
$$d_{co} = d + d_L$$

Donde d_{co} = Profundidad mínima de la cuneta (m), d = Profundidad de diseño para un periodo de retorno de 3 o 5 años (m) y d_L = Borde libre (m).

Finalmente, se calcula nuevamente el ancho superior de la cuneta, considerando ahora el valor del borde libre de la estructura, como se presenta a continuación:

$$W_s = W_f + 2 \cdot d_{co} \cdot Z$$

Donde W_s = Ancho superior de la cuneta para profundidad mínima considerando borde libre (m), W_f = Ancho de fondo de la cuneta (m), d_{co} = Profundidad mínima de la cuneta (m) y Z = Pendiente lateral del canal Z:1 (adimensional).



Tanque de almacenamiento

En los sitios donde se comparten fondos aguas abajo de la estructura, la profundidad de almacenamiento debe ser mayor a la profundidad de la estructura para evitar la infiltración de agua en el fondo de la estructura.

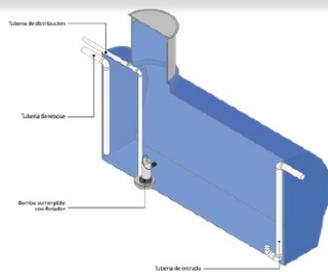


Figura 4. Esquema de referencia tanque de almacenamiento

4.5.4.6 Materiales

El material del depósito de almacenamiento debe ser estructuralmente sólido e impermeable. Los tanques superficiales suelen ser plásticos, al igual que los tanques subterráneos. Estos últimos también pueden ser construidos en concreto y rellenos con geoceladas. Todos los depósitos deben sellarse mediante el uso de un impermeabilizante no tóxico. Sin importar el material, es fundamental que éste sea opaco para prevenir el crecimiento de algas. En caso de que se requiera adaptar contenedores que hayan sido usados previamente, éstos deben estar completamente limpios y ser aptos para el almacenamiento de agua potable o productos alimenticios.

Los materiales recomendados para las bajantes y canalatas son cloruro de polivinilo (PVC), vinilo, aluminio y acero galvanizado. No se aconseja el uso de soldaduras con plomo, ya que el flujo de agua lluvia puede disolverlo con el tiempo, causando la contaminación del agua almacenada.

4.5.5 Pavimentos permeables

4.5.5.4 Diseño

Los pavimentos permeables son estructuras alternativas a las superficies asfálticas convencionales, su función principal es drenar hacia el subsuelo el agua de escorrentía que se concentre en su superficie luego de un evento de lluvia. El sistema está compuesto por cuatro capas: la primera es la capa superficial de protección (d_1), la cual puede presentar diferentes espesores en cuanto a

Pavimento permeable

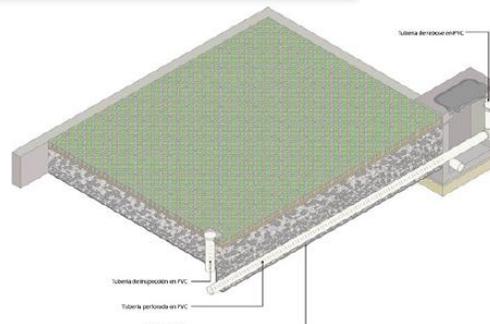


Figura 5. Esquema de referencia pavimentos permeables

De acuerdo con el tipo de infiltración seleccionado, el diseño del pavimento varía. Para pavimentos con infiltración completa (ver Figura 6) no es necesario incluir ningún tipo de tubería perforada en el fondo de la estructura, puesto que el suelo intervenido cuenta con una buena tasa de infiltración y no hay ninguna restricción que impida que el volumen de escorrentía se infiltre en su totalidad en el suelo circundante.

Zanja de infiltración

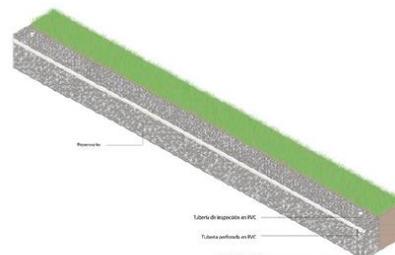


Figura 9. Esquema de referencia zanja de infiltración

La profundidad del borde libre en la parte superior de la zanja (d_L) no cuenta como espacio disponible para el almacenamiento temporal del volumen de diseño. Este espacio debe emplearse para ubicar la tubería de desbordamiento, la cual permite conducir volúmenes mayores al de diseño o volúmenes no tratados en caso de fallas del sistema. Asimismo, se debe emplear tuberías perforadas o pozos de observación para verificar el adecuado funcionamiento de la estructura de drenaje. Las ecuaciones del proceso de cálculo anterior se presentan a continuación:

$$D_1 = \frac{T_d \left(\frac{f}{1000} \right)}{F_{sb} \left(\frac{h}{100} \right)}$$

$$D_2 = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} d_{co} - (3 \cdot d_L) \\ d_{co} - (1.5 \cdot d_L) \end{array} \right.$$

$$d_{m \text{ def}} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} D_1 \\ D_2 \end{array} \right.$$

Donde D_1 = Profundidad de almacenamiento según condiciones del suelo (m), f = Tasa de infiltración según ensayos de infiltración (mm/h), T_d = Tiempo de drenaje (h), h = Porosidad del reservorio (%), F_{sb} = Factor de seguridad (adimensional), D_2 = Profundidad máxima requerida por restricciones de la zona (m), $d_{m \text{ def}}$ = Profundidad desde la base del reservorio hasta el máximo nivel

Zonas de bio-retención

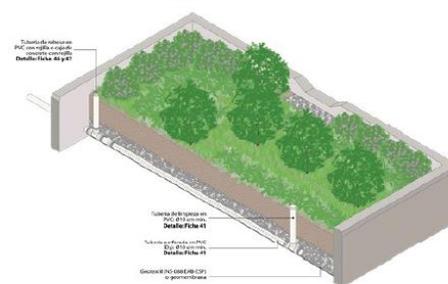


Figura 10. Esquema de referencia zona de bio-retención

Luego, en la segunda etapa se establecen las características geométricas de la estructura. El primer parámetro por calcular es el área mínima de fondo de la estructura (A_{mf}). Esta área se define con el objetivo de reducir la probabilidad de colmatación y la frecuencia de mantenimiento. Para ello se debe establecer previamente la profundidad de diseño (d), la cual no debe superar los 30 cm, y requerir el volumen de calidad (V_c) determinado anteriormente.

$$A_{mf} = \frac{2 \cdot V_c}{d}$$

Donde A_{mf} = Área mínima de fondo de la estructura (m²), V_c = Volumen de calidad de diseño (m³) y d = Profundidad de diseño (m).

Se cuenta con la restricción mínima de área de fondo (A_{mf}), el diseñador debe establecer de fondo (A_r), garantizando que ésta sea mayor al área mínima de fondo determinada. Así mismo el diseñador debe definir el área superficial de la zona de bio-retención (A_s) la cual deberá ser mayor o igual al área de fondo (A_r). Con estas dos variables y la profundidad de diseño (d) se calcula el volumen total (V_t), el cual debe ser mayor o igual al volumen de calidad (m³). Si algunas de estas condiciones no se satisfacen, es necesario replantear las variables del proceso de cálculo, hasta satisfacer todas estas restricciones.

$$V_t = \frac{A_s + A_r}{2} \cdot d$$

V_t = Volumen total (m³), A_s = Área superficial de la estructura (m²), A_r = Área mínima de la estructura (m²) y d = Profundidad de diseño (m).

De acuerdo con el tipo de infiltración que se desee en el área intervenida, el diseño de bio-retención varía. Para zonas de bio-retención con infiltración completa (ver Figura 11) no es necesario incluir ningún tipo de tubería perforada en el fondo de la estructura, puesto que el suelo intervenido cuenta con una buena tasa de infiltración y no hay ninguna restricción que impida el volumen de escorrentía se infiltre en su totalidad en el suelo circundante.

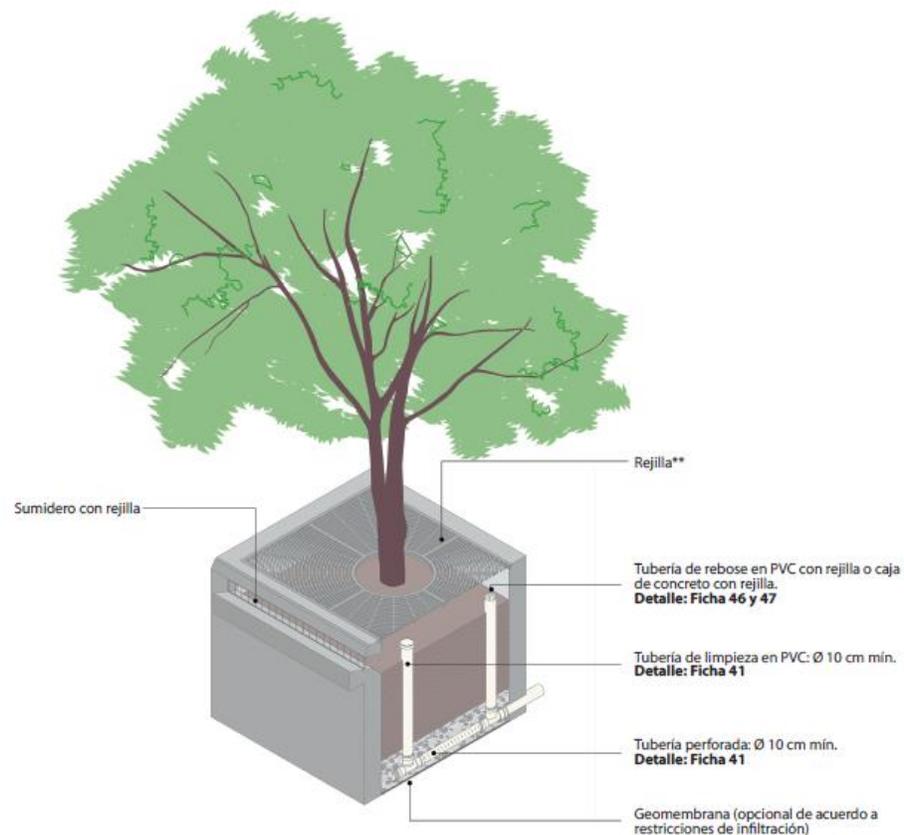
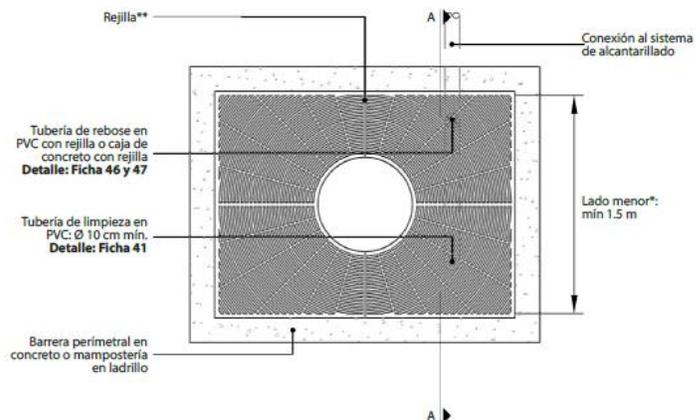


Figura 10. Alternativa 1: Isométrica - Alcorque inundable con sumidero lateral

** La rejilla debe componerse de dos secciones. Sus características dependen de las especificaciones del fabricante.

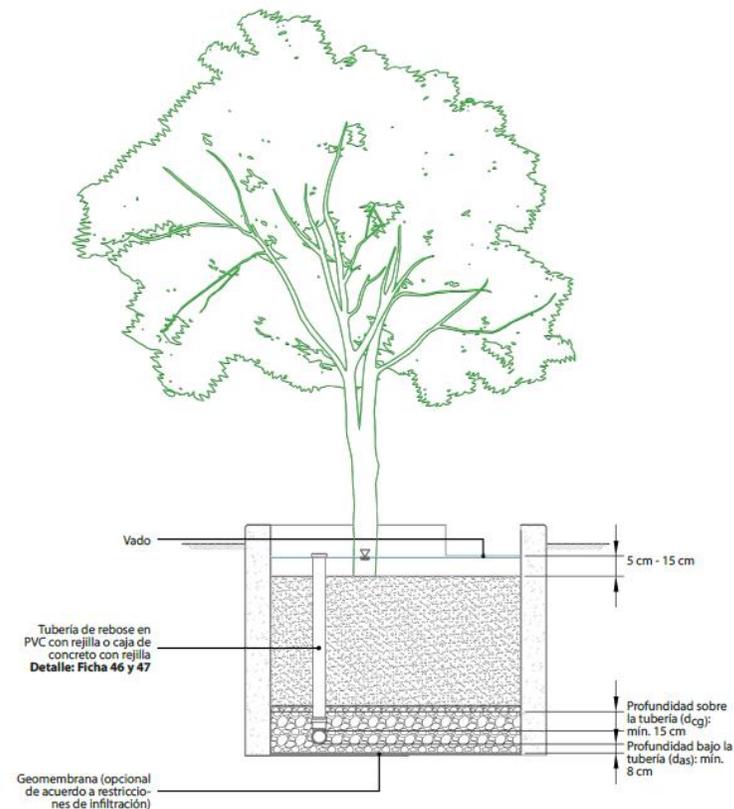


Figura 13. Alternativa 2: Corte BB



Trenes de alcorques



Limitaciones de espacio



Creación de espacio público



Rejillas complemento de andenes



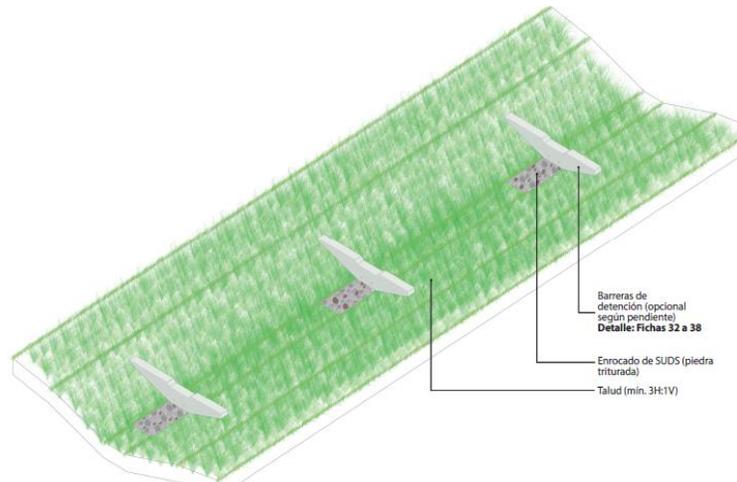


Figura 1. Isométrica: Cuneta verde con barreras de detención

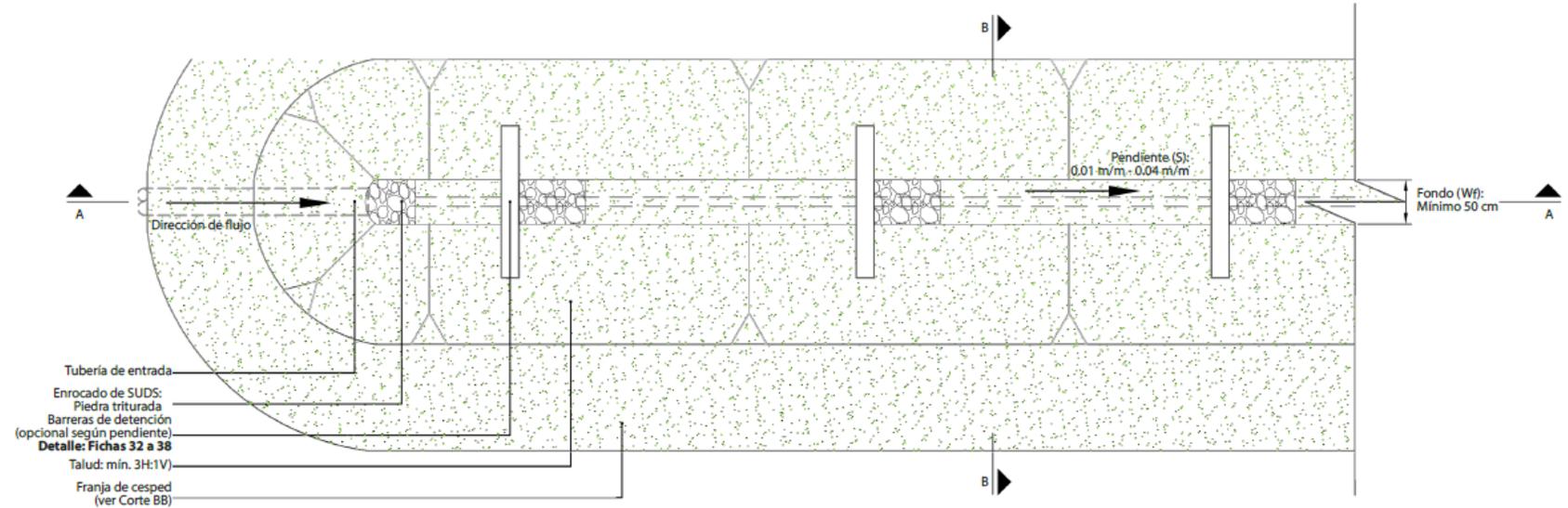
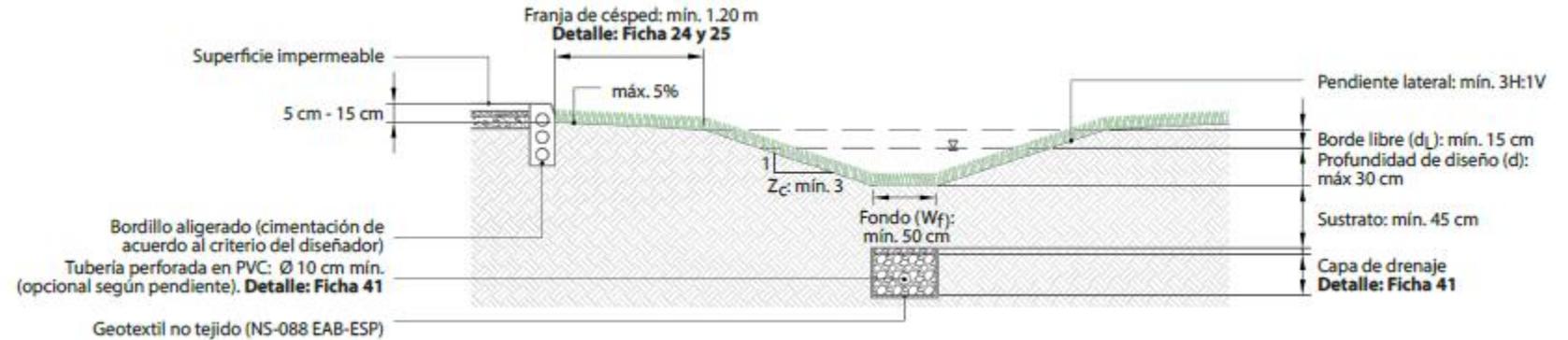


Figura 2. Planta





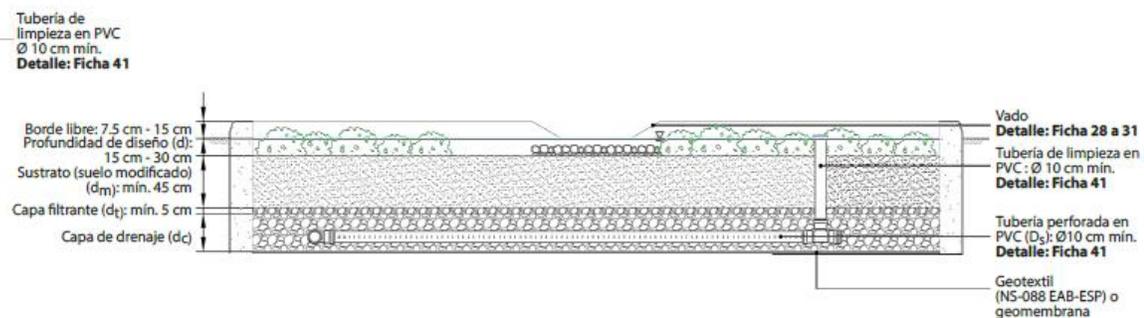
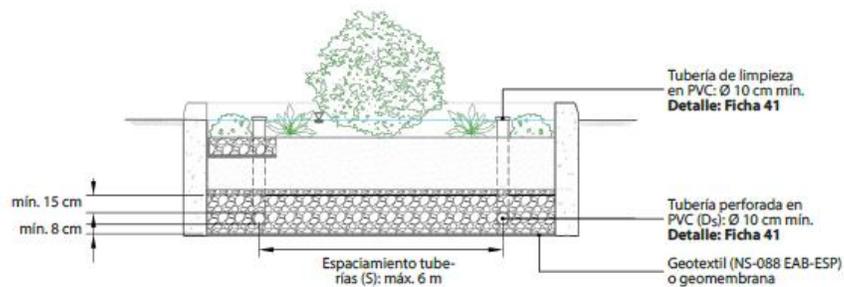
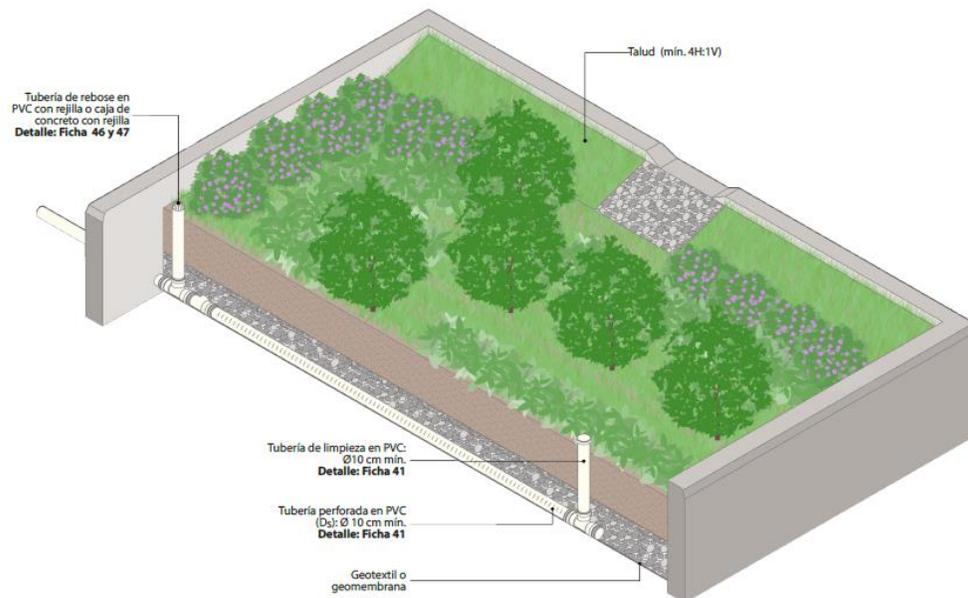
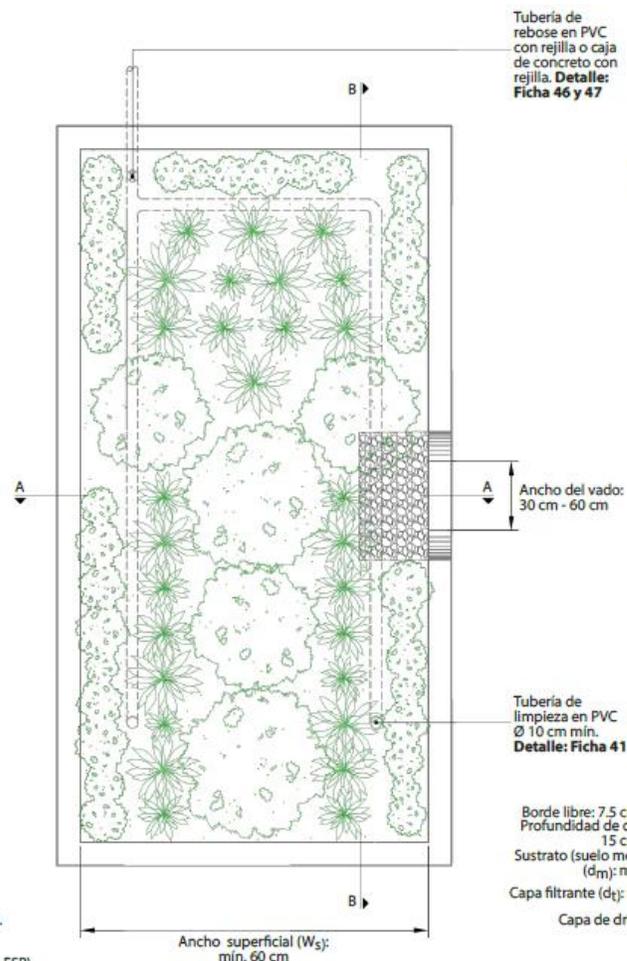
Barreras de detención

04.24.2013 08:19



Uso de vegetación

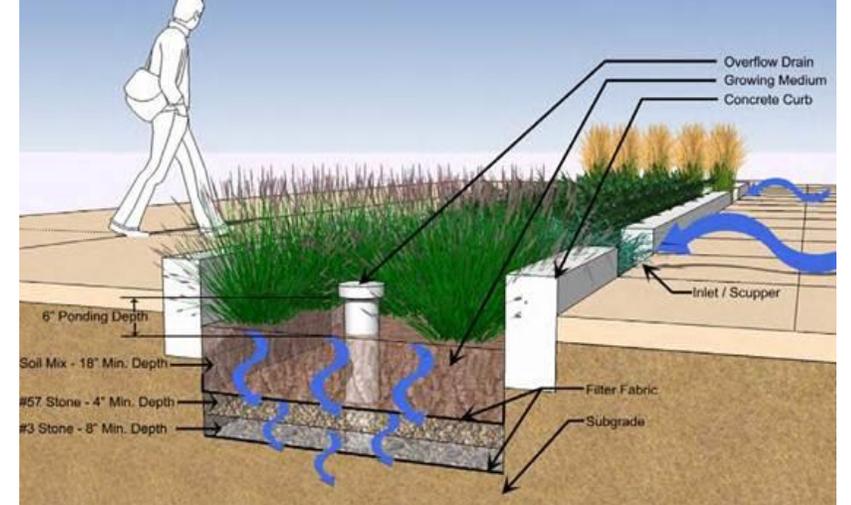






Aperturas en bordillos para ingreso de escorrentía

Zonas de bio-retención



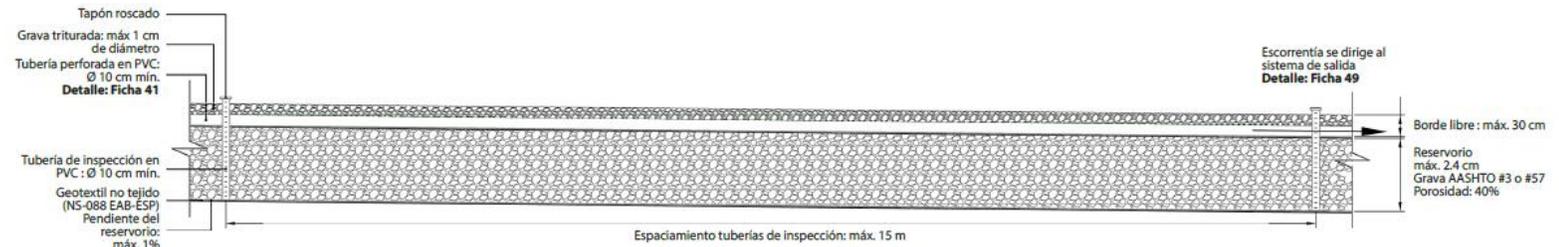
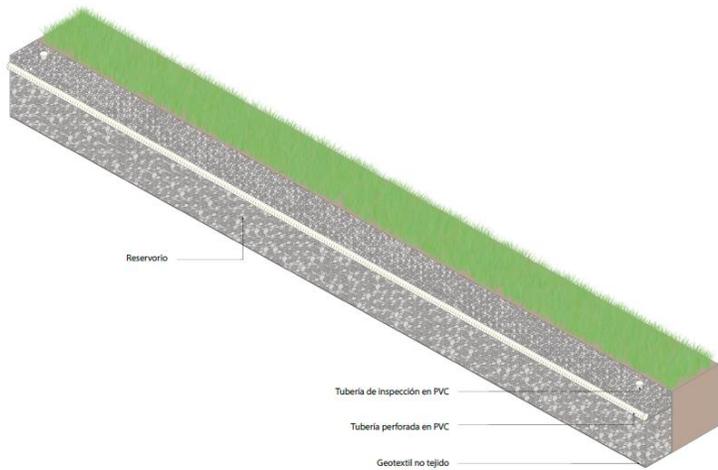
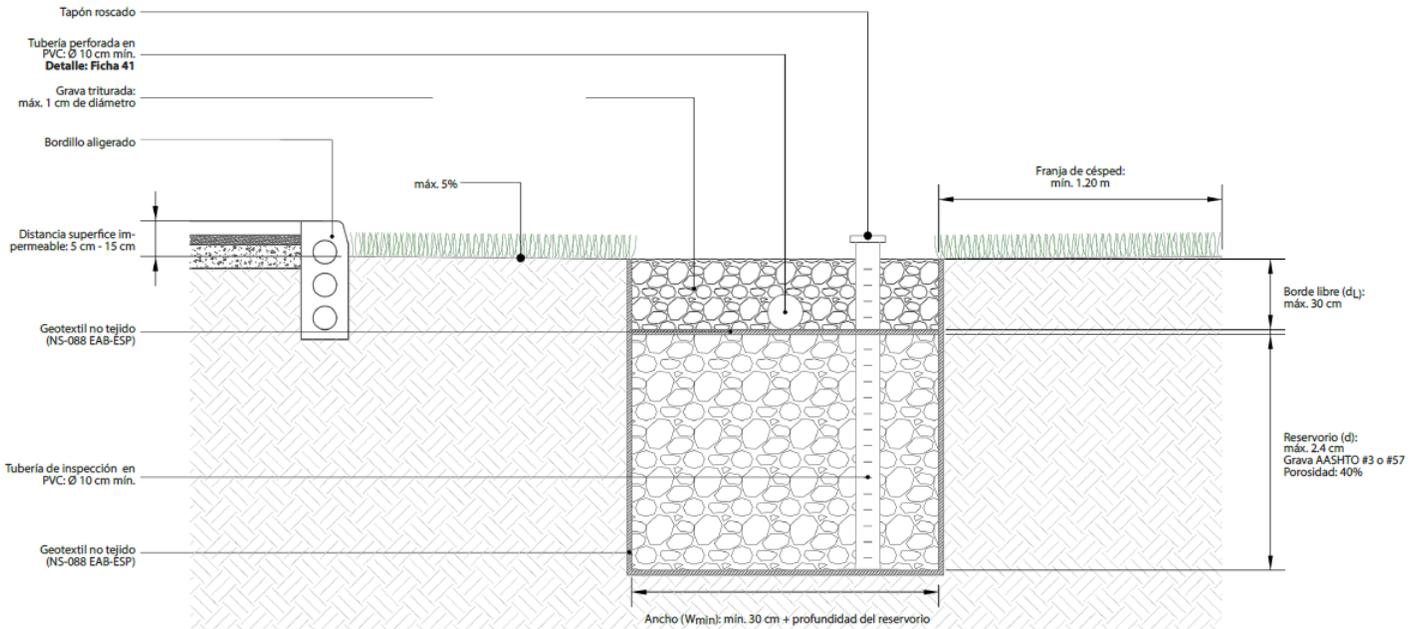
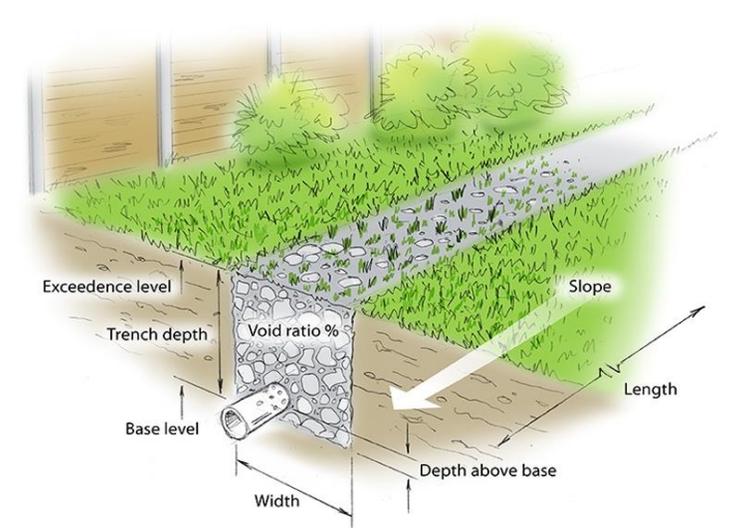


Figura 42. Corte BB

Zanjas de infiltración



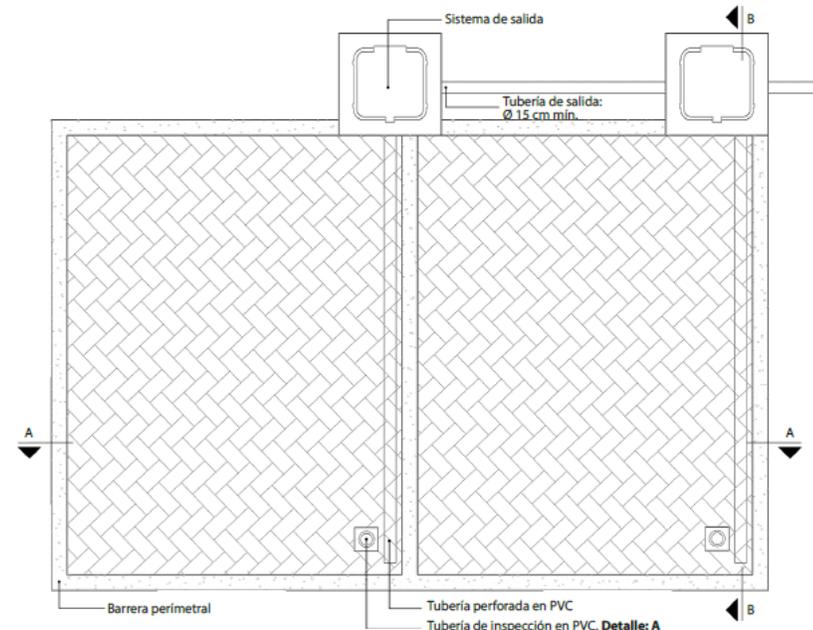


Figura 33. Planta: Pavimento permeable de tipo adoquines entrelazados

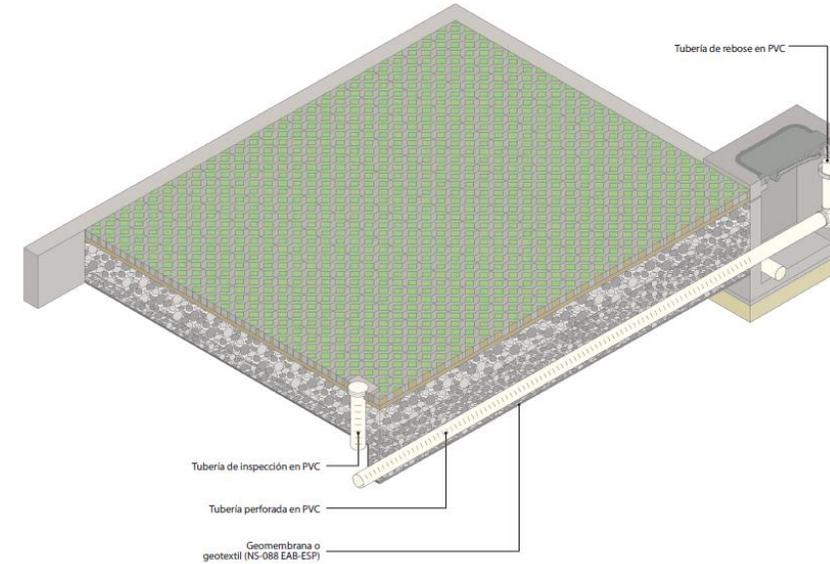


Figura 35. Corte: Pavimento permeable estándar: Corte BB

Pavimentos permeables

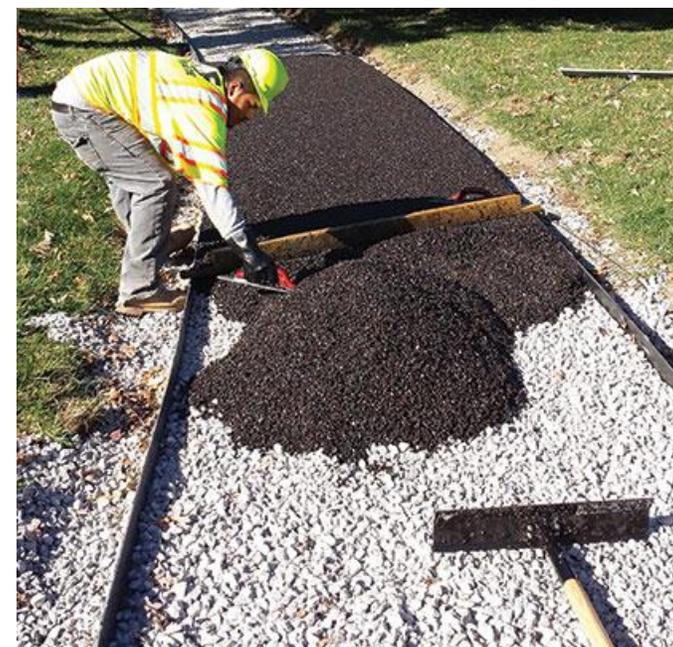
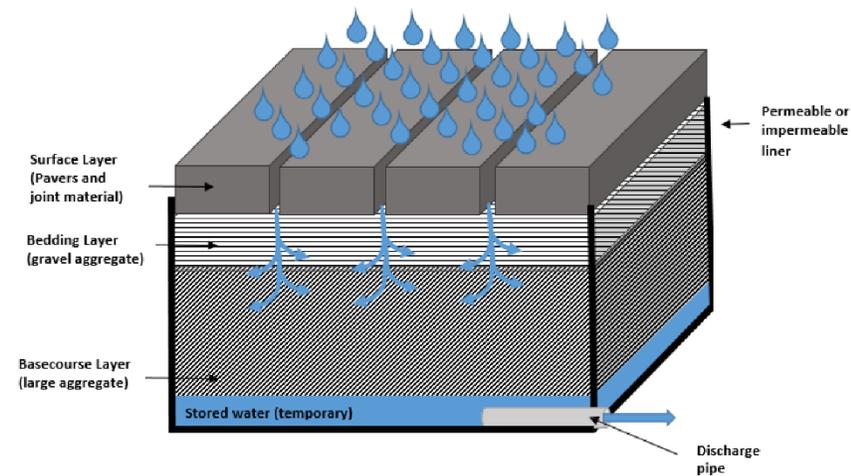
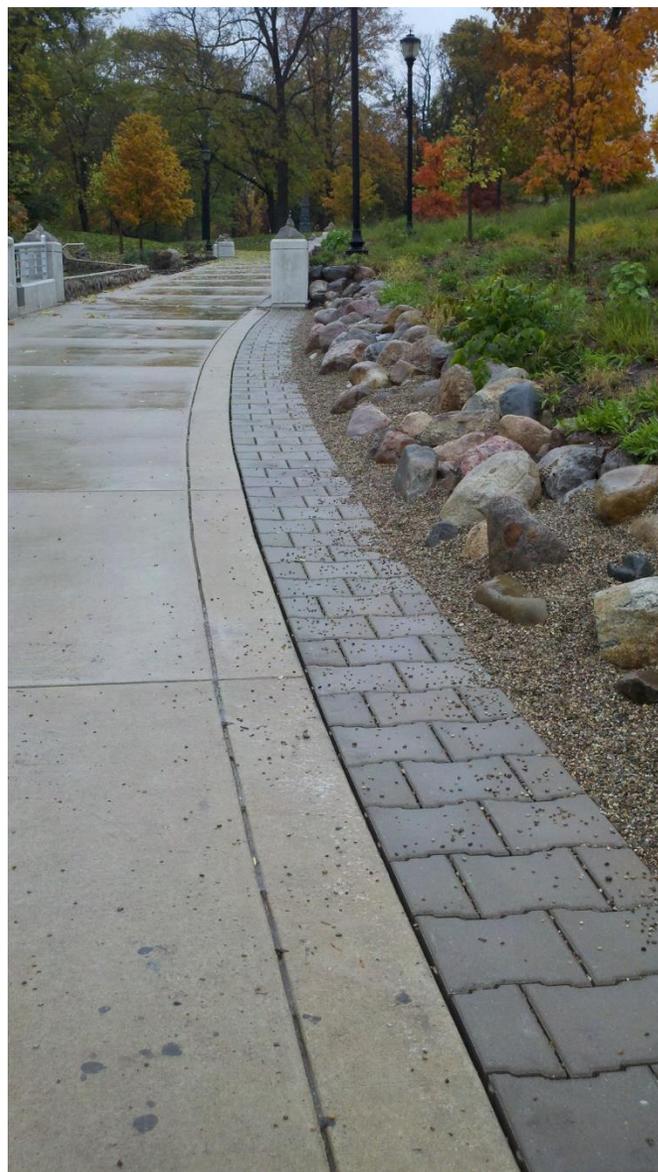




Figura 7. Isométrica: Cuenca seca de drenaje extendido

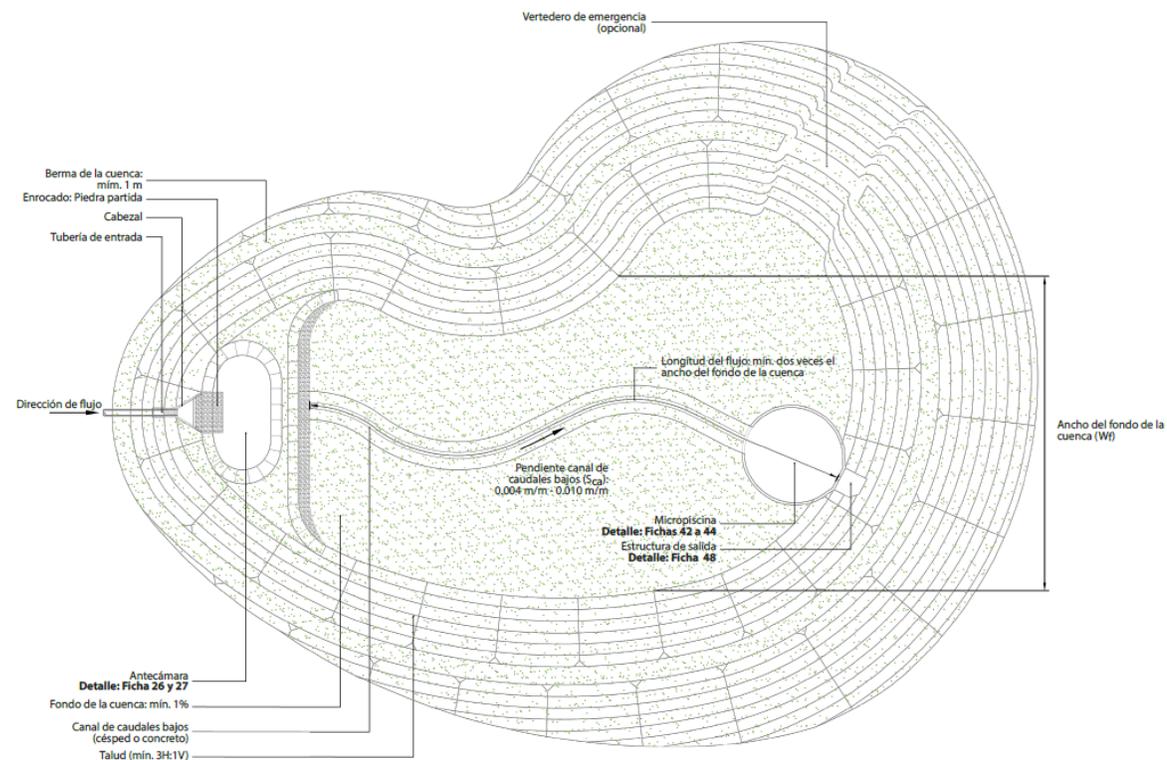
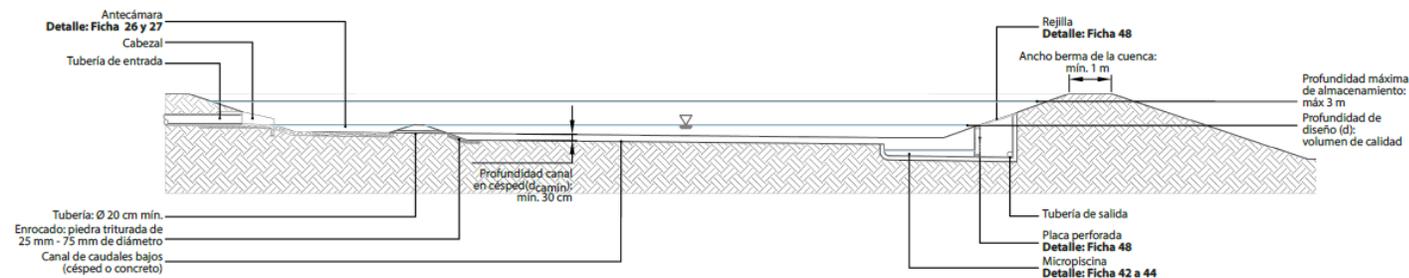


Figura 9. Planta





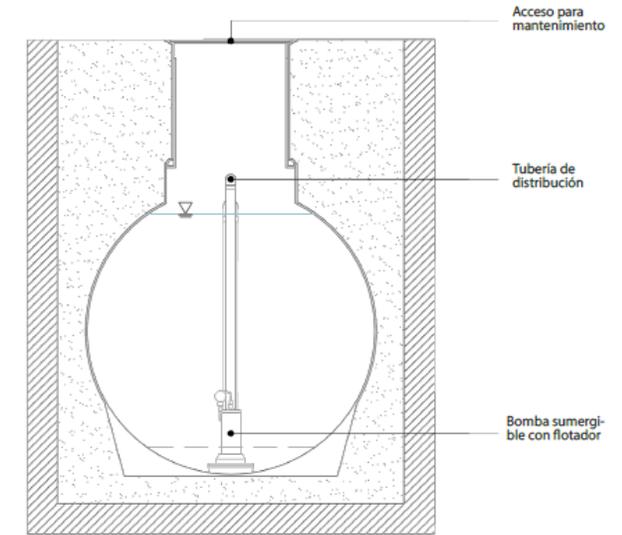
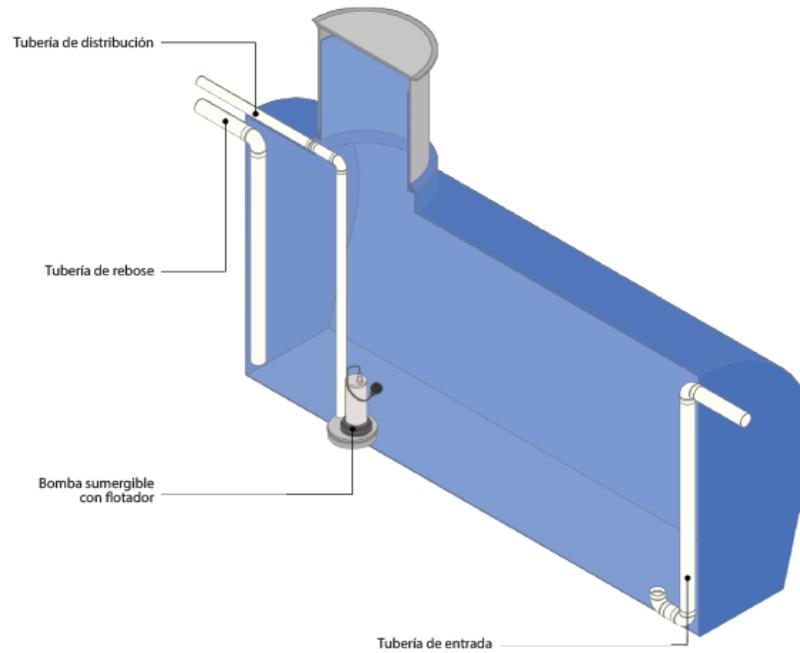
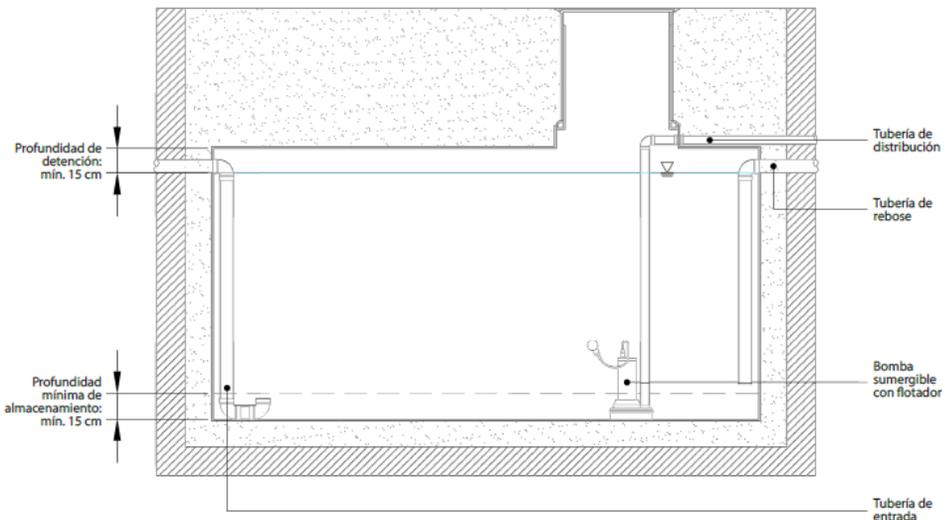


Figura 26. Tanque subterráneo: Corte transversal

Pretratamiento

Filtros en sumideros

Franjas de césped

Separador de aceites

Antecámara

Estructuras de entrada

Vado

Anexas

Enrocado

Barreras de detención

Estructuras de salida

Tubo vertical perforado

Vertedero

Anexas

Micropiscina

Rejilla



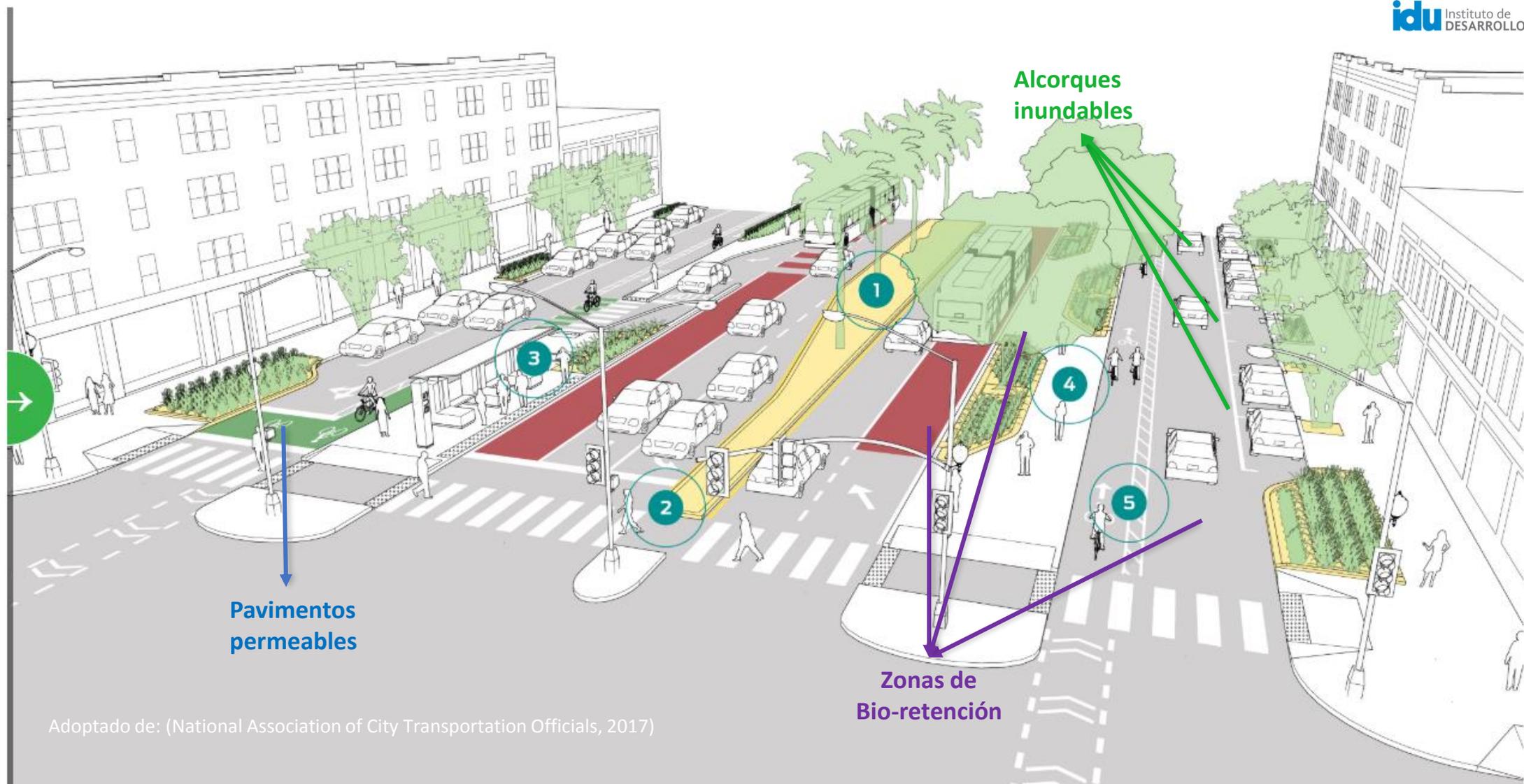
NC Department of Transportation (2014)



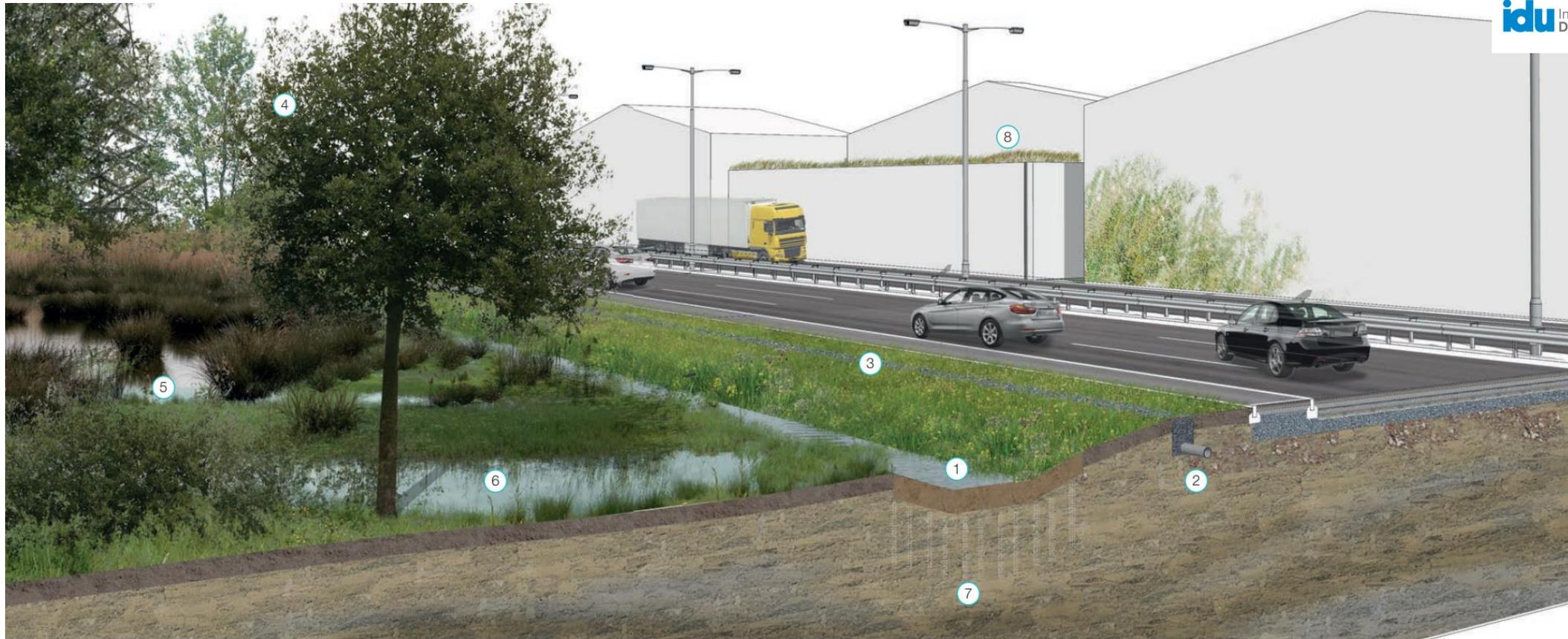
Stormwater Maintenance (2013)

CASFM Stormwater Quality Committee, s.f

Actualizar el concepto de diseño paisajístico

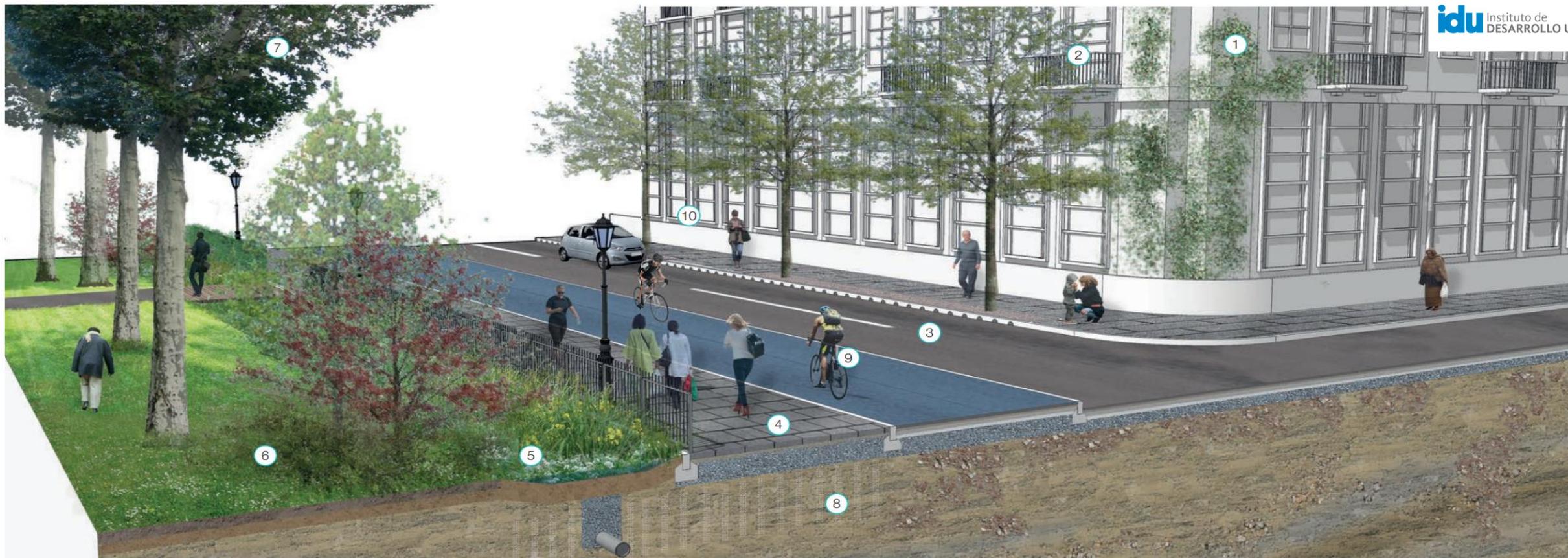


Adoptado de: (National Association of City Transportation Officials, 2017)



Vía con largos y extensos tramos de áreas verdes de separador. Esta área verde tiene alto potencial de incorporar SUDS debido a su amplia área verde superficial disponible. Los SUDS podrían incentivar la creación de hábitats de conexión, mejorando y dándole uso a las áreas adyacentes al corredor vial.

1) Cuneta verde, 2) Drenaje filtrante, 3) Franja filtrante, 4) Cobertura vegetal, 5) Pondaje húmedo, 6) Cuenca de almacenamiento como descarga de excesos, 7) Infiltración natural, 8) Techos verde.



Vía secundaria con mediano y alto tráfico peatonal. Usos de suelo mixto: residencia y comercial, con inclusión de ciclo ruta. Presencia de parques distritales adyacentes.

1) Muro vegetal, 2) Alcorque inundable, 3) Apertura de bordillo, 4) Pavimentos permeables, 5) Cuneta verde con drenaje, 6) Franjas verdes, 7) Arbolado existente, 8) Pavimentos permeables, 9) Ciclo ruta, 10) Bajantes de agua lluvia del edificio. inundables



Zona de alto impacto comercial, centro de negocios y alto tráfico peatonal. Vía principal adyacente con estaciones de buses. Extensas áreas públicas disponibles para analizar viabilidad de SUDS.

1) Cobertura vegetal, 2) Techos verdes en estaciones, 3) Zonas de bio-retención, 4) Áreas impermeables, 5) Pavimento permeable, 6) Capas de drenaje con Geotextil/Geomembrana, 7) Redes secas, 8) Alcorques inundables, 9) Integración con arbolado existente.

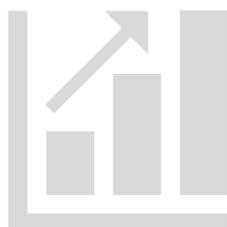


Vía principal multimodal en donde interactúan todos los medios de transporte. Pueden presentarse momentos de congestión, uso de suelo mixto, alto volumen comercial.

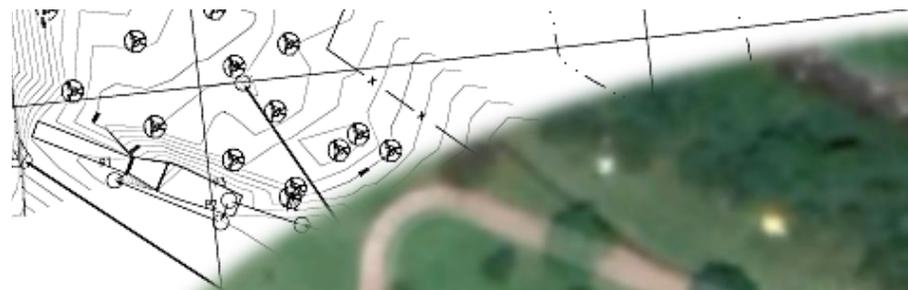
1) Arbolado existente, 2) Alcorque inundable, 3) Techos verdes en estaciones de bus, 4) Pavimento permeable en anden, 5) Alcorque inundable, 6) Pavimentos permeables, 7) Ciclo ruta, 8) Capas de drenaje alcorque inundable, 9) Geotextil/Geomembrana, 10) Túnel metro, 11) Box culvert existente, 12) Redes secas.



AVANCES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS



EJEMPLO: Parque Metropolitano San Cristóbal Sur. Bogotá D.C.



Google



BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS



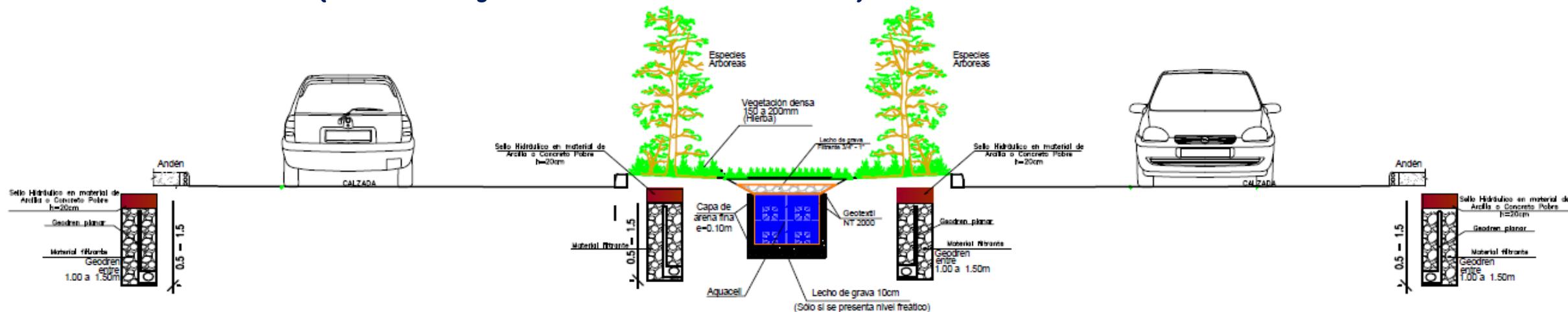
EJEMPLO: Parque Metropolitano San Cristóbal Sur. Bogotá D.C.



Tipología: Cuneta verde (70 m)
y Cuenca seca de drenaje
extendido (CSDE)
1 Tren de SUDS
1 Sumidero intervenido
1,6 Ha de área de drenaje
> 10 árboles beneficiados
188 m³ de almacenamiento por
evento de lluvia

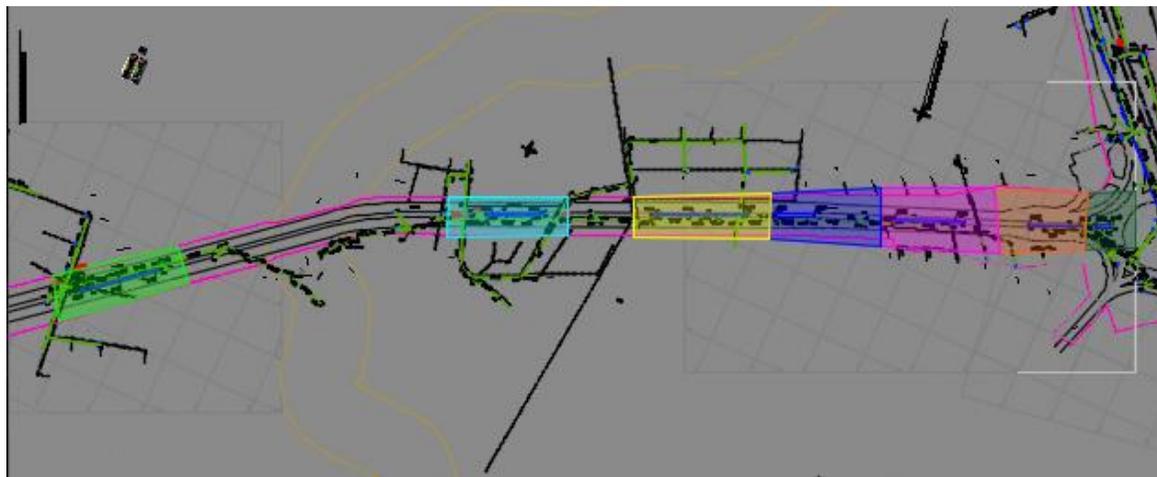
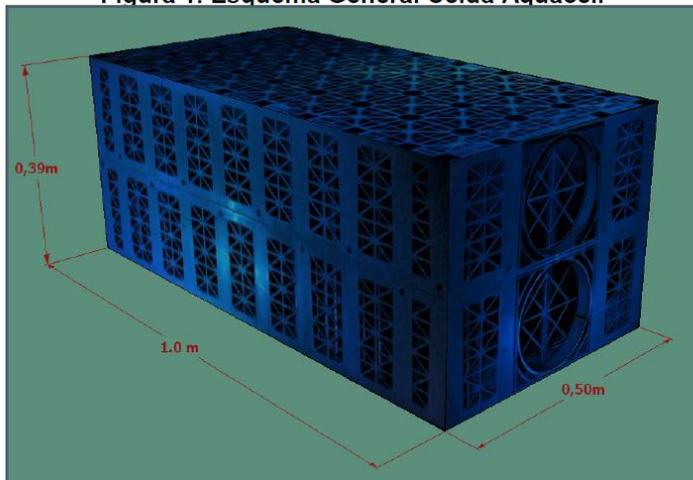
Tomado de: (CIIA, Universidad de los Andes, 2017)

EJEMPLO: AV. BOSA (Av. A. Mejía – Av. Ciudad de Cali)



SECCIÓN DE VIA Y DETALLE GEODREN ESC 1:50

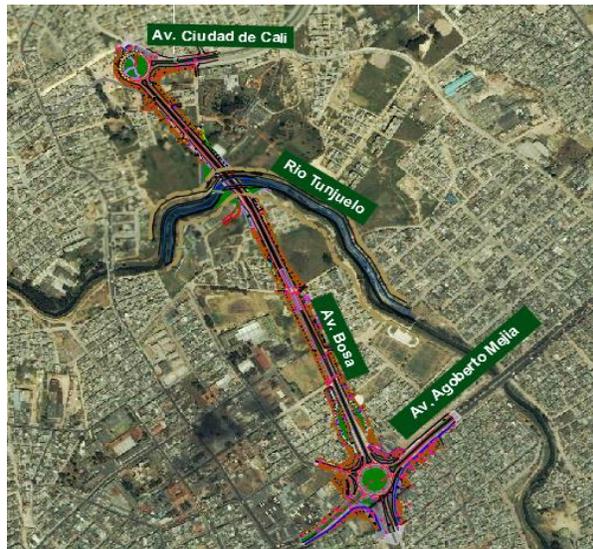
Figura 1. Esquema General Celda Aquacell



Tanque	Área Drenada [m2]
E1	3000,00
E2	5600,00
E3	7500,00
E4	6050,00
E5	6200,00
E6	4900,00
E7	5800,00

Total: 39.050 m²

EJEMPLO: AV. BOSA (Av. A. Mejía – Av. Ciudad de Cali)

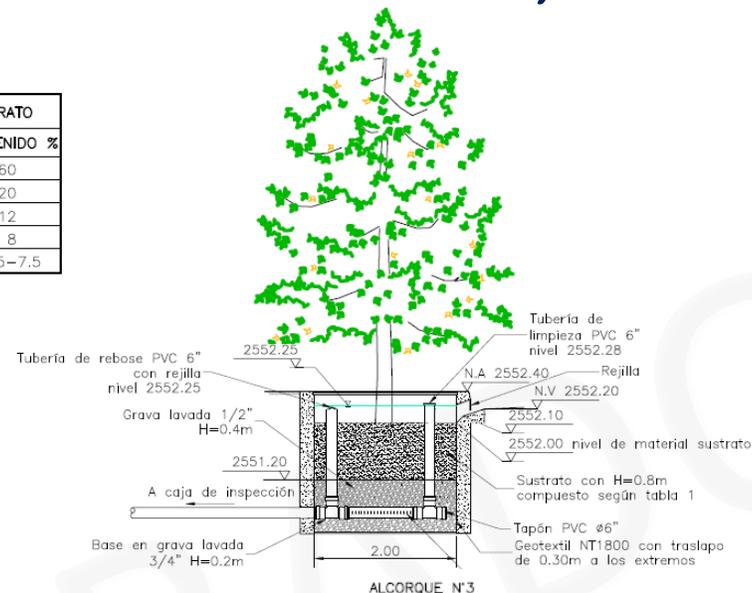
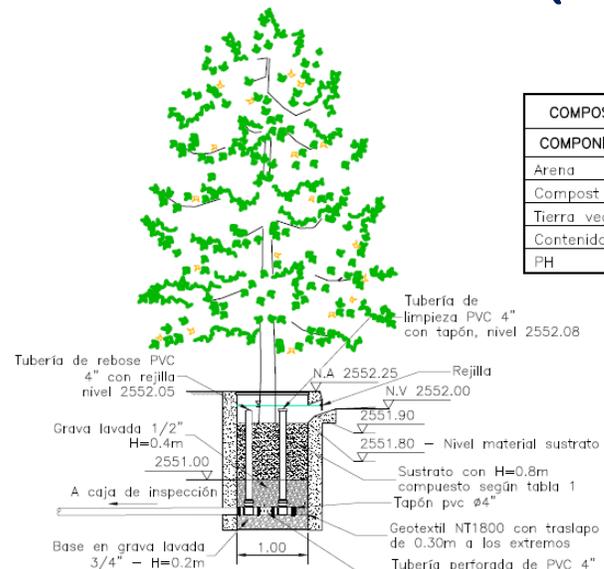


Tipología: Zanjas de infiltración
 1,6 Km de separador vial
 7 tramos
 27 sumideros intervenidos
 25 árboles beneficiados
 6.700 módulos de celdas
 11 Ha de área de drenaje
 450 m³ de almacenamiento por evento de lluvia

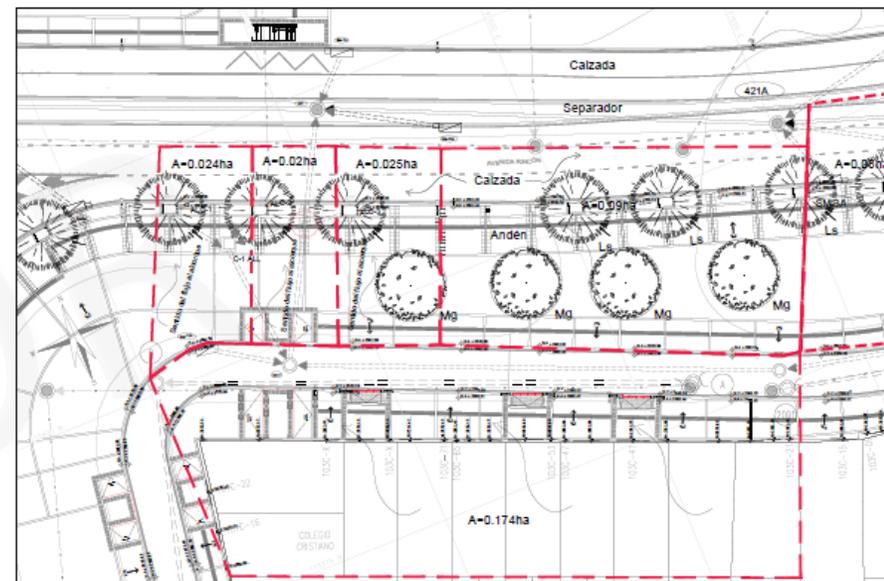


EJEMPLO: AV. Rincón (LA CONEJERA - AV. TABOR)

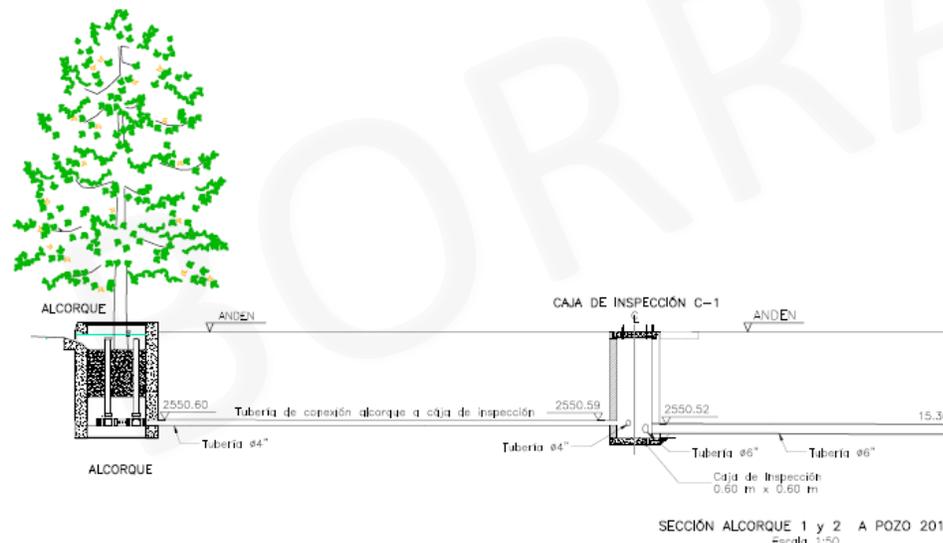
COMPOSICIÓN DEL SUSTRATO	
COMPONENTE	CONTENIDO %
Arena	60
Compost	20
Tierra vegetal	12
Contenido orgánico	8
PH	5.5-7.5



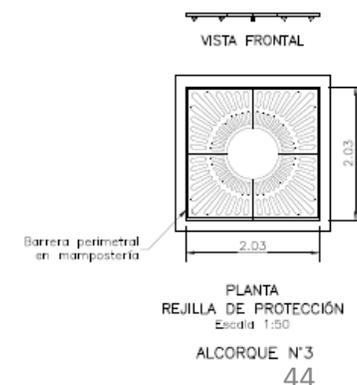
ALCORQUE N°3



PLANTA AREAS DE DRENAJE Esc: 1:250



SECCIÓN ALCORQUE 1 y 2 A POZO 2017 Escala 1:50



EJEMPLO: AV. Rincón (LA CONEJERA - AV. TABOR)



Demolición y Excavación



Construcción de contenedor de raíces , instalación de tuberías verticales, llenado de capas de drenaje

EJEMPLO: AV. Rincón (LA CONEJERA - AV. TABOR)



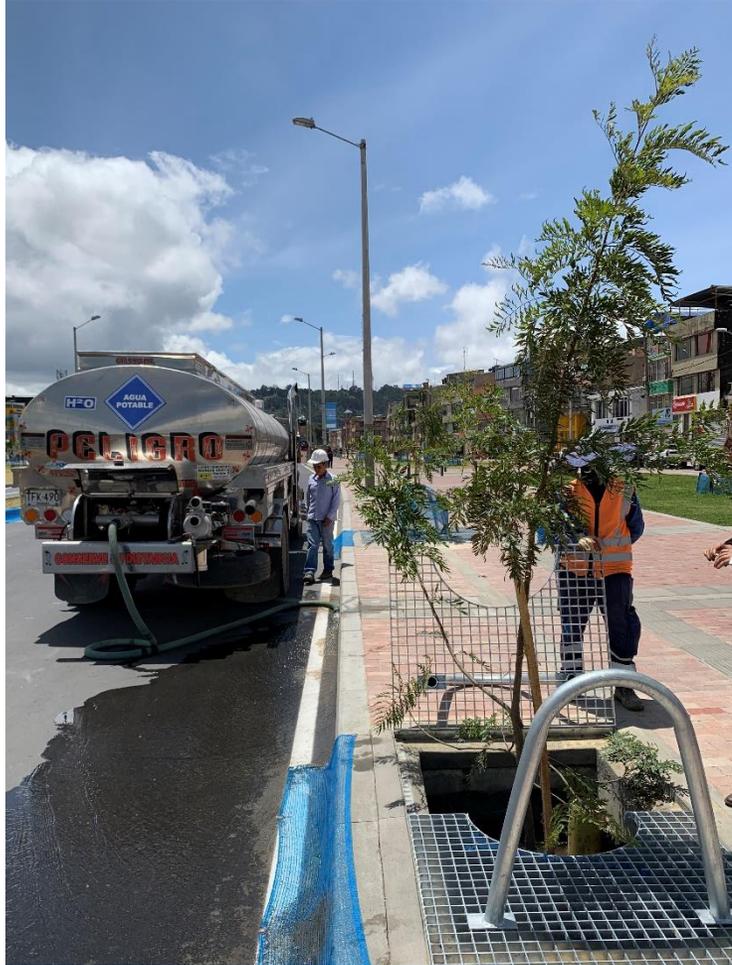
Llenado de sustrato modificado, construcción de caja y vado, y verificación de cotas de nivel

EJEMPLO: AV. Rincón (LA CONEJERA - AV. TABOR)



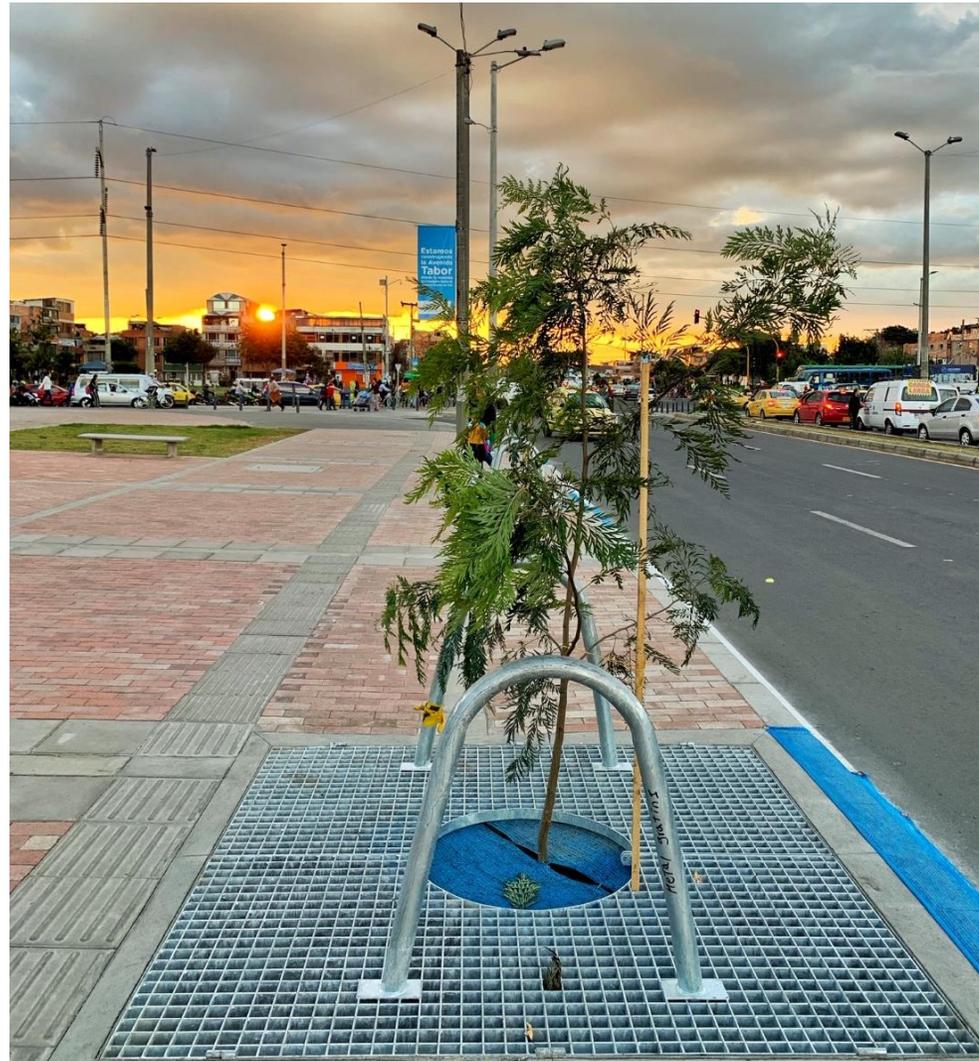
Instalación de rejilla, tubos de agua y siembra de las especie selecciona (Roble Australiano)

EJEMPLO: AV. Rincón (LA CONEJERA - AV. TABOR)



Pruebas de lluvia sintética

EJEMPLO: AV. Rincón (LA CONEJERA - AV. TABOR)



Primeras 3
Tipologías de
Alcorque
inundable en
Bogotá

Tipología: Alcorques
inundables
3 Unidades interconectadas
3 Árboles beneficiados
1 Pozo intervenido
0,16 Ha Área de drenaje
6 m³ de almacenamiento
por evento de lluvia



! MUCHAS GRACIAS !

alejandromartinez@idu.go.co - marthamolina@ambientebogota.gov.co

