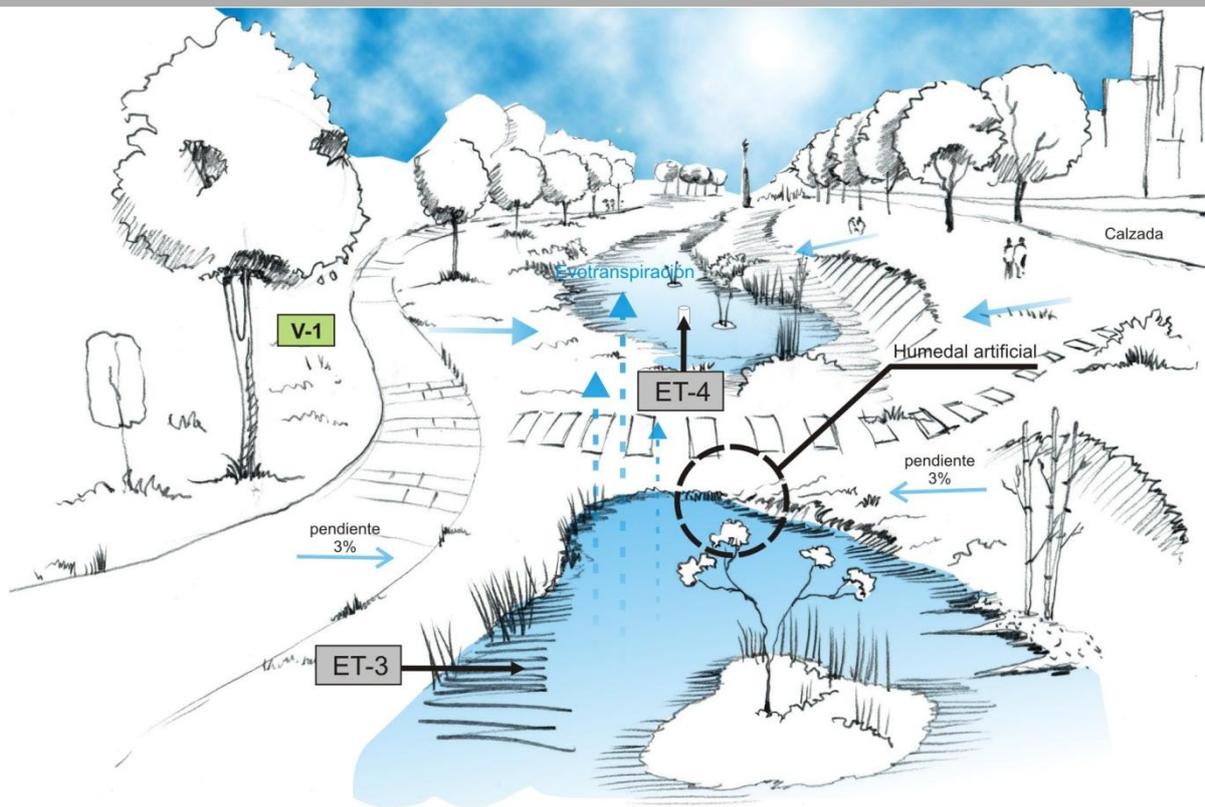


SUBDIRECCIÓN
DE
ECOURBANISMO
Y GESTIÓN
AMBIENTAL
EMPRESARIAL
SEGAE

SISTEMA URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE





SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE
Dr. Juan Antonio Nieto Escalante –Secretario

**SUBDIRECCIÓN DE ECOURBANISMO Y GESTIÓN AMBIENTAL
EMPRESARIAL**

Arq. Juan Manuel Castañeda Vega

DOCUMENTO TECNICO DE SOPORTE DTS

**SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE SUDS PARA EL PLAN
DE ORDENAMIENTO ZONAL NORTE POZN**

Elaboro:

Ing. Martha Patricia Molina León coordinadora
Ing. Leonardo Gutiérrez Profesional contratista SER
Arq. Jaidy Salazar Profesional contratista SEGAE

Diciembre 2011



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 PROBLEMÁTICA EN BOGOTÁ.	6
1.1.1 <i>Antecedentes Históricos.</i>	7
1.2 LOS SISTEMAS CONVENCIONALES.	10
1.3 SISTEMAS NO CONVENCIONALES.	11
1.4 PERTINENCIA DE LOS SISTEMAS NO CONVENCIONALES DE DRENAJE URBANO PARA EL ENTORNO URBANO DE BOGOTÁ.	11
2. OBJETIVO	12
3. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE SUDS	12
3.1 ANTECEDENTES	12
3.1.1 <i>Nacionales</i>	13
3.1.2 <i>Internacionales</i>	13
4. APLICACIÓN DE LOS SUDS EN POZN	15
4.1 CONCEPTUALIZACIÓN Y CONDICIONANTES DE DISEÑO HIDRÁULICO.	15
4.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO CON FINES DE CALIDAD DE AGUA.....	16
4.3 LOS SUDS DEFINIDOS PARA POZN	18
4.3.1 <i>Tanques de almacenamiento de aguas lluvias.</i>	18
4.3.2 <i>Sistemas de Techos Verdes o Cubiertas Vegetalizadas.</i>	19
4.3.3 <i>Drenes filtrantes.</i>	20
4.3.4 <i>Cunetas verdes (Swales)</i>	21
4.3.5 <i>Zonas de bioretención</i>	22
4.3.6 <i>Sumidero tipo alcorque inundable.</i>	25
4.3.7 <i>Superficies permeables.</i>	25
4.3.8 <i>Humedales artificiales</i>	27
5. SISTEMA DE APLICACIÓN DE LOS SUDS EN POZN	29
5.1 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS	30
5.1.1 <i>Sistema de movilidad subsistema vial</i>	30
5.1.1.1 Aplicación en los elementos.....	31
5.1.1.2 Estimación del porcentaje de áreas permeables que serán utilizadas para la implantación de SUDS en el POZ Norte.	32
5.1.1.3 Actuaciones sobre las vías	33
5.1.2 <i>Sistema de espacio público construido: parques y espacios peatonales</i>	35
5.1.2.1 Parques distritales.....	35
5.1.2.1.1 Aplicación en los elementos	35
5.1.2.1.2 Estimación del porcentaje de áreas permeables que serán utilizadas para la implantación de SUDS en el POZ Norte.	36
5.1.2.1.3 Actuaciones sobre los parques	37
5.1.2.2 Espacios peatonales red de andenes para la malla vial intermedia local	38
5.1.2.2.1 Permeabilización de los andenes con superficies permeables	38
5.1.2.2.1 Permeabilización de los andenes con áreas verdes	42
5.1.2.2.2 Actuaciones sobre los Espacios peatonales red de andenes	42
5.2 ESTRUCTURA ECOLÓGICA.....	43
5.2.1 <i>Aplicación en los elementos</i>	43
5.2.2 <i>Medidas de buenas prácticas de restauración de cauces naturales a implantar en POZ Norte.</i>	43
5.3 ESTRUCTURA SOCIO ECONÓMICA Y ESPACIAL, LOS TRATAMIENTOS URBANÍSTICOS Y LAS ÁREAS DE ACTIVIDAD.....	45
5.3.1 <i>Superficies permeables</i>	45



5.3.1.1	Actuaciones sobre las áreas libres.....	46
5.3.2	<i>Cubiertas vegetadas</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
5.3.2.1	Actuaciones sobre las cubiertas vegetadas.....	47
ANEXO 1	.....	48
PERMEABILIZACIÓN DE LOS PERFILES	.....	49
ANEXO 2	.....	54
FICHAS TÉCNICAS	.....	54
DEFINICIONES	.....	82
BIBLIOGRAFÍA	.....	85



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Imágenes

IMAGEN 1 ENCHARCAMIENTO CARRERA 7 CON CALLE 72	8
IMAGEN 2 ENCHARCAMIENTO CARRERA 7 CON CALLE 72	9
IMAGEN 3 ENCHARCAMIENTO AV. BOYACÁ	9
IMAGEN 4 QUEBRADA LA CARBONERA (LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR)	10
IMAGEN 5 BENEFICIOS SUDS	18
IMAGEN 6 TANQUE ALMACENAMIENTO FUENTE: PAVCO.COM.CO	18
IMAGEN 7 TANQUE ALMACENAMIENTO FUENTE: LINEAMIENTOS DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO EAAB	18
IMAGEN 8 TECHO VERDE FUENTE:	19
IMAGEN 9 TECHO VERDE INSTALACIONES DE LA SDA FUENTE: SDA.....	19
IMAGEN 10	19
IMAGEN 11 DREN FILTRANTE VEGETADO EN SEPARADOR	20
IMAGEN 12 DREN FILTRANTE CON CAPAS GRANULARES FUENTE: LINEAMIENTOS DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO EAAB	20
IMAGEN 13 CUNETAS VEGETADAS FUENTE: HTTP://GUIAVERDEMEX.BLOGSPOT.COM/2010/02/DE-AZOTEAS-VERDES.HTML ..	22
IMAGEN 14 CUNETAS VEGETADAS FUENTE: LINEAMIENTOS DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO EAAB.....	22
IMAGEN 15 ZONA DE BIORRETENCIÓN FUENTE CARTILLA DE ARBORIZACIÓN.....	23
IMAGEN 16 ZONA DE BIORRETENCIÓN FUENTE: LINEAMIENTOS DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO EAAB.....	23
IMAGEN 17 ALCORQUE INUNDABLE CON BASE FUENTE WWW.FILTERRA.COM.....	25
IMAGEN 18 PONDAJE HÚMEDO VEGETADO HTTP://GAELI.WORDPRESS.COM/CONTAMINACION-DEL-AGUA-POTABLE/	27
IMAGEN 19 HUMEDALES ARTIFICIALES FUENTE: LINEAMIENTOS DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO EAAB.....	27
VER IMAGEN 20 MODELO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ D.C. FUENTE CONSULTORÍA ACUEDUCTO 2011.....	29

Tablas

TABLA 1 COMPOSICIÓN TÍPICA GRANULAR PARA ZONAS DE BIORRETENCIÓN FUENTE CIRIA 2007.....	24
TABLA 2 RELACIÓN GRANULOMÉTRICA PARA ZONAS DE BIORRETENCIÓN FUENTE CIRIA 2007.....	24
TABLA 3 CATEGORÍAS SUPERFICIES PERMEABLES FUENTE CON BASE CARTILLA DE ARBORIZACIÓN ELABORACIÓN PROPIA	27
TABLA 4 PERFILES VIALES PARA POZN FUENTE: DECRETO 043.....	31
TABLA 5 ELEMENTOS QUE COMPONEN LOS PERFILES VIALES ELABORACIÓN PROPIA CON BASE CARTILLA DEL ESPACIO PÚBLICO	31
TABLA 6 PORCENTAJE PARA LOS ELEMENTOS DE LOS PERFILES VIALES ELABORACIÓN PROPIA	32
TABLA 7 PORCENTAJES DE ÁREAS PERMEABLES PARA LOS SUDS EN LOS PERFILES VIALES ELABORACIÓN PROPIA ..	33
TABLA 8 PARQUES DEFINIDOS PARA POZN	35
TABLA 9 PORCENTAJE DE PERMEABILIZACIÓN PARA LOS PARQUES ELABORACIÓN PROPIA	36
TABLA 10 PORCENTAJES DE ÁREAS PERMEABLES PARA LOS SUDS EN PARQUES ELABORACIÓN PROPIA	37
TABLA 11 PUNTOS DE DESCARGA FUENTE: CON BASE EN CONSULTORÍA ACUEDUCTO ELABORACIÓN PROPIA	44
TABLA 12 TIPOS DE SUDS Y PORCENTAJES DE APROVECHAMIENTO EN LAS ÁREAS DE ACTIVIDAD	45

Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 TÉCNICAS PARA LA APLICACIÓN DE SUPERFICIES PERMEABLES	40
ILUSTRACIÓN 2 RELACIÓN IMPERMEABLE-PERMEABLE FUENTE: CARTILLA ARBORIZACIÓN SDA	41
ILUSTRACIÓN 3 PERMEABILIZACIÓN CON ÁREAS VERDES FUENTE: CARTILLA ARBORIZACIÓN SDA	42



1. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA EN BOGOTÁ.¹

Bogotá se localiza dentro de la zona de confluencia intertropical la cual cruza la ciudad dos veces al año, situación que influye en el comportamiento de las lluvias produciendo dos épocas de lluvias que popularmente se denominan invierno. La primera se presenta en los meses de marzo, abril y mayo, y la segunda en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Especialmente hablando, la precipitación se caracteriza por valores medios que oscilan de 69 mm en la localidad de Bosa, al occidente, mientras que los valores medios alcanzan los 142 mm en el sector de Torca, al norte de la ciudad.²

Conforme a lo anterior, una de las problemáticas más importantes que tiene la ciudad de Bogotá es la amortiguación de aguas lluvias en el espacio público, sobre todo en los periodos de precipitación, debido a que el rápido desarrollo urbano ha generado la impermeabilización de la ciudad teniéndose pocas coberturas vegetales que ayuden a interceptar el agua lluvia.

Así, es frecuente ver los sistemas de drenaje desbordados en tiempos de lluvia debido a los grandes volúmenes de agua pluvial que se reciben provenientes de las zonas urbanas impermeables, sobrepasando en muchas ocasiones la capacidad de los colectores y generando lo que en los últimos años se ha vuelto repetitivo en cada temporada invernal: inundaciones y encharcamientos en las vías y espacio público.

Por lo tanto, a continuación se explicara el contexto en lo que se ha convertido la escorrentía superficial y la generación de grandes caudales punta en la ciudad.

1.1.1 Impermeabilización de la ciudad versus Inundaciones³

En los últimos años, debido al rápido desarrollo urbano, los sistemas de drenaje urbano que forman parte del sistema de saneamiento de cualquier ciudad se ha visto sobrepasados en capacidad en tiempo de lluvias debido a la gran cantidad de agua pluvial que estos reciben procedentes de zonas urbanas impermeables. En este proceso de endurecimiento, se han dejado de lado coberturas vegetales que interceptan la lluvia por tejados y suelos impermeables, las cuales se caracterizan por tener un umbral de escorrentía muy bajo.

Conforme a lo anterior, la precipitación se ha transformado en su mayor parte en escorrentía superficial que se concentra rápidamente originando grandes caudales punta, en comparación con las zonas naturales no urbanizadas en donde apenas se

¹ Informe FOPAE <http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/fopae/inundaciones/general>

² Caracterización climática de Bogotá IDEAM.

³ Rodriguez. J (2008). Tesis doctoral Universidad de Cantabria.



produce escorrentía subsuperficial gracias a procesos tales como la infiltración, el almacenamiento superficial o subterráneo, la evapotranspiración o la evaporación.

Por tanto, en las zonas urbanas el hidrograma de escorrentía de una lluvia dada es totalmente distinto al que se produce en una zona natural de la misma área. La principal diferencia es el caudal punta que se genera en muy poco tiempo debido al mayor porcentaje de superficie impermeable. La gestión de estos picos para evitar daños en las ciudades motiva la construcción de sistemas de drenaje de gran tamaño con el fin de mitigar y controlar los problemas asociados con ellos.

Esta mejoras en los sistemas de drenaje urbano convencional son continuas: construcción de mayores tanques de tormenta, automatización de las conexiones, control en tiempo real, etc; y sin embargo, se continúa con el desarrollo de nuevas zonas impermeables de las ciudad en donde se conectan los nuevos desarrollos al colector de la red de drenaje más cercano, sumando volúmenes de agua una y otra vez hasta llegar a sobrepasar las capacidades de colectores principales, tanques de tormenta y plantas depuradoras existentes.

Así, a pesar de las importantes inversiones para mejorar los sistemas de drenaje urbano, los problemas relacionados con la cantidad de escorrentía superficial siguen produciendo importantes pérdidas económicas e incluso pérdidas humanas. La concentración rápida del agua de lluvia en un punto requiere la construcción de colectores de dimensiones tan grandes como túneles de metro. Además, las lluvias torrenciales muestran sin piedad los caminos de drenaje y las zonas de inundación naturales, sin importar si se han construido campings o edificios en ellas. Todo ello hace que cada año surjan nuevas noticias en los medios de comunicación asociadas a inundaciones, deslizamientos, desbordamientos, riadas, etc.; todos ellos problemas debidos a una excesiva cantidad de agua de lluvia sin una adecuada gestión de zonas urbanizadas.⁴

1.1.2 Antecedentes Históricos en la ciudad de Bogotá.

En los últimos 30 años, Bogotá ha sufrido grandes inundaciones producidas por el desborde de ríos que afectaron la normalidad cotidiana de los habitantes y que produjeron grandes pérdidas económicas.

- Noviembre de 1979, el río Bogotá se desborda cerca de la desembocadura del río Fucha, afectando principalmente el barrio Patio Bonito de la localidad de Kennedy.
- La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) realizó obras de mitigación que correspondían al mejoramiento de los jarillones en ambas márgenes del río Bogotá y la ampliación de su cauce. Es de anotar que la CAR adoptó los diseños de protección contra eventos hidrológicos que tenía período de retorno apenas de 25 años acogiéndose al Acuerdo No. 33 de 1979 sobre

⁴ Rodríguez. J (2008). Tesis doctoral Universidad de Cantabria.



uso del suelo, donde se establece que las márgenes del río en la zona de la ciudad deberán tener solamente uso agropecuario.

- Las obras hechas por la CAR no se ajustaron exactamente a los diseños, y como consecuencia, los niveles de protección conseguidos después de la ejecución de las obras fueron menores a los que se tenían proyectados y que corresponde a crecientes con períodos de retorno menores de 1 en 10 años (Estudio del Plan Maestro de Alcantarillado realizado para la EAAB en 1985).
- En mayo 14 de 1996, el barrio San Benito de la localidad de Tunjuelito a orillas del río del mismo nombre sufrió inundaciones inicialmente por reflujos de los sistemas de alcantarillado del barrio, y luego por el desborde del río Tunjuelo debido a la rotura del jarillón cerca de la desembocadura de la quebrada La Chiguaza.
- En Marzo 10 de 2008, la Avenida Caracas con Calle 26 se inunda. Este sector aparece identificada como una zona crítica por la Unidad de Emergencias, por ser un lugar con un alto porcentaje de basuras en su alcantarillado, lo que no permite que las aguas se evacúen rápido⁵.



Imagen 1 Encharcamiento Av.caracas con calle 26 fuente: www.elespectador.com

⁵ <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo-plan-de-emergencia-bogota-no-se-vuelva-inundar>



- Abril 2 de 2011 encharcamiento Carrera séptima con calle 72.



Imagen 2 Encharcamiento carrera 7 con calle 72 Fuente: www.elespectador.com

- Noviembre 24 de 2010 Av. Boyacá con aproximaciones a la calle 85, desbordamiento del canal Juan Amarillo.



Imagen 3 Encharcamiento Av. Boyacá Fuente: www.eltiempo.com

Como podemos ver, en la ciudad se producen periódicamente inundaciones menores o encharcamientos a causa de la insuficiencia de los sistemas de alcantarillado con respecto al agua pluvial que debe ser evacuada.



1.1.3 Calidad del agua

Durante los eventos de precipitación, la contaminación acumulada en la superficie durante el tiempo seco es lavada y arrastrada hacia la red de colectores. El efecto del lavado de los sedimentos que durante el tiempo seco se han ido depositando en la red genera un alto impacto de contaminación sobre los medios receptores generando deterioro (ver figura siguiente). Por lo tanto, la problemática de la contaminación en la escorrentía urbana y de su vertido directo al medio natural es una cuestión grave que merece la misma atención que en su día requirió el tratamiento de las aguas residuales.



Imagen 4 Quebrada La Carbonera (localidad Ciudad Bolívar) Fuente:Informe FOPAE
<http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/fopae/inundaciones/general>

1.2 Los sistemas convencionales.⁶

El desarrollo urbano con base en sistemas convencionales conlleva una serie de impactos que generan a su vez efectos negativos sobre las masas receptoras. Por una parte, el crecimiento de las zonas impermeables en las ciudades modifica los flujos naturales del ciclo hidrológico, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. El aumento de la impermeabilidad redundará en una reducción de la infiltración. Como consecuencia de todo ello, se generan volúmenes de escorrentía netamente mayores y además, se aceleran los tiempos de respuesta, por lo que aumentan el riesgo de inundaciones.

Por otro lado, el uso de sistemas convencionales están asociados con problemas de calidad de agua, ya que las actividades humanas generan, tanto en la atmósfera como en la superficie de las cuencas urbanas una amplia gama de contaminantes: sedimentos, materia orgánica, nutrientes, hidrocarburos, elementos patógenos (bacterias y virus), metales y pesticidas. El origen de esta contaminación corresponde

⁶ Ayuntamiento de Madrid. Buenas prácticas en arquitectura y urbanismo para Madrid. Julio 2009



a zonas muy amplias y de difícil acotación, por lo que se habla de contaminación difusa.

El impacto en el medio receptor de escorrentías asociadas con el lavado de los contaminantes antes expuestos degenera problemas graves en la calidad de agua del cuerpo receptor tales como la caída del oxígeno disuelto (que puede provocar la mortandad de especies y la reducción de la oxidación natural de elementos tóxicos), el incremento de las concentraciones de nutrientes (con el consiguiente riesgo de eutrofización), la contaminación con agentes patógenos (que pueden derivar en problemas de salud pública, por ejemplo, en el agua de baño), o la acumulación de elementos tóxicos (que pueden tener consecuencias en la cadena trófica).

1.3 Sistemas no convencionales.⁷

Uno de los problemas que más preocupa a nuestra sociedad en estos momentos es la disponibilidad de agua potable y la degradación de los ecosistemas. Instituciones de algunos de los países más avanzados del mundo vienen reconociendo en los últimos años los múltiples beneficios derivados de afrontar la gestión del agua lluvia desde una perspectiva alternativa a la convencional, tendiendo hacia un desarrollo sostenible. De este modo emergen con fuerza los **Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS)**, también conocidas como BMP's (Best Management Practices), cuya filosofía consiste en reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. *Su objetivo es mitigar tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales de las actuaciones programadas.*

1.4 Pertinencia de los Sistemas no convencionales de drenaje urbano para el entorno urbano de Bogotá.

En la actualidad está ampliamente reconocido a nivel mundial que se necesita un cambio en la manera de gestionar el agua de lluvia en entornos urbanos. No es suficiente con proteger la ciudad contra inundaciones, si no que se ha de tener en cuenta el efecto que la escorrentía generada y transportada aguas abajo produce en el medioambiente, junto con los múltiples efectos colaterales que conlleva, y que afectan incluso a lugares situados a grandes distancias del punto de origen. Por otro lado, comienzan a ser notables las consecuencias del cambio climático, de manera que se comienza a sentir la necesidad de darle usos alternativos al agua lluvia, y comenzar a contabilizar este imprescindible recurso natural como un elemento más a tener en cuenta dentro de la gestión hídrica.

⁷ Con base en Ayuntamiento de Madrid. Buenas prácticas en arquitectura y urbanismo para Madrid. Julio 2009



2. OBJETIVO

Con la adopción de los sistemas urbanos de drenaje sostenible, de ahora en adelante denominados SUDS, se busca la introducción de una nueva conceptualización de la forma como tradicionalmente se hace el manejo de la escorrentía pluvial, en la cual predominan los criterios de captación a través de medidas estructurales tales como sumideros, colectores y canales sin involucrar como una variable significativa la calidad de agua de la escorrentía. Es precisamente éste el principal objetivo que se permite a través de la adopción de estos sistemas de drenaje: la mejora de las condiciones de calidad de agua a través de la remoción de la mayor parte de la carga de sólidos suspendidos, así como el aprovechamiento del tránsito de la escorrentía por medios granulares para la remoción de la mayor cantidad posible de contaminantes solubles e insolubles, principalmente de aquellos presentes en las aguas de primer lavado de superficies impermeables.

Por otro lado, los SUDS propenden por la disminución del volumen de escorrentía que genera la urbanización del territorio al tratarse de sistemas que disminuyen la proporción de las superficies impermeables y propenden por la captación o el almacenaje de la escorrentía alargando el tiempo que le toma a la escorrentía alcanzar los colectores o canales pluviales disminuyendo así los picos de las crecientes. Por otro lado, con la implementación de estas nuevas tecnologías, se busca potencializar su uso desde el punto de vista paisajístico y ecológico.

3. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE SUDS.

3.1 ANTECEDENTES

Para conocer a profundidad el marco conceptual, técnico y metodológico con el que se ha trabajado el actual documento técnico de soporte es preciso empezar por conocer los estudios y avances realizados en el contexto nacional e internacional en el tema de los Sistemas urbanos de Drenaje Sostenible SUDS, que emergen con mucha fuerza en diferentes países con amplios antecedentes, a diferencia del nivel nacional en donde hasta ahora se empieza a tener en cuenta estas tecnologías como parte de la solución para el manejo de la escorrentía pluvial.

De acuerdo a esto se desarrollara una descripción de los estudios consultados.



3.1.1 Antecedentes nacionales

En el ámbito nacional se desarrolla un primer estudio en cuanto al tema de los SUDS en el documento en referencia consultoría realizada para la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá:

CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 1-02-25500-0626-2009

Consorcio borde norte Bogotá

LINEAMIENTOS PAISAJÍSTICOS

SUBPRODUCTO 4.1.15

Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del borde norte de la ciudad de Bogotá

Este documento es la línea base para el documentó técnico de soporte actualmente desarrollado.

Dicha consultoría aborda de manera conceptual el tema de los SUDS, el cual corresponde a un nivel de “Factibilidad” y aclara que es responsabilidad de la Entidad Contratante, y en especial para los productos de diseños básicos, diseños conceptuales y lineamientos, desarrollar posterior a la presente etapa los diseños definitivos para construcción de la infraestructura de Acueducto y Alcantarillado y Sistema de Drenaje Pluvial y demás obras o intervenciones requeridas para el desarrollo del proyecto en todos sus aspectos.⁸

Por otro lado, la normatividad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá reconoce los SUDS como un sistema que presenta ventajas sobre los sistemas convencionales. En particular, la norma técnica NS-085 establece que éstos son:

“Son el conjunto de soluciones que se adoptan en un sistema de drenaje urbano con el objeto de retener el mayor tiempo posible las aguas lluvias en su punto de origen sin generar problemas de inundación, minimizando los impactos del sistema urbanístico en cuanto a la cantidad y calidad de la escorrentía y evitando así sobredimensionamientos o ampliaciones innecesarias en el sistema. La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana”.

3.1.2 Antecedentes internacionales

En otras latitudes, los sistemas urbanos de drenaje sostenible están concebidos como un componente integral dentro de la concepción del manejo de la escorrentía que se genera dentro de los procesos de urbanización. Esta filosofía de manejo consiste en buscar reproducir con la mayor fidelidad posible las características del ciclo hidrológico

⁸ Documento Consultoría SUBPRODUCTO 4.1.15



natural presente en la zona a desarrollar una vez el proceso de urbanización haya tenido lugar. Más en detalle, las regulaciones establecidas en muchas regiones del mundo establecen que una vez se adelanta el proceso de urbanización, los caudales provenientes de escorrentía pluvial que deben entregarse en los cuerpos de agua receptores no deben exceder los caudales que generaba originalmente la zona desarrollada en sus condiciones de pre desarrollo.

Esta filosofía de diseño es la que obliga a la implantación de sistemas de detención de las aguas lluvias, como por ejemplo los sistemas de pondaje, con el objetivo específico de disminuir picos de caudal de las zonas urbanizadas hasta los valores naturalmente generados antes de su urbanización. Nótese entonces como la necesidad de utilizar sistemas de detención se hizo fundamentalmente con el objetivo claro de disminuir la posibilidad de tener inundaciones causadas por el cambio en la permeabilidad de las superficies.

No obstante, la implementación de estos criterios de detención de la escorrentía generada permitió con el paso de tiempo descubrir sus ventajas con respecto a su capacidad para remover contaminantes. Esta capacidad está asociada a la sedimentación del material particulado proveniente del lavado de superficies, a diversos procesos de remoción de contaminantes a través de la vegetación utilizada con fines paisajísticos, y a la capacidad natural de infiltración de los suelos en los que se construyen estos sistemas.

Con esto en mente, los objetivos encontrados con los sistemas de detención se han ido progresivamente ampliando hacia otras tecnologías alternativas, tales como la bioretención, el filtrado de aguas lluvias y la implantación de humedales artificiales en donde, como siempre, se busca cumplir simultáneamente con los objetivos de mitigación de picos de crecienta y mejorar la calidad del agua de la escorrentía. No obstante, la adopción de criterios con fines de diseño y regulación de las diferentes tipologías de SUDS por parte de diferentes entidades ambientales y territoriales se ve claramente influenciada por el nivel de conocimiento que se tenga de su desempeño real.

Es así como por ejemplo, la implantación de SUDS en el Reino Unido, tal y como lo presenta CIRIA⁹, no hace explícitamente exigible una determinada calidad de agua de las aguas afluentes de los sistemas SUDS, mientras que las regulaciones de varios estados de los Estados Unidos sí lo hacen. Por ejemplo, el estado de Virginia especifica dos niveles de diseño de los sistemas de bioretención en función del porcentaje buscado de reducción de la escorrentía que llega al SUDS y de las tasas de remoción de nutrientes que se deseen en las aguas pluviales,¹⁰ mientras que el estado de Carolina del Norte, define diferentes tipologías de SUDS a seleccionar en función de sus ya conocidas tasas de remoción de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) y sólidos suspendidos¹¹. Este estado en particular presenta metodologías ya definidas

⁹ Construction Industry Research and Information Association CIRIA. The SUDS manual. Londres, 2007. ISBN 978-0-86017-697-8 Página 4-24.

¹⁰ Virginia Department of Conservation and Recreation. Stormwater Design Specification No. 9, 2011.

¹¹ North Carolina Department of the Environment and Natural Resources. Stormwater best management practices design manual. Julio, 2007.



para verificar el dimensionamiento de SUDS propuestos con el fin de verificar sus tasas esperadas de remoción de contaminantes.

Con esto en mente, la adopción de SUDS en el medio colombiano deberá necesariamente pasar por la adaptación de las tecnologías ya utilizadas en otras partes del mundo a nuestras condiciones locales con el fin de evolucionar con el tiempo hacia una normatización técnica propia que involucre la especificación a utilizar en temas tales como, la composición granulométrica de los medios filtrantes, su profundidad, configuración de drenaje, vegetación a utilizar y necesidades de mantenimiento, temas que hoy en día aún son también objeto de debate en otras partes del mundo.

4. APLICACIÓN DE LOS SUDS EN POZN

4.1 CONCEPTUALIZACIÓN Y CONDICIONANTES DE DISEÑO HIDRÁULICO.

Dadas las condiciones de suelos existentes en el POZ Norte, caracterizados por arcillas plásticas de muy baja permeabilidad, la conceptualización de los SUDS para esta parte de la ciudad busca utilizar estos sistemas fundamentalmente como sistemas que permitan la retención y mejora de la calidad del agua asociada con los eventos de precipitación más recurrentes en aquellas zonas en donde se implementen. Estos sistemas se buscan introducir en la ciudad siguiendo las tendencias mundiales de la ingeniería, en donde día a día han comenzado a primar criterios de sostenibilidad ambiental y de mejora de las condiciones de calidad de agua de la escorrentía, con miras a contar con una mejor calidad de los cauces, ríos y canales en donde finalmente se descargan las aguas lluvias provenientes de zonas urbanizadas.

Con la adopción de estos sistemas en la ciudad de Bogotá, y en particular como una condicionante de los sistemas pluviales a concebir e implementar en el desarrollo urbano de Bogotá, se busca ser pioneros en la adopción de dichas prácticas en la ciudad, en un proceso en el que no sólo se busca obtener una ganancia en la calidad del agua lluvia, sino la generación de conocimiento local que permita el propio desarrollo local a futuro de éstas tecnologías. Su adopción y implementación exitosa sólo se logrará a través de un programa de monitoreo conjunto entre los diferentes actores que se verán involucrados en su puesta en marcha, y que permita evaluar y ajustar con el paso del tiempo su desempeño real.

No obstante, la adopción de los SUDS en la ciudad debe hacerse atendiendo ante todo a las restricciones propias que imponen las condiciones locales. Es así como dadas las condiciones de permeabilidad propias de los suelos del norte de la ciudad, caracterizados por la presencia de arcillas plásticas de muy baja permeabilidad, los sistemas de SUDS a implementar no contemplan en principio la adopción y desarrollo de sistemas basados en la capacidad de infiltración de los suelos. Así tecnologías ampliamente desarrolladas en otros países tales como los pavimentos permeables, las zanjas y los cuencos de infiltración no se plantean inicialmente como tecnologías aplicables al caso Bogotano. No obstante, en casos particulares en donde éstos pudieran implantarse, tal decisión deberá basarse en un detallado análisis técnico que permita establecer con certeza su factibilidad técnica.



Además, con la conceptualización de la adopción de los SUDS en Bogotá se busca la implementación de sistemas que no afecten las condiciones de desempeño de los suelos de ciudad y que no afecten su estabilidad. Así, los sistemas a adoptar deberán concebirse y construirse como sistemas en donde será obligatoria la utilización de medidas que aislen el sistema SUDS del restante suelo circundante y que permitan garantizar su estabilidad. Asimismo, se exigirá la presencia de tuberías de drenaje al interior del SUDS que evacuarán la escorrentía captada a través cada sistema empleado hacia las redes locales de alcantarillado pluvial. Los diseñadores de los sistemas verificarán que los niveles del agua esperados para los reboses de los sistemas de exceso no generen inundación ni en las vías ni es el urbanismo circundante.

Por último, la conceptualización de los SUDS en Bogotá se hace considerando la adopción inicial de estos sistemas como sistemas de filtrado y de detención de la escorrentía con fines de calidad de agua, y como tal, deberán ser inicialmente concebidos. Si bien son conocidas a nivel internacional las ventajas que tienen los SUDS para mejorar las condiciones de calidad de agua lluvia, y en particular aquellas asociadas con las aguas de primer lavado, sus eficiencias de remoción de contaminantes son el producto de un largo monitoreo de la operación de los sistemas en funcionamiento, o bien, el resultado de investigaciones adelantadas en la materia por parte de la academia. Por lo tanto, no se especifican acá eficiencias de remoción de contaminantes con las que los sistemas a implementar deban cumplir.

4.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO CON FINES DE CALIDAD DE AGUA.

Desde el punto de vista del futuro dimensionamiento de los SUDS, la primera pregunta que debe responderse es la siguiente: ¿cuál debe ser el volumen de escorrentía que debe ser capturado a través de los SUDS con fines de mejorar la calidad de agua de los cuerpos receptores? La respuesta difiere según las regiones del mundo en donde se hayan incorporado estas prácticas. Por ejemplo, la práctica británica define el volumen de agua con fines de calidad de agua que debe tratarse como el volumen de agua correspondiente con la escorrentía que se genera para los primeros 10 a 20 mm de precipitación, independientemente de la duración del evento de lluvia¹².

La práctica en ciertas partes de los Estados Unidos, por otra parte, busca que la escorrentía que sea conducida a través de los SUDS (o Low Impact Development Practices) corresponda con la escorrentía generada para el percentil correspondiente al 90 % de todos los eventos de precipitación¹³. Este límite corresponde en general con tormentas con periodos de retorno entre 1 y 2 años. Por lo tanto, los SUDS se

¹² Construction Industry Research and Information Association CIRIA. The SUDS manual. Londres, 2007. ISBN 978-0-86017-697-8 Página 4-24.

¹³ Center for watershed protection CWP. Technical memorandum: The runoff reduction method. Ellicot City MD, 2008. Página 14.



dimensionan para captar los caudales asociados con curvas Intensidad – Duración - Frecuencia con periodos de retorno asociados entre 1 y 2.33 años.

Con el fin de establecer un criterio de diseño para la ciudad de Bogotá, y en particular para la zona definida como POZ Norte, se consultó el informe hidrológico de carácter regional (producto 4.1.3) elaborado por la EAAB dentro de la consultoría No 1-02-25500-626-2009 (Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del borde norte de la ciudad). Dicho estudio determina la precipitación máxima en 24 horas que se presenta para diferentes periodos de retorno en la zona definida para el POZ Norte.

Como conclusión de dicho estudio, se determina que la precipitación máxima en 24 horas que se presenta asociada al periodo de retorno de 2 años es ligeramente menor a 50 mm de precipitación total¹⁴, correspondiendo esta cantidad con aproximadamente el 50% de la precipitación esperada para el periodo de retorno de 100 años. Así, como lineamiento de diseño, se determina que los SUDS a desarrollar dentro del polígono definido para el POZ Norte deberán transitar con fines de calidad de agua todas las aguas lluvias asociadas con eventos de precipitación que generen una lámina de agua por debajo de 50 mm. Esto quiere decir, equivalentemente, que se circulará a través de SUDS toda la escorrentía que esté asociada con un periodo de retorno de 2 años, o menor. La escorrentía generada por eventos de precipitación asociados con un periodo de retorno mayor al anterior se evacuará a través de tuberías de excesos incorporadas como parte integral del diseño y construcción de éstos nuevos sistemas.

La determinación de los caudales con fines de diseño de estos sistemas podrá entonces hacerse utilizando el método racional utilizando las curvas Intensidad – Duración - Frecuencia con periodo de retorno de 2 años, o por medio de metodologías más específicas que incorporen las características de impermeabilidad de los suelos y sus condiciones antecedentes de humedad a través del método del número de curva, tal y como lo presenta la metodología del TR-55.¹⁵ En caso que se opte por dimensionar los sistemas utilizando curvas IDF y bajo la obtención y tránsito de hidrogramas de tormenta, la duración de la tormenta de diseño podrá tomarse igual a tres horas. Este valor es tomado del estudio de hidrología de carácter regional para el POZ Norte, elaborado por la EAAB antes citado, en donde se cita que dicha duración puede tomarse como típica para proyectos ubicados en la Sabana de Bogotá.

¹⁴ Estudio hidrológico de carácter regional para el POZ Norte. EAAB 2011 (producto 4.1.3), Bogotá, página 11.

¹⁵ Urban Hydrology for Small Watersheds Technical Report 55. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Washington D.C., 1986.



4.3 LOS SUDS DEFINIDOS PARA POZN

A continuación se presentan las tipologías de SUDS que las cuales se propone su adopción en el medio bogotano, atendiendo a las condicionantes antes citadas con miras a su adopción.

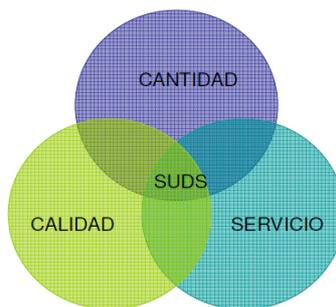


Imagen 5 Beneficios SUDS

4.3.1 Tanques de almacenamiento de aguas lluvias.

Este tipo de SUDS es el más sencillo de todos. Consiste simplemente en la construcción de tanques enterrados o no que permitan la captación y almacenamiento de agua lluvia con el fin de utilizarla con fines no potables tales como el suministro de agua a sanitarios y orinales, lavado de vehículos y riego de jardines y zonas verdes. Su implementación y mantenimiento correrá por parte de quien decida implementar este tipo de medidas. Estos sistemas deberán diseñarse evitando que se conviertan en hábitat propicio para la reproducción de vectores. Estos sistemas pueden captar agua bien sea procedente de cubiertas o de superficies duras de parqueaderos. En este último caso, debe proveerse de un sistema adecuado que permita la remoción de grasas y de un sistema de filtrado adecuado que permita mejorar la calidad de las aguas afluentes para su uso posterior.

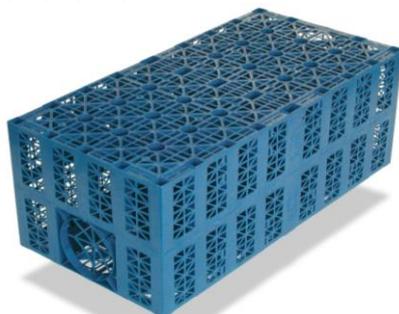


Imagen 6 Tanque almacenamiento Fuente:
Pavco.com.co



Imagen 7 Tanque almacenamiento Fuente:
lineamientos del componente paisajístico EAAB



4.3.2 Sistemas de Techos Verdes o Cubiertas Vegetalizadas.

Los techos verdes deberán mitigar el pico de crecientes asociados con eventos de precipitación con periodos de retorno de 2 años. La descripción de las tipologías de techos verdes y las recomendaciones de su implementación se encuentran en detalle en la Cartilla de Techos Verdes de la Secretaría Distrital de Ambiente (sin publicar).

La vegetación a utilizar deberá estar en condiciones de soportar periodos alternados de humedecimiento y secado al igual que con periodos de calor y frío. La vegetación deberá ser perene, resistente a la sequía, con poco requerimiento de agua después de que ya se encuentra establecida, con preferencia por suelos bien drenados, autosustentable (es decir, que no requiera de fertilizantes o herbicidas), capaces de resistir calor, frío y vientos extremos, con capacidad para sobrevivir en suelos pobres con tendencia a la acidez y resistente al fuego. La variedad de plantas a utilizar deberá ser lo más amplia posible para favorecer la biodiversidad y la estética del techo terminado.



Imagen 8 Techo verde fuente:
<http://www.plataformaarquitectura.cl/tag/cubiertas-verdes/page/2/>



Imagen 9 Techo verde instalaciones de la SDA Fuente: SDA



Imagen 10 Techo verde en las instalaciones de la SDA Fuente: SDA

Igualmente deberá proveerse de drenaje adecuado y suficiente en los techos verdes vegetados buscando evitar la generación de empozamientos. Por otra parte, deberá tenerse presente que la vegetación instalada en pendientes mayores al 2% deberá anclarse debidamente con el fin de evitar su arrastre hacia las canales de drenaje ante eventos de precipitación extremos. No sobra decir que las cargas muertas superimpuestas por los diferentes elementos que conforman las cubiertas verdes deben ser consideradas durante el diseño estructural del edificio que los contendrán.

Con respecto a la impermeabilización de las cubiertas, debe asegurarse que los materiales utilizados para tal fin sean resistentes a la penetración de raíces. Especial cuidado deberá tenerse al proveer drenaje al techo verde, por cuanto las tuberías de drenaje de los techos deberán construirse separadas del medio de soporte de la vegetación. De establecerse equipos mecánicos en las vecindades de las cubiertas vegetalizadas, estos equipos deberán estar aislados de la zona vegetalizada y



deberán contar con drenaje separado con el fin de mitigar posibles escapes de combustibles o lubricantes.

4.3.3 Drenes filtrantes.

Los drenes filtrantes son SUDS conformados por excavaciones poco profundas (entre 1 y 2 m) rellenas con materiales pétreos gruesos que crean almacenamiento temporal subsuperficial. Estos sistemas poseen la desventaja de que pueden llegar a colmatarse con facilidad, por lo que deberán diseñarse cuidadosamente sus capas granulares interiores con el fin de maximizar su tiempo de vida útil. Estos elementos pueden captar lateralmente la escorrentía proveniente de vías, o de un colector que previamente haya recolectado aguas pluviales no circuladas con anterioridad a través de otro sistema SUDS. Estos sistemas deberán tener superficies cóncavas que permitan la concentración de la escorrentía hacia el centro del elemento.



Imagen 11 Dren filtrante vegetado en separador
Fuente: lineamientos del componente paisajístico
EAAB



Imagen 12 Dren filtrante con capas granulares Fuente:
lineamientos del componente paisajístico EAAB

Materiales plásticos geocelulares pueden ser utilizados como elementos alternativos a los materiales pétreos si permiten una adecuada retención y almacenamiento de la escorrentía. Los drenes filtrantes serán vegetados o no, en cuyo caso debe disponerse de un geotextil filtrante en las capas superiores del material de relleno que separe la franja de suelo que soporta la vegetación del resto del material granular, mientras que simultáneamente se garantice la percolación adecuada del agua en superficie. Deberá tenerse en cuenta que dadas las condiciones de suelos de la Sabana de Bogotá, estos sistemas incorporarán tuberías de drenaje subsuperficial que garanticen el drenaje completo de estos sistemas hacia el sistema de alcantarillado.

Los drenes filtrantes son elementos que requieren de mantenimiento y que de colmatarse implican el retiro y recolocación del material de relleno, por lo que su uso



debe limitarse a aquellas zonas en donde no se esperen grandes flujos de sedimentos o en donde se provean sistemas de remoción de sólidos antes de que el agua sea descargada al interior del dren. A manera de prueba piloto durante la ejecución del anillo 1, se conformarán un conjunto de drenes filtrantes que utilizarán escombros técnicamente seleccionados como medio filtrante, con el fin de determinar la viabilidad de utilizar un medio de filtrado de bajo costo que pueda remplazarse con facilidad en caso de colmatación.

Por otro lado, Los drenes filtrantes se diseñan para vaciarse y re-airearse repetidamente de manera que no deben utilizarse en aquellos sitios en donde la tabla de agua subterránea sea excesivamente alta (de preferencia, la tabla de agua máxima debe estar por lo menos un metro por debajo de la cota de fondo de la trinchera que contiene el medio granular). Estos sistemas deberán estar aislados del terreno circundante por medio de medidas que garanticen la estabilidad del terreno e infraestructura vecina.

Estos sistemas podrán diseñarse como sistemas de filtro utilizando para su conformación materiales granulares que permitan evacuar la totalidad de agua almacenada dentro del sistema en un lapso de tiempo no mayor a 24 horas. Sobre los drenes filtrantes podrá existir un almacenamiento temporal del agua lluvia mientras el agua es filtrada, garantizando en todo caso a través del diseño del sistema que la evacuación completa del sistema no se haga en un lapso no mayor al antes establecido, ni que se generen láminas que generen encharcamientos en vías o el urbanismo circundante.

Los sistemas basados en drenes que se ubiquen en las franjas de control ambiental deberán proveerse con sistemas de excesos que permitan evacuar los caudales asociados con tiempos de retorno mayores a 2 años. Estos sistemas de excesos estarán ubicados a distancias no mayores a 50 m e irán conectados a la red de drenaje interna del dren. Deberán además facilitar la inspección de la tubería de drenaje interna del SUDS. La red interna de drenaje del SUDS deberá ser diseñada con los mismos criterios de velocidades y fuerzas de arrastre que se utilizan para sistemas de alcantarillado pluvial.

El diámetro mínimo a utilizar para la red interna de drenaje de los drenes filtrantes será de 8 pulgadas.

4.3.4 Cunetas verdes (Swales)

Estos elementos consisten en canales vegetalizados por donde se transporta la escorrentía proveniente de las zonas impermeables. Estos elementos se conciben fundamentalmente como herramientas para la retención de basuras gruesas y sólidos suspendidos en donde además se favorece la remoción de contaminantes.

Esos elementos se podrán diseñar como canales abiertos en flujo permanente con números de Manning correspondientes a canales vegetados. Estos canales podrán remplazar elementos típicos de drenaje tales como cunetas en concreto si se garantiza



un dimensionamiento adecuado que permita evacuar los caudales de diseño. Las cunetas verdes deberán diseñarse con velocidades menores a 1 m/s con el fin de prevenir la posible erosión del terreno. Los diseñadores deberán propender por mantener la velocidad de flujo alrededor de 0.30 m/s con el fin de promover la remoción de contaminantes, la sedimentación del material particulado y evitar su resuspensión.



Imagen 13 Cuneta vegetada Fuente: <http://guiaverdemx.blogspot.com/2010/02/de-azoteas-verdes.html>



Imagen 14 Cuneta vegetada Fuente: lineamientos del componente paisajístico EAAB

Las pendientes laterales deberán ser no mayores a 1:3 y el ancho de fondo no menor de 0.50 m con el fin de evitar daños a vehículos que accidentalmente accedan a las cunetas verdes. Deberá preverse en su diseño que las láminas de agua que se presenten dentro de los canales vegetados no generen efectos adversos sobre la vegetación ni que generen inundación en las vías o urbanismo circundante. Las cunetas verdes no deberán ubicarse en terrenos con pendientes menores al 4%.

4.3.5 Zonas de bioretención.

Las zonas de bioretención, también llamadas filtros de bioretención, son zonas deprimidas poco profundas en las que normalmente se dispone de un sistema tricapa con dren inferior y cuyo funcionamiento depende de la composición relativa de los suelos del sistema tricapa, con mezclas especialmente diseñadas para permitir la remoción de contaminantes y disminuir los picos de caudal. Una vez la escorrentía ha sido transitada a través de esta tipología de SUDS, el agua es conducida hacia las redes de alcantarillado pluvial.



Las áreas de drenaje de los sistemas de bioretención se limitarán a un máximo de 2 hectáreas. Áreas más grandes podrán ser drenadas a través de esta tipología de sistemas siempre y cuando la profundidad de los sistemas diseñados no implique la inundación del SUDS por la presencia de niveles freáticos altos o que se castigue adversamente el desempeño del elemento.

Estos elementos deberán acomodar el volumen a tratar con fines de calidad de agua de manera que la cota de lámina de agua en el elemento esté por lo menos 0.15 m por debajo de la superficie del terreno circundante. El caudal asociado deberá además evacuarse en un periodo de menos de 24 horas con el fin de proveer al sistema la capacidad de transitar eventos de precipitación separados en promedio un día. Estos SUDS deberán contar obligatoriamente con tuberías de excesos que permitan evacuar sin riesgo de inundación del terreno vecino las crecientes mayores a las asociadas con el volumen a tratar con fines de calidad de agua.

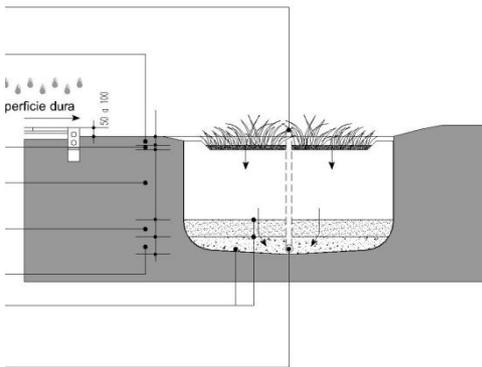


Imagen 15 Zona de bioretención Fuente Cartilla de arborización



Imagen 16 Zona de bioretención Fuente: lineamientos del componente paisajístico EAAB

Las áreas de bioretención estarán compuestas por tres capas de material. La primera consistirá en una capa orgánica para infiltración y que permita el establecimiento de un ambiente propicio para el crecimiento de microorganismos que permitan la degradación de hidrocarburos y materia orgánica, y con una permeabilidad tal que permita el flujo del agua hacia las capas más profundas. La segunda consistirá en un medio de plantado de la vegetación que permita la adsorción de hidrocarburos degradados, metales pesados y nutrientes. La capa final y más profunda consistirá en una franja de arena que proporciona un medio aeróbico bien drenado a la capa superior de plantado. Esta capa de arena será de por lo menos 0.30 m y poseer un tamaño de grano entre 0.5 y 1 mm. La tubería de drenaje deberá estar alojada en una capa de grava de tamaño de grano entre 5 y 20 mm.

En vista de que no se cuenta con referencias nacionales para la confirmación de las capas granulares, a continuación se presenta de manera informativa la siguiente tabla tomada de CIRIA (2007), en donde se muestra la composición típica del material



granular utilizado para la conformación del soporte de sistemas de bioretención en el Reino Unido:

Componente	Proporción en la mezcla de suelo
Arena	35-60%
Silt	30-50%
Arcilla	10-25%
Materia orgánica	0-4%

Tabla 1 Composición típica Granular para zonas de bioretencion Fuente Ciria 2007

Una posibilidad que puede considerarse dentro de la zonas de bioretención es la de no vegetación en un medio filtrante compuesto únicamente en arena. En dicho caso, el diseño puede hacerse considerando el elemento de SUDS como un filtro común en arena el cual puede seguir la siguiente relación granulométrica tomada también de la práctica británica (CIRIA, 2007):

Tamaño de tamiz (mm)	% que pasa
9.50	100
6.30	95-100
3.17	80-100
1.50	50-85
0.80	25-60
0.50	10-30
0.25	2-10

Tabla 2 Relación granulométrica para zonas de bioretencion Fuente Ciria 2007

Con fines de predimensión de esta tipología de SUDS, podrá usarse la siguiente ecuación adaptada de CIRIA (2007) y que permite establecer el área superficial requerida para el área de bioretención en función del volumen a tratar en términos de calidad de agua, la profundidad del medio, la permeabilidad del material tricapa y el tiempo que tarda el agua en percolar a través del medio filtrante:

$$A_f = \frac{V_t L}{k(h + L)t}$$

En donde:

- Af = Área superficial del material filtrante (m²).
- Vt = Volumen a filtrar con fines de calidad de agua (m³).
- L = Longitud del filtro (m)
- h = Altura de la lámina de agua encima del material filtrante (m).
- k = Coeficiente de permeabilidad del material de filtro (m/s)
- t = Tiempo de percolación del agua a través del medio filtrante.



Las tuberías de drenaje internas deberán diseñarse utilizando medios de ingeniería convencionales. En todo caso, deberá garantizarse que la capacidad hidráulica del drenaje interno es superior a la capacidad hidráulica del medio filtrante.

4.3.6 Sumidero tipo alcorque inundable.

Estos elementos son fundamentalmente zonas de bioretención que se usarán como un sistema de apoyo al sistema de captación de aguas lluvias en vías a través de sumideros laterales convencionales. Estos sumideros serán similares a los ya definidos por las Normas Técnica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SL-100, SL150 y SL-200), pero con una longitud de ventana de captación mayor en cada caso de 1.00 m. En este metro adicional, se conformará un alcorque que se inundará con agua lluvia que será filtrada a través de un sistema de capas granulares con vegetación superficial.

Estos sumideros alternativos se implementarán a manera de prueba piloto durante la construcción de las vías del anillo uno. Se construirán veinte (20) a manera de prueba, y dependiendo de su desempeño, se extenderá su uso a los demás anillos restantes.



Imagen 17 Alcorque inundable con base Fuente www.filterra.com

4.3.7 Superficies permeables.

Las superficies permeables proporcionan una medio propicio para el tráfico peatonal o vehicular permitiendo simultáneamente la percolación de las aguas lluvias a las capas inferiores de la estructura de pavimento. El objetivo de este SUDS consistirá fundamentalmente en almacenar el agua lluvia percolada temporalmente disminuyendo así la cantidad de escorrentía que de otra manera quedaría en

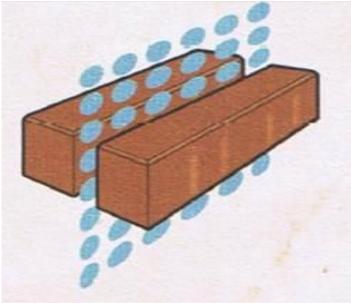
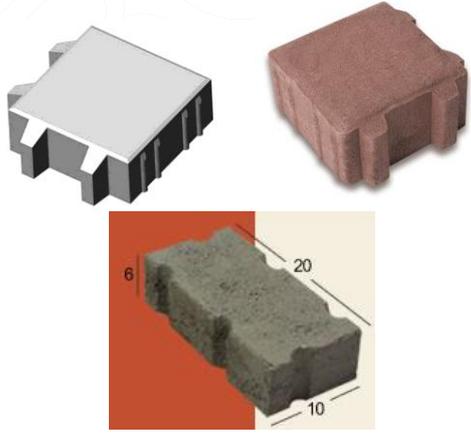


superficie. Esta práctica dentro de POZ Norte estará limitada a vías interiores de predios privados con velocidades de circulación de hasta 30 km/h y a zonas de andenes.

Allí en donde se plantee su uso, la estructura de cimentación o de soporte deberá disponer de subdrenajes que conduzcan el agua percolada a través del sistema granular hacia las redes locales de alcantarillado pluvial. La estructura de soporte estará además envuelta en una membrana flexible impermeable que impida la saturación del suelo circundante. De preferencia, estas superficies deberán estar conformadas por superficies de grava, por concreto o asfalto poroso, o por pavimentos articulados con gran separación entre unidades individuales con el fin de facilitar el paso del agua hacia las capas inferiores.

Para este tipo de superficies, sin embargo, deberá determinarse con certeza a través de la construcción de zonas piloto en el anillo 1 sus respectivos coeficientes de escorrentía. Por medio de su monitoreo, deberá establecerse claramente la tasa de infiltración de las aguas lluvias a través de las superficies permeables, y verificarse que esta sea mayor que las intensidades de lluvia que se esperan caigan sobre ellas con el fin de evitar la formación de encharcamientos en superficie.

A continuación se describen las posibles categorías de superficies permeables

Adoquín Drenante Junta ancha	
	
Adoquín Drenante con recortes	
	 



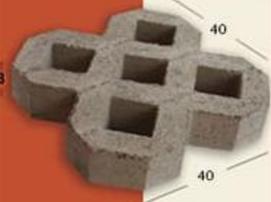
Piezas prefabricadas porosas y pavimentos porosos	
	
Gramoquines	
	
	

Tabla 3 categorías superficies permeables fuente con base Cartilla de arborización Elaboración propia

4.3.8 Pondaje húmedo vegetado.

En esta tipología de SUDS, se busca conformar un hábitat artificialmente en donde se posee una lámina permanente de agua que es mantenida por medio del uso de una tubería de excesos elevada. El agua del cuenco permanente se mezcla con el agua de eventos anteriores de precipitación. Ante lluvia, el cuenco se llena y el agua es lentamente liberada por un periodo de 2 a 5 días. Debido a que las aguas de primer lavado se mezclan con las ya presentes al interior de la piscina permanente del SUDS, la concentración de contaminantes en el agua de salida es menor.



Imagen 18 Pondaje húmedo vegetado
<http://gaeli.wordpress.com/contaminacion-del-agua-potable/>



Imagen 19 Humedales artificiales Fuente:
lineamientos del componente paisajístico EAAB



La existencia de una lámina de agua permanente permite la sedimentación del material particulado, así como la remoción de contaminantes vía actividad biológica de plantas, algas y bacterias presentes en la biota que se forma dentro de estos elementos. Esta tipología de SUDS puede emplearse siempre y cuando se garantice la presencia continua de agua que permita el soporte de la vegetación acuática en periodos secos.

Podrán implementarse diferentes tipologías de cuencos húmedos de detención en función del volumen de agua que puede ser detenido en él. No obstante, de manera general dichos sistemas contarán con dos cuencos separados. El primero de ellos se diseñará como un pondaje en donde se favorecerá la sedimentación y la retención de partículas suspendidas, mientras que en la segunda se dispondrá de un sistema de vegetación acuática que se alimentará del caudal regulado proveniente del primer cuenco. La segunda cámara puede eventualmente consistir en un espacio excavado hasta la superficie del nivel freático con el fin de suplir las necesidades de agua de la vegetación que se busca soportar en su superficie.

Esta tipología de SUDS debe diseñarse buscando que la velocidad del flujo interior no posea la capacidad de resuspender sedimentos. En general los requerimientos de área de este tipo de elementos son mayores que para otras clases de SUDS, por lo que deberán usarse en lugares donde las necesidades de espacio no sean apremiantes (por ejemplo, en parques). El diseño de la profundidad de estos sistemas es crítico dado que cuencos muy poco profundos generarán corrientes superficiales que pueden generar resuspensión de sedimentos, mientras que por otro lado, profundidades muy grandes pueden generar estratificación térmica del agua o condiciones anóxicas que liberen contaminantes indeseables en el agua. Los diseñadores verificarán que ninguna de las dos condiciones antes descritas pueda desarrollarse. De todas maneras, la profundidad del sistema no deberá exceder en ningún caso 1.50 m.

Los diseños de ingeniería de los cuencos húmedos de detención deberán incluir una franja vegetada de 3 metros de ancho a lo largo de todo el perímetro. Esta franja deberá estar parcialmente sumergida con el fin de establecer un medio propicio para el desarrollo de vegetación que promueva la retención de sólidos transportados por la escorrentía y la remoción biológica de contaminantes solubles.

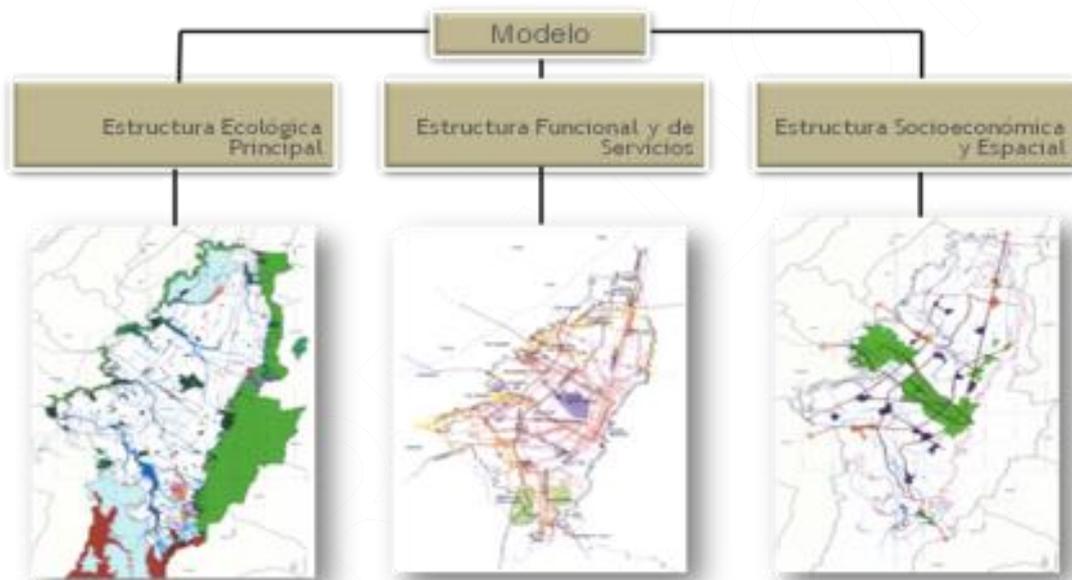
Estos SUDS deberán estar cercados, o contar con las medidas alternativas de protección necesarias, con el fin de prevenir el ingreso de niños dentro de la piscina permanente.



5. SISTEMA DE APLICACIÓN DE LOS SUDS EN POZN

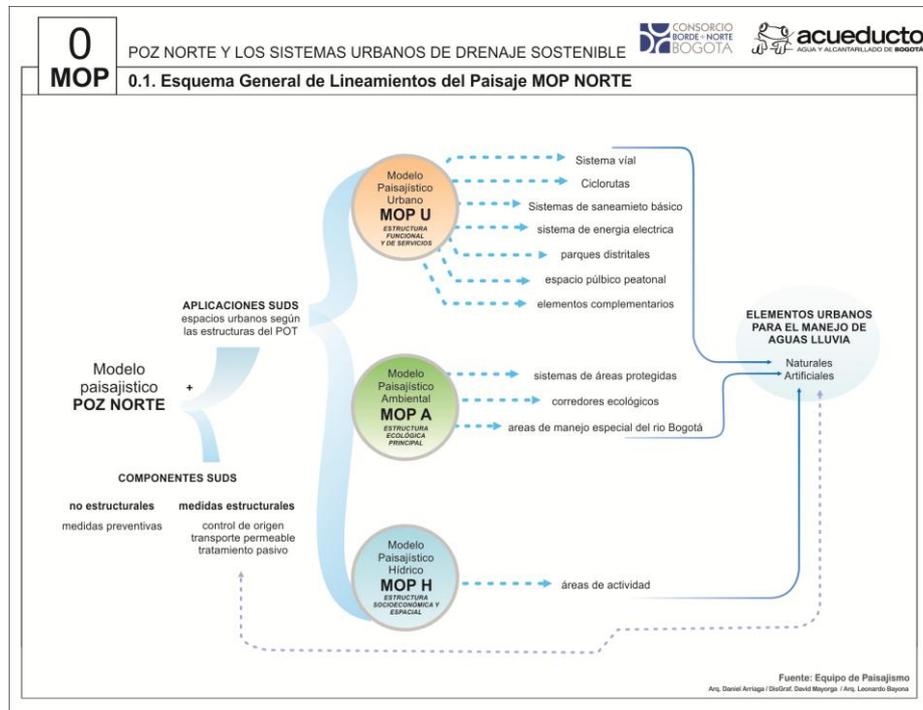
Ante la necesidad que los nuevos desarrollos de la ciudad sean verdaderamente sostenibles y respetuosos con el medio ambiente se ha motivado el empleo de los **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUSD)** en el plan de ordenamiento zonal norte (**POZN**), como elementos integrantes de la infraestructura urbana, hidráulica y paisajística del territorio, acorde a esto, la aplicación de estos sistemas en el territorio se basara en los principios básicos del **DECRETO 190 DE 2004 Articulo 16** en donde se comprometen las decisiones de ordenamiento territorial en sus tres estructuras superpuestas e interdependientes: La estructura ecológica principal, la estructura funcional de servicios y la estructura socio - económica y espacial. Ver Imagen

20



Ver Imagen 20 Modelo de ordenamiento territorial de Bogotá D.C. fuente consultoría acueducto 2011

Estas estructuras se distribuyen en componentes y sistemas los cuales serán considerados para la aplicación de los SUDS, Es importante señalar que bajo esta estructura se basa la consultoría del Acueducto SUBPRODUCTO 4.1.15 Lineamientos paisajísticos documento base para el desarrollo de este documento técnico de soporte ver Esquema 1.



Esquema 1 Aplicación de los SUDS en el POZN fuente consultoría acueducto SUBPRODUCTO 4.1.15 Lineamientos paisajísticos.

A continuación se desarrollara la aplicación de los SUDS en las estructuras y componentes definidas por el Decreto 190 de 2004 acogidas igualmente en la consultoría del EAAB.

5.1 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

Con el fin de maximizar las superficies permeables respecto de las impermeabilizadas, de forma que se minimice la cuantía de pavimentación u ocupación impermeable en la estructura funcional y de servicios se emplearan los sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS en el sistema de movilidad en cuanto **al subsistema vial y Sistema de espacio público construido: parques y espacios peatonales** como respuesta al cambio en la manera de gestionar el agua de lluvia en entornos urbanos.

5.1.1 Sistema de movilidad subsistema vial.

Se plantea como primera aplicación de los SUDS en POZN, en el subsistema vial, compuesto por la red de perfiles viales, clasificados según su jerarquía.

El Decreto 043 de 2010 define los diferentes trazados y perfiles viales para POZN, en donde los SUDS se adoptaran en los componentes de la malla vial arterial principal e intermedia.



Para esta aplicación se analizaron las secciones viales con los elementos que las componen tales como andenes, ciclorutas, calzadas vehiculares de tráfico mixto y las franjas de control ambiental, para conocer los porcentajes de áreas permeables conforme a esto, a continuación se realizara una explicación de la metodología aplicada para la determinación de los SUDS en POZN.

5.1.1.1 Aplicación en los elementos

Se tomaron los anchos mínimos de las secciones transversales de las vías correspondientes a la malla vial arterial. Las secciones viales son las siguientes:

Malla vial arterial y complementaria	V0 ,V1,V2,V3
---	---------------------

Tabla 4 Perfiles Viales para POZN Fuente: Decreto 043

y se analizaron sus elementos en sus dimensiones mínimas determinando de estos las áreas permeable e impermeables.

Los elementos analizados son los siguientes :

Franja de control ambiental	
Anden-Alameda	Franja de amoblamiento adyacente(FAA)
	Franja de circulación
	Cicloruta
	Franja de amoblamiento
	Franja servidumbre(FA)
Calzada	
Separador lateral	
Separadores central	

Tabla 5 Elementos que componen los perfiles viales Elaboración Propia con base Cartilla del espacio publico

Considerando los componentes de los perfiles y como resultado para minimizar las superficies impermeables, se estima para cada uno los porcentajes de permeabilidad o impermeabilidad con los siguientes criterios de 1. Superficie permeable (Espacio verde), 2. Superficies impermeables (área dura), asimismo se considera la aplicación del tipo de SUDS en los elementos. Ver Tabla 6.



Elementos	Sub-elementos	Superficie permeable (m) (área espacio verde)	superficie impermeable(m) (área dura)	SUDS	tipo
		Porcentaje (%)			
Franja de control ambiental (FCA)		100		x	Dren filtrante
Anden-Alameda	Franja de amoblamiento adyacente (FAA)	70	30		
	Franja circulación (FC) ciclo ruta (CR)		100		
	Franja amoblamiento (FA)	30	70		
	Franja servidumbre (FS)		100		
	Calzada		100		
Separador lateral		100		x	Cunetas vegetadas
Separadores central		100		x	Pondaje húmedo vegetado

Tabla 6 Porcentaje para los elementos de los perfiles viales Elaboración Propia

Finalmente se estima un porcentaje de permeabilidad para cada uno de los elementos de los perfiles viales (v0,v1,v2,v3) ; con esta intervención se obtiene alrededor de un 45% de permeabilidad por perfil. (ver anexo 1 en donde se encuentra las tablas con cada una de las actuaciones explicadas anteriormente).

Explicada la metodología para definir las áreas permeables e impermeables se continúa con la definición del porcentaje de SUDS a emplear para los perfiles viales.

5.1.1.2 Estimación del porcentaje de áreas permeables que serán utilizadas para la implantación de SUDS basados en capas granulares en el POZ Norte.

En la tabla siguiente se especifica el porcentaje de superficies permeables al interior del POZ Norte que deberán ser incorporadas como SUDS basados en la utilización de capas granulares de filtrado, según la tipología vial definida dentro del decreto 043 de 2010. Los porcentajes mostrados han sido obtenidos determinando los porcentajes de espacio verdes y áreas duras que poseen las secciones transversales definidas para tales vías (incluyendo las franjas de control ambiental). Sobre estos porcentajes se ha utilizado la metodología del número de curva para la determinación de la precipitación efectiva que deberá ser transitada como volumen a través de las diferentes tipologías de SUDS que se adopten para vías.

Los números de curva que se han seleccionado se han tomado como 98 para áreas impermeables y en 77 para áreas permeables cercanas a las vías. Este último valor consiste en el promedio entre suelos tipo C y D (arcillas) con condición hidrológica buena (suelos con cobertura vegetal mayor al 75 %). Estos valores ha sido tomados de la tabla 2-2a de la metodología presentada por el TR-55.



Por último, la determinación de los porcentajes de áreas permeables que se destinarán a SUDS se ha hecho considerando que la lámina de agua a filtrar sea del orden de 0.30 m según práctica común adaptada para este tipo de sistemas. Este valor es tomado como el valor promedio estimado con base en la revisión de diferentes regulaciones internacionales al respecto.¹⁶ Debe aclararse acá que esta lámina del agua incluye tanto la lámina de agua que se genera sobre los materiales granulares que conforman el elemento, como el agua contenida al interior del material pétreo en función de su relación de vacíos.

Tipología de vía	% área permeable	% área impermeable	Ancho de vía (m)	% de área permeable como SUDS
V0A	45.92	54.08	120.00	21%
V0B	45.92	54.08	120.00	21%
V1A	39.25	60.75	80.00	23%
V1B	37.75	62.25	80.00	24%
V2A	46.33	53.67	60.00	21%
V3A	49.49	50.51	51.00	20%
V4	23.20	76.80	25.00	33%
V4R	8.91	91.09	22.00	70%

Tabla 7 porcentajes de áreas permeables para los SUDS en los perfiles Viales Elaboración Propia

Se hace énfasis en que la tabla anterior ha sido desarrollada si se adopta la utilización de tecnologías SUDS basadas en el filtrado del agua lluvia a través de capas granulares. No aplica para el caso en el que se opte por la utilización de cunetas vegetadas para el manejo del agua lluvia.

5.1.1.3 Actuaciones sobre las vías

En cuanto a la Permeabilización de los elementos de las vías se determina lo siguiente:

1. **Franjas de control ambiental.** El 100 % poseerá área espacio verde y se implementara una tecnología SUDS. Los criterios paisajísticos y de los tipos de SUDS se implementarán con base en los criterios técnicos y lineamientos paisajísticos definidos en la fichas técnicas No 2 al 12 del documentó técnico de soporte
2. Para los **andenes-alamedas** correspondiente al perfil vial V0 y teniendo en cuenta la división de secciones en cuanto a las franjas funcionales determinadas por la cartilla de espacio público se determina lo siguiente:

¹⁶ Davis, Allen et al. Bioretention technology, overview of current practice and future needs. Journal de Ingeniería Ambiental. Marzo de 2009. Páginas 109 – 117.



- a. Las franjas de amoblamiento adyacentes (las que limitan con la franja de control ambiental) mayores o iguales a 1,40 m, deben tener 70% como mínimo de espacio verde.
 - b. Las franjas de amoblamiento (las que limitan con la franja de servidumbre) mayores o iguales a 1,40 m, deben tener el 30% como mínimo de espacio verde, adicionalmente en este espacio se deberá implementar por medio de pruebas piloto la tecnología de SUDS del tipo sumidero - alcorques inundables, tal y como se presenta su conceptualización en las fichas técnicas No 18 y 19
3. **Andenes-alamedas** correspondiente a los perfiles viales, V1, V2 y V3 y teniendo en cuenta la división de secciones en cuanto a las franjas funcionales determinadas por la cartilla de espacio público se determina lo siguiente:
- a. Las franjas de amoblamiento mayores o iguales a 1,40 deben tener el 30% como mínimo de espacio verde, adicionalmente para los perfiles V1 en este espacio se deberá implementar por medio de pruebas piloto la tecnología de SUDS del tipo sumidero - alcorques inundables, tal y como se presenta su conceptualización en las fichas técnicas No 18 y 19 del documentó técnico de soporte. Estos sumideros híbridos se construirán veinte (20) en el anillo uno (1) y se determinará su eficiencia operativa de conjunto, por medio de las pruebas piloto y la posibilidad de que éstos puedan eventualmente remplazar hidráulicamente a un sumidero convencional.
4. **Separadores laterales** mayores o iguales a 1.20 m tendrá el 100% de área verde.
5. **Separadores laterales** mayores o iguales a 1.80 m, tendrá el 100% de área verde y poseerá una tecnología SUDS. Los criterios paisajístico y los tipos de SUDS se encuentran definidos en las fichas técnicas No 2 al 12 anexo 2 del documento técnico de soporte.
6. **Separadores centrales** mayores o iguales a 3.00 m, tendrá el 100% de área verde y poseerá una tecnología SUDS. Los criterios paisajístico y los tipo de SUDS se encuentran definidos en las fichas técnicas No 2 al 12 anexo 2 del documento técnico de soporte.
7. **Los porcentajes mínimos de SUDS** que se debe implementar para las diferentes secciones transversales en los perfiles viales se encuentran definidos en la
8. Tabla 7 porcentajes de áreas permeables para los SUDS en los perfiles Viales
Elaboración Propia. del documento técnico de soporte.

NOTA: Es importante señalar que los tipos de SUDS recomendados en las fichas técnicas para cada uno de los elementos viales son indicativos. El diseñador tendrá libertad de utilizar la tecnología SUDS que más impacte el diseño hidráulico en términos de amortiguación de picos de creciente.



5.1.2 Sistema de espacio público construido: parques y espacios peatonales

Para este sistema se desarrollan los lineamientos básicos en cuanto al manejo de los SUDS en las zonas verdes de la ciudad, en el marco de la normativa vigente.

5.1.2.1 Parques distritales

Los Parques Distritales corresponden a aquellos espacios verdes de uso colectivo que actúan como reguladores del equilibrio ambiental¹⁷, la creación de estas zonas verdes a diferentes escalas poseen un impacto importante en la planificación sostenible de la ciudad. Estos espacios al aire libre reducen la contaminación y crean zonas adecuadas para el desarrollo de la flora y fauna, permitiendo que los habitantes disfruten de la recreación, contemplación y ocio contribuyendo a la mejora de la salud social, física y psicológica de los individuos.

Conforme a lo anterior se plantea que los parques distritales contribuyan igualmente a desempeñar un papel importante en la gestión de las aguas superficiales y potencialmente de los efluentes, junto a la implementación de SUDS maximizando de esta forma las superficies permeables para los espacios verdes.

5.1.2.1.1 Aplicación en los elementos

El Decreto 043 de 2010 define los parques existentes de escala vecinal y los proyectados de escala metropolitana y zonal, así como los demás elementos entre los cuales se definen los siguientes:

Parques de escala vecinal	25 existentes
Parques de escala Zonal	Flores y Guaymaral
Parque metropolitano	Guaymaral

Tabla 8 Parque definidos para POZN

Teniendo en cuenta el decreto 190 de 2004 en el Artículo 253. Índices de Ocupación, se establece el porcentaje de destinación para las áreas permeables así como el tipo de SUDS a implementar en estas áreas.

Ver la aplicación de los porcentajes de permeabilización e impermeabilización para los parques en la

Tabla 9 Porcentaje de permeabilización para los parques elaboración propia

¹⁷ POT Decreto 190 de 2004 Artículo 242. Definición



componentes	Área min.	Und	Porcentajes min %				Tipo
			Superficie permeables		Superficie impermeable	SUDS	
			Espacio verde	Superficies duras permeables	Duras		
Parque escala metropolitana Guaymaral	10	ha	30	20	50		
Parque de escala zonal	1 a 10	ha	70		30	x	Pondajes húmedos vegetados
Parque de escala vecinal	1.000 a 10.000	M2	70		30	x	zonas de bioretencion

Tabla 9 Porcentaje de permeabilización para los parques elaboración propia

A continuación se realiza la estimación del porcentaje de SUDS a emplear en los parque de poznorte.

5.1.2.1.2 Estimación del porcentaje de áreas permeables que serán utilizadas para la implantación de SUDS en el POZ Norte.

De manera similar a como se hizo con el subsistema vial, la estimación del porcentaje de áreas verdes a colocar en parques que deberán implementarse como SUDS se determinó utilizando la metodología del número de curva variando el tamaño de los parque desde 1 hasta 10 Ha. Para el caso de particular de los parques, se consideró que las zonas verdes y las zonas duras a su interior se distribuyen en proporciones 70%-30%. Adicionalmente al área del parque propiamente dicho, se consideró una zona de aferencia adicional proveniente de aéreas residenciales vecinas consistente en un anillo perimetral de 50 m de ancho alrededor de cada parque. Esta franja adicional se considera conservadoramente como impermeable. Los estimativos de zonas verdes que deberán destinarse a SUDS en parques se presentan en el cuadro siguiente, de nuevo bajo la suposición de capturar a través de los SUDS la tormenta correspondiente con una lámina de precipitación de 50 mm y menores.



Area del parque (Ha)	Area del parque (m ²)	Area perimetral adicional (m ²)	% área permeable	% área impermeable	Volumen de escorrentía (m ³)	Area de SUDS (m ²)	% de area permeable como SUDS
1	10000	30000	0.25	0.75	856	2854	31%
2	20000	38284	0.31	0.69	1353	4508	27%
3	30000	44641	0.34	0.66	1817	6057	25%
4	40000	50000	0.37	0.63	2265	7550	24%
5	50000	54721	0.39	0.61	2702	9008	23%
6	60000	58990	0.41	0.59	3132	10441	23%
7	70000	62915	0.42	0.58	3556	11855	22%
8	80000	66569	0.43	0.57	3976	13254	22%
9	90000	70000	0.44	0.56	4392	14640	22%
10	100000	73246	0.45	0.55	4805	16017	21%

Tabla 10 porcentajes de áreas permeables para los SUDS en parques Elaboración Propia

Debe tenerse en cuenta que la estimación anterior ha sido hecha considerando que se utilicen como sistemas SUDS tecnologías basadas en el filtrado del agua lluvia a través de capas granulares. La tabla anterior podrá obviarse si el diseño hidráulico de drenaje del proyecto final contempla la utilización de pondajes con el fin de mitigar los picos de crecienta hasta valores preurbanización.

5.1.2.1.3 Actuaciones sobre los parques

En cuanto a la Permeabilización de los elementos de parques se determina lo siguiente:

1. El parque metropolitano de vocación recreativa tendrá un mínimo de 20% de superficies duras permeables de las zonas duras a implementar dentro del parque.
2. En los parques de escala zonal y vecinal se permitirá 30% de zonas duras y deberán poseer un 70% de zonas verdes (área verde), además de implementarse por lo menos una tecnología de SUDS. Debe disponerse un porcentaje de las zonas verdes para el manejo de las aguas lluvias de andenes y alamedas que rodeen o hagan parte del parque a través de la implementación de SUDS. Los porcentajes a utilizar se definen en la tabla 7 del documento técnico de soporte en función del área total del parque.
3. Estos SUDS deben cumplir adicionalmente un diseño paisajístico y ambiental en el parque. Estos criterios paisajísticos y los tipos de SUDS a implementar en los parques se encuentran definidos en las fichas se encuentran definidos en las fichas técnicas No 14 al 17 anexo 2 del documento técnico de soporte



4. **El porcentaje de SUDS** que se debe implementar para los los parques de escala Zonal y vecinal deberán ser como mínimo los definidos o según diseño hidráulico.

5.1.2.2 Espacios peatonales red de andenes para la malla vial intermedia y local

Teniendo en cuenta el crecimiento urbano y la impermeabilización de la ciudad, la red de andenes deberá maximizar las superficies permeables con respecto de las impermeabilizadas, de forma que contribuya a la minimización de la cuantía de pavimentación u ocupación impermeable.

Conforme a lo anterior la red de andenes para la malla vial intermedia y local deberá implementar una serie de actuaciones que se explicaran a continuación:

5.1.2.2.1 Permeabilización de los andenes con superficies permeables

Para lograr este objetivo se plantea implementar la tecnología de superficies permeables en los andenes de la malla vial local e intermedia, en donde se deberá realizar uno o varios pilotos de un (1) kilómetro de longitud que deberá adelantar el instituto de desarrollo urbano IDU, con el fin de determinar las especificaciones técnicas y constructivas para la red peatonal de la malla vial local del POZ Norte.

Conforme a lo anterior estas pruebas pilotos deberán tener en cuenta las siguiente consideraciones:

Los andenes se basarán en las tipologías ya definidas en la cartilla de andenes de la Secretaría de Planeación y del Taller del Espacio Público con la salvedad de que los sistemas allí planteados, por una parte, deberán incorporar tuberías de drenaje subsuperficial que capten las aguas filtradas y las conduzcan con seguridad al alcantarillado pluvial, y por la otra, estén soportados por una estructura de soporte granular que garantice la percolación a través del medio de soporte.

Para la selección de la estructura de soporte se seguirán los lineamientos de selección típicos para una estructura de pavimento, tales como la obtención de los valores de CBR y el dimensionamiento del espesor de las capas granulares de soporte. Sin embargo, la granulometría del material a utilizar al igual que el comportamiento hidráulico de todo el conjunto de capas de soporte y el material de piso deberá establecerse en dichas pruebas pilotos, con el fin de estandarizar a futuro su uso, verificando las condiciones reales de infiltración del sistema de andén permeable propuesto y evaluar las condiciones de estabilidad de la tipología de obra propuesta ante ciclos sucesivos de humedecimiento y secado.

A continuación se referencia el estudio realizado por la Secretaria Distrital de Ambiente para este tipo de SUDS en la CARTILLA DE ARBORIZACION contrato No 1492 de 2010 el cual se encuentra en proceso de publicación, La tipología de andén a utilizar se muestra en la Ilustración 1 Técnicas para la aplicación de superficies permeables,



Antecedentes para las superficies permeables¹⁸

Superficies permeables:

Son superficies que permiten el paso de agua. Estos sistemas están constituidos por un volumen de material permeable situado bajo una superficie que permite el paso del agua como el césped, el césped reforzado, la grava, los pavimentos segmentados como los gramoquines, los adoquines drenantes (a través de recortes o juntas anchas) y los adoquines o piezas prefabricadas en material poroso (a través de su masa), o los pavimentos continuos de cualquier tipo de mezcla porosa (asfalto, hormigón, resinas, etc.).

El agua atraviesa la superficie permeable, que actúa como filtro, hasta la capa inferior que sirve de reserva, de manera que se atenúan las puntas del flujo. Esta reserva puede ser transportada a otro lugar o infiltrada si el terreno lo permite. El exceso de agua se controla mediante un desagüe superior o un drenaje superficial diseñado para tal efecto. En cualquier caso, todas las capas de firme deben tener permeabilidades crecientes, desde la superficie hasta la sub-base, incluyendo geotextiles con la intención de que el agua fluya y no se quede retenida en su interior. La misión de los geotextiles en este tipo de pavimentos es primordial actuando como filtro, separación o como refuerzo estructural.

Para la implementación de cualquier material permeable o poroso en el espacio público, se debe contar con Norma Técnica Colombiana –NTC, o en su defecto, con una norma internacional o estudios técnico específicos que avalen su calidad y buen uso. La cartilla de arborización pretende introducir para el sistema de superficies permeables los elementos AR-10 y AR-15 -Gramoquines, AR-20, AR-30, AR-40, AR-50 y AR-60 -adoquines drenantes, y AR-70 y AR-75 –piezas prefabricadas porosas. Las piezas prefabricadas propuestas en material poroso, deberán cumplir con los requisitos dimensionales establecidos para el sistema de piezas prefabricadas en concreto de la Cartilla de Andenes de Bogotá.

Técnicas para la aplicación de superficies permeables:

A continuación se identifican tres técnicas para la aplicación de superficies permeables según el nivel de permeabilidad de la sub-rasante, el cual debe establecerse a partir de pruebas en el sitio:

¹⁸ Cartilla arborización SDA sin publicar

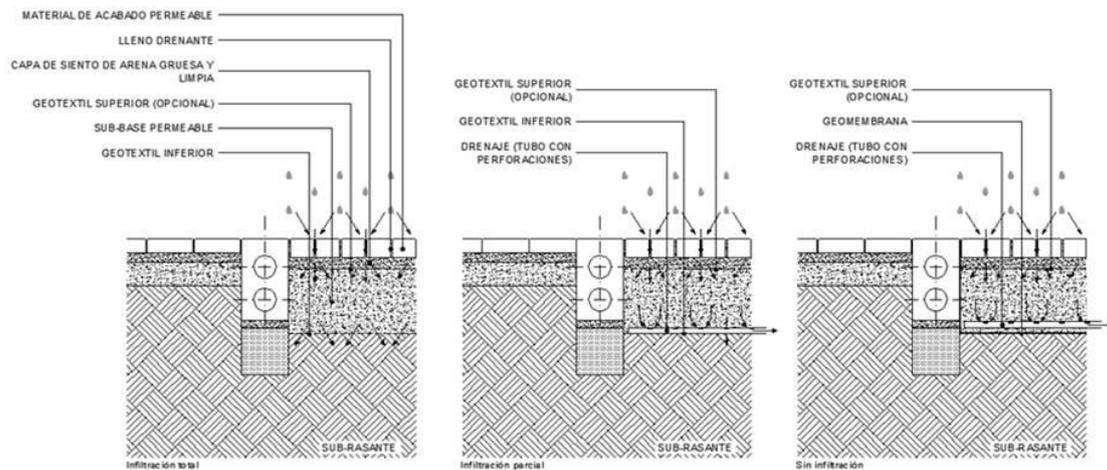


Ilustración 1 Técnicas para la aplicación de superficies permeables

Fuente: Cartilla de arborización

a. Infiltración total:

Técnica adecuada para suelos con buena permeabilidad. Permite que toda el agua que cae sobre el pavimento se infiltre a través de la sub-base permeable y finalmente, en la sub-rasante.

Puede darse la retención temporal del agua en la sub-base permeable permitiendo un almacenamiento inicial antes de su infiltración total. No hay descarga de agua hacia los sistemas de drenaje convencionales.

b. Infiltración parcial:

Se usa en suelos con mediana capacidad de permeabilidad. Permite que una cantidad fija de agua se infiltre, y que el exceso de agua sea retenida inicialmente en la sub-base permeable y conducida a otros sistemas de drenaje sostenible o al sistema al convencional de alcantarillado mediante tubería perforada, reduciendo de esta forma el volumen y la velocidad de la escorrentía.

c. Sin Infiltración:

Se usa en suelos donde la permeabilidad es baja o hay presencia de contaminantes. Esta técnica requiere el empleo de una geomembrana, que se coloca en la parte superior de la sub-rasante y a los lados de la sub-base permeable, para permitir la captura completa del agua lluvia a manera de tanque de almacenamiento y su descarga lenta a otros sistemas de drenaje sostenible o al sistema al convencional de alcantarillado mediante tubería perforada, reduciendo de esta forma el volumen y la velocidad de la escorrentía.



Esta técnica está especialmente indicada para lugares contaminados, ya que evita que los contaminantes lleguen a la sub-rasante, donde podrían alcanzar las aguas subterráneas.

Como se observa, además de la permeabilidad del terreno, es importante tener en cuenta para la elección de la técnica adecuada, factores como el nivel freático, la polución o elementos contaminantes que afecten las aguas subterráneas, la viabilidad de la descarga de las superficies permeables al sistema convencional de drenaje u otros sistemas de drenaje sostenible, o la proximidad a los edificios.

El diseño de superficies permeables deberá llevarse a cabo a partir de una completa recolección de información que permita la selección de la técnica más adecuada, el diseño más funcional y la comprobación de su durabilidad.

Relación de superficies impermeables permeables:

No es necesario diseñar todas las áreas pavimentadas como permeables, toda vez que las superficies permeables pueden hacer frente a la escorrentía de superficies impermeables adyacentes, incluidos los techos, en una relación de 2:1 impermeable: permeable (para evitar su colmatación por escorrentías).

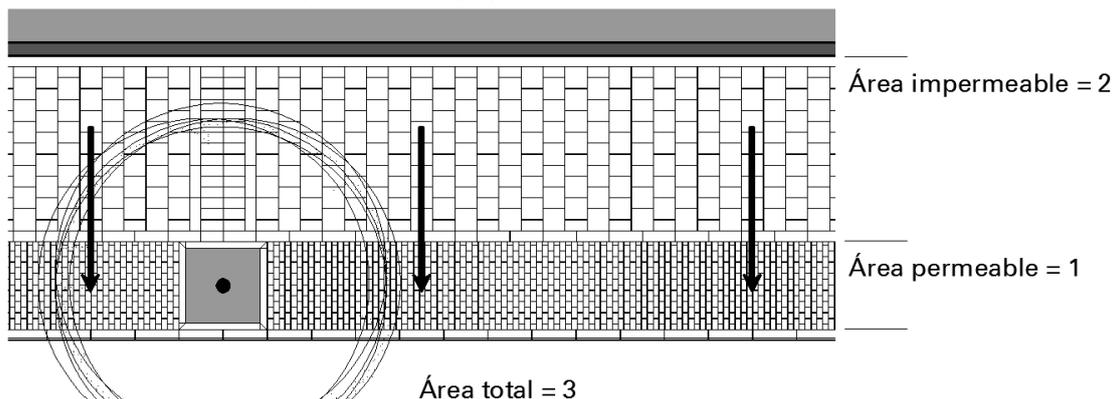


Ilustración 2 Relación impermeable-permeable Fuente: Cartilla arborización SDA



5.1.2.2.1 Permeabilización de los andenes con áreas verdes

Siguiendo el objetivo de maximizar las superficies permeables se deberá implementar adicionalmente para la red de andenes de la malla vial intermedia y local una franja de emperadización acompañada de arborización que corresponda al 30% del área de amoblamiento adyacente a la calzada.

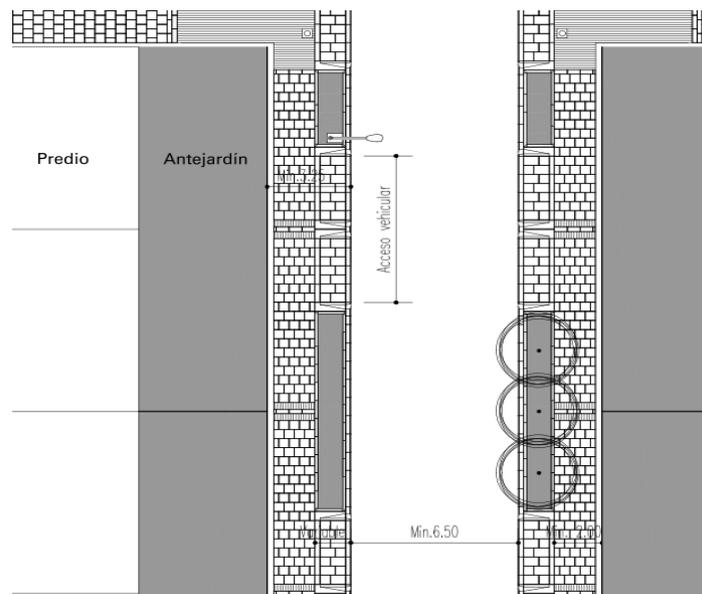


Ilustración 3 Permeabilización con áreas verdes fuente: cartilla arborización SDA

Como podemos ver en la ilustración 3 se deberá garantizar unos mínimos en la aplicación de esta medida como, 2.00 m para la franja continua de circulación y 1.25 m para la franja de amoblamiento adyacente en la calzada donde se dispondría esta área verde.

5.1.2.2.2 Actuaciones sobre los Espacios peatonales red de andenes

En cuanto a la Permeabilización de la red de andenes para la malla vial intermedia y local se determina lo siguiente:

1. Para el andén alameda se deberá respetar los porcentajes de las áreas verdes definidas en los perfiles viales de la presente resolución.
2. Para los andenes mayores o iguales a 1.50 m se tendrá una relación de 2:1 impermeable: superficie dura permeable.
3. Para los andenes mayores o iguales a 3.20 m se deberá implementar 30% de área verde en la franja de amoblamiento adyacente a la calzada que corresponde a una franja de emperadización acompañada de arborización.



5.2 ESTRUCTURA ECOLÓGICA

5.2.1 Aplicación en los elementos

Las medidas que se aplicarán en esta sección del documento tienen que ver con qué tipo de medidas se implementarán dentro del desarrollo de POZ Norte con el fin de mejorar la calidad de las aguas lluvias que descargarán a las quebradas y canales que constituyen los ejes de drenaje de esta zona de la ciudad. Así, se tienen los siguientes puntos en los cuales deberán implementarse buenas prácticas de manejo de

5.2.2 Medidas de buenas prácticas de restauración de cauces naturales a implantar en POZ Norte.

- a. **Implementación de un programa de corrección y prevención de conexiones erradas.** La empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá será la responsable de la implementación de un programa para la identificación, corrección y prevención de conexiones erradas de aguas sanitarias a los futuros sistemas pluviales que descargarán a los cuerpos de agua pertenecientes al POZ Norte.

En particular, la EAAB hará exigible la construcción de los sistemas sanitarios hasta las cajas de inspección de los futuros predios. Lo anterior como una medida preventiva que busca evitar que los futuros urbanizadores se conecten de manera errónea a las redes ya construidas.

- b. **Construcción de estructuras de remoción de sólidos, materiales flotantes y grasas y aceites.**

Se hará exigible en POZ Norte para todas las descargas de futuros colectores a los cauces naturales y humedales que hagan parte de zonas protegidas la construcción de estructuras de remoción de sólidos y materiales flotantes. Estos sistemas estarán conformados por sistemas de cribado, tanques de sedimentación y sistemas de remoción de grasas como mínimo y deberán estar cubiertos y enmascarados en el entorno del cauce con el objetivo de minimizar su impacto visual. Esto se hace exigible buscando minimizar el impacto ambiental que los futuros sistemas de alcantarillado pluvial ejercerán sobre los cauces naturales receptores. Estos sistemas estarán ubicados como mínimo en los puntos de descarga identificados en el cuadro siguiente:



Puntos de descarga		Colectores	Dirección de llegada	Predimensionamiento según EAAB (m)
Sistema de Áreas Protegidas	Humedal Guaymaral	Av. Guaymaral	O	0.90
		Av. Jardín	O	1.00
		San Viator	S	3.66 x 2.44
Zonas de ronda	Aguas Calientes	Av. Laureano Gómez	S	0.50
		Av. Santa Bárbara	N	0.40
		Av. Santa Bárbara	S	0.50
	Q. Patiño	Av. Laureano Gómez	N	0.90
		Av. Santa Bárbara	N	0.70
	Q. San Juan	Av. Laureano Gómez	N	0.60
		Av. Laureano Gómez	S	0.80
		Av. Santa Bárbara	N	0.60
		Av. Santa Bárbara	S	0.50
	Q. floresta	Av. Laureano Gómez	S	1.00

Tabla 11 Puntos de descarga Fuente: con base en consultoría acueducto elaboración propia

Para el caso particular de la descarga del canal Torca al sistema de humedales Torca-Guaymaral, se deberán atender los lineamientos hidráulico-ambientales para el futuro diseño del pondaje de amortiguación.

Para el caso de colectores pluviales con diámetros menores 20" y que descarguen directamente a los elementos de la estructura ecológica principal como, humedales y quebradas, se deberá implementar lo siguiente:

Como primera medida se deberá tener un sistema de apoyo SUDS como biofiltros o zonas de bioretención que contribuya con la remoción de sedimentos. Además se hará exigible que en el sistema SUDS tenga una capacidad de procesar (filtrar o tratar) el caudal de tiempo de retorno 2.33 años. Caudales superiores asociados con tiempos de retorno mayores al anterior entregarán el caudal en exceso que no puede ser circulado por el SUDS directamente al cuerpo receptor por medio de una estructura de rebose.

- c. **Implementación del tratamiento para el Impacto visual y la calidad del paisaje.** Con el objetivo de minimizar el impacto visual de las estructuras de remoción de sólidos se hará exigible estar cubiertos y enmascarados en el entorno del cauce. Se deberá compatibilizar la estética y la calidad del paisaje de las descargas de los futuros sistemas de alcantarillado pluvial a los cuerpos de agua naturales receptores. Los criterios de paisaje se encuentran definidos en las fichas No. 20 y 21 del documento técnico de soporte.



5.3 ESTRUCTURA SOCIO ECONÓMICA Y ESPACIAL, LOS TRATAMIENTOS URBANÍSTICOS Y LAS ÁREAS DE ACTIVIDAD

La estructura socio - económica y espacial está constituida por el centro y la red de centralidades que concentran actividades económicas y de servicios, y que se disponen sobre todo el territorio del Distrito Capital para garantizar el equilibrio urbano y rural en prestación de servicios, la cohesión social, la integración de la ciudad a diferentes escalas, y el desarrollo económico para todos los habitantes del D. C. y de la región.¹⁹

Por lo tanto y en la búsqueda del objetivo propuesto para las diferentes estructuras de la ciudad, las edificaciones público- privadas, deben contribuir al uso eficiente del agua haciendo énfasis en la utilización del agua lluvia

Conforme a lo anterior el decreto 043 de 2011 define las áreas de actividad para POZN, en donde se deberá incluir en los proyectos un sistema de gestión de aguas lluvias que posea los tipos de SUDS y en los porcentajes indicados en la Tabla 12.

Exigencia: En todas las edificaciones de las franjas de conectividad y en todas las edificaciones con actividad Dotacional.	
Tecnología SUDS	Porcentajes
Techos verdes	50% del área total de la cubierta
Exigencia: En todas las edificaciones	
Tecnología SUDS	Porcentajes
Superficies permeables	50% del área total de las áreas libres

Tabla 12 Tipos de SUDS y porcentajes de aprovechamiento en las áreas de actividad

A continuación se explicara la aplicabilidad de estos tipos de SUDS en las áreas de actividad

5.3.1 Superficies permeables

Se utilizarán superficies permeables en todos los proyectos, que incluyan el tratamiento de áreas libres, lo anterior con el fin de minimizar el porcentaje de superficies impermeable; tiene la consideración de áreas libres **las superficies duras o blandas sin cubrir o techar desde el nivel del terreno.**

¹⁹ POT Decreto 190 de 2004



Esta medida será de aplicación como mínimo en el 50% del área total de las áreas libres y para su implementación se deberán tener en cuenta las siguientes actuaciones:

Para las áreas permeables se manejan dos tipos de áreas a implementar entre las cuales se encuentran las áreas verde y las superficies duras permeables ver 4.3.7 Superficies permeables.

5.3.1.1 Actuaciones sobre las áreas libres

1. Tendrá la consideración de superficies permeables, entre otros, los pavimentos porosos como gravas, arenas y materiales cerámicos porosos. La instalación de losetas, empedrados o adoquines ejecutados con juntas de materiales permeables y adoquines ecológicos. Ver lineamiento técnicos en cuanto a drenaje 4.3.7 Superficies permeables. lo anterior debe contar con una norma técnica, bien sea nacional, internacional o estudios técnicos específicos que avalen su calidad y buen uso²⁰.
2. Los espacios de parqueaderos en superficie, deben diseñarse de modo que al menos el 50% de la superficie total de aparcamiento sea permeable al agua de lluvia. Se podrán utilizar pavimentos filtrantes, diseñados y dimensionados adecuadamente para evitar la contaminación del subsuelo por infiltración.
3. En las áreas libres se deberá implementarse por lo menos una tecnología de SUDS con el fin de almacenar agua lluvia, la cual podrá ser aprovechada para fines no potables tales como:
 - a. Riego de zonas verdes, comunes y antejardines
 - b. Limpieza de áreas comunes
 - c. Recarga de las cisternas de los inodoros

5.3.2 Techos verdes

Se utilizarán techos verdes en todos los proyectos de las franjas de conectividad y edificaciones con actividad dotacional, lo anterior con el fin de retener en parte, el agua lluvia que llega a la cubierta y así reducir el caudal de agua que soporta las redes urbanas, con esto se contribuye a minimizar los riesgos de encharcamiento, devolviendo al agua lluvia su ciclo natural. Tiene la consideración de cubierta cualquier superficie horizontal o inclinada que cubra un espacio, esta definición incluye terrazas, azoteas, cubiertas planas e inclinadas, de sótanos.

Esta medida será de aplicación como mínimo en el 50% del área total de la cubierta y para su implementación se deberán tener en cuenta las siguientes actuaciones:

²⁰ Cartilla de arborización 2011 SDA sin publicar



5.3.2.1 Actuaciones sobre las cubiertas vegetadas

1. Se debe contar con la guía técnica de techos verdes de la Secretaría Distrital de Ambiente o en su defecto, con una norma internacional o estudios técnicos específicos que avalen su calidad y buen uso. Ver lineamientos 4.3.2 Sistemas de Techos Verdes o Cubiertas Vegetalizadas.
2. Las cubiertas deben estar integradas a las edificaciones tanto en su parte arquitectónicamente como estética, por lo que es necesario prever el acceso a la cubierta para realizar labores de mantenimiento
3. Se utilizaran las especies vegetadas que mejor se adapten a las condicionantes del clima.



Anexo 1

Permeabilización de los perfiles

Perfil vial V0 100m

Elementos	Sub-elementos	Ancho mim.(m)	Superficie permeable (m) (área verde)		superficie impermeable(m) (área dura)		SUDS	tipo
			anchos mínimos (m)	Porcentaje (%)	anchos mínimos (m)	Porcentaje (%)		
Franja de control ambiental (FCA)		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
Anden-Alameda	Franja amoblamiento adyacente (FAA)	4,80	3,36	70	1,44	30		
	Franja circulación (FC)	6,50			6,50	100		
	cicloruta (CR)	2,50			2,50	100		
	Franja amoblamiento (FA)	1,70	0,51	30	1,19	70		
	Franja servidumbre (FS)	0,50			0,50	100		
Calzada		10,50			10,50	100		
Separador lateral		6,50	6,50	100			x	cuneta vegetada
Calzada		10,50			10,50	100		
Separadores central		13,00	13,00	100			x	Pondaje húmedo vegetado
Calzada		10,50			10,50	100		
Separador lateral		6,50	6,50	100			x	cuneta vegetada
Calzada		10,50			10,50	100		
Anden-Alameda	Franja amoblamiento adyacente (FAA)	4,80	3,36	70	1,44	30		
	Franja circulación (FC)	6,50			6,50	100		
	cicloruta (CR)	2,50			2,50	100		
	Franja amoblamiento (FA)	1,70	0,51	30	1,19	70		
	Franja servidumbre (FS)	0,50			0,50	100		
Franja de control ambiental (FCA)		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
Total		120,00	53,74	44,78	66,26	55,22		

*mínimos de franjas funcionales de andenes indicativos

Perfil vial V1 60m

Elementos	Sub-elementos	Ancho min.(m)	Superficie permeable (m) (área verde)		superficie impermeable(m) (área dura)		SUDS	tipo
			anchos mínimos (m)	Porcentaje (%)	anchos mínimos (m)	Porcentaje (%)		
Franja de control ambiental (FCA)		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
	Franja circulación (FC)	6,00			6,00	100		
	Franja amoblamiento (FA)	2,00	0,60	30	1,40	70		
	cicloruta Franja servidumbre (CR/FS)	3,30			3,30	100		
Calzada		9,65			9,65	100		
Separador lateral		1,80	1,80	100			x	cuneta vegetada
Calzada		6,40			6,40	100		
Separadores central		5,00	5,00	100			x	cuneta vegetada
Calzada		6,40			6,40	100		
Separador lateral		1,80	1,80	100			x	cuneta vegetada
Calzada		9,65			9,65	100		
Anden-Alameda	Franja amoblamiento (FA)	2,00	0,60	30	1,40	70		
	Franja circulación (FC)	6,00			6,00	100		
Franja de control ambiental (FCA)		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
Total		80,00	29,80	37,25	50,20	62,75		

*mínimos de franjas funcionales de andenes indicativos

Perfil vial V2 40m

Elementos	Sub-elementos	Ancho mim.(m)	Superficie permeable (m) (area verde)		superficie impermeable(m) (area dura)		SUDS	tipo
			anchos minimos (m)	Porcentaje (%)	anchos minimos (m)	Porcentaje (%)		
Franja de control ambiental (FCA)		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
	Franja circulacion (FC)	5,00			5,00	100		
	Franja amoblamiento (FA)	2,00	0,60	30	1,40	70		
	cicloruta Franja servidumbre (CR/FS)	2,50			2,50	100		
Calzada		9,25			9,25	100		
Separadores central		5,00	5,00	100			x	cuneta vegetada
Calzada		9,25			9,25	100		
Anden-Alameda	Franja amoblamiento (FA)	2,00	0,60	30	1,40	70		
	Franja circulacion (FC)	5,00			5,00	100		
Franja de control ambiental (FCA) FS/FA		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
Total		60,00	26,20	43,67	33,80	56,33		

*mínimos de franjas funcionales de andenes indicativos

Perfil vial V3 30m

Elementos	Sub-elementos	Ancho mim.(m)	Superficie permeable (m) (area verde)		superficie impermeable(m) (area dura)		SUDS	tipo
			anchos minimos (m)	Porcentaje (%)	anchos minimos (m)	Porcentaje (%)		
Franja de control ambiental (FCA) FS/FA		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
	Franja circulacion (FC)	1,90			1,90	100		
	Franja amoblamiento (FA)	1,60	1,12		0,48	30		
	cicloruta Franja servidumbre (CR/FS)	2,50			2,50	100		
Calzada		9,25			9,25	100		
Separadores central		3,00	3,00	100			x	cuneta vegetada
Calzada		9,25			9,25	100		
Anden-Alameda	Franja amoblamiento (FA)	1,60	1,12		0,48	30		
	Franja circulacion (FC)	1,90			1,90	100		
Franja de control ambiental (FCA) FS/FA		10,00	10,00	100			x	Dren filtrante
Total		51,00	25,24	49,49	25,76	50,51		

*minimos de franjas funcionales de andenes indicativos

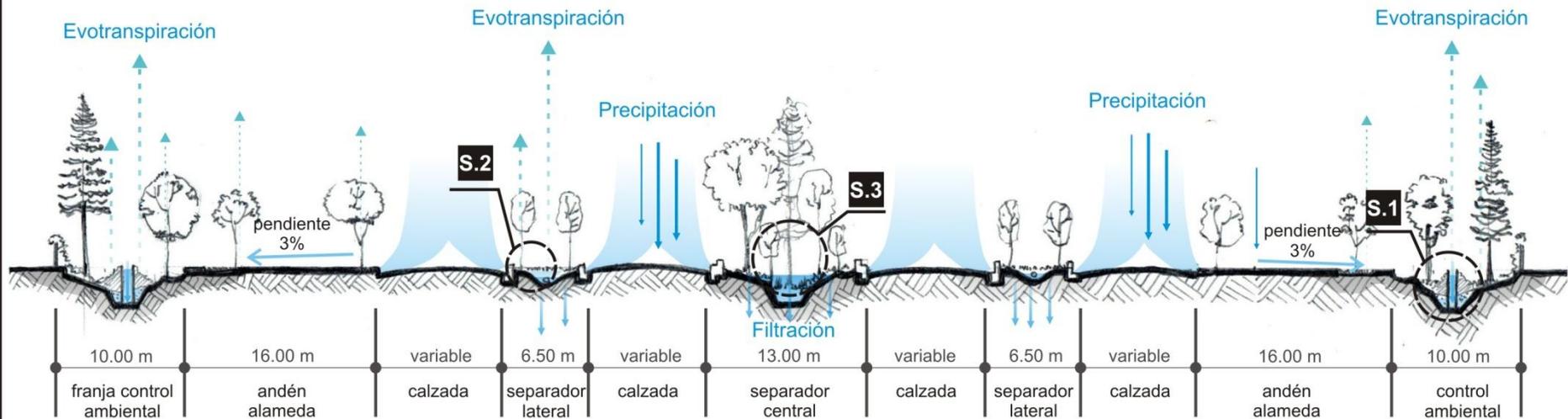
Anexo 2

Fichas técnicas



G.1 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial corte general

- Tipo de SUDS**
Especificaciones Técnicas
- S.1** Dren filtrante
 - S.2** Cuneta vegetada
 - S.3** Humedal artificial



ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

CORTE GENERAL

* Mínimos de franjas funcionales de andenes son indicativas.

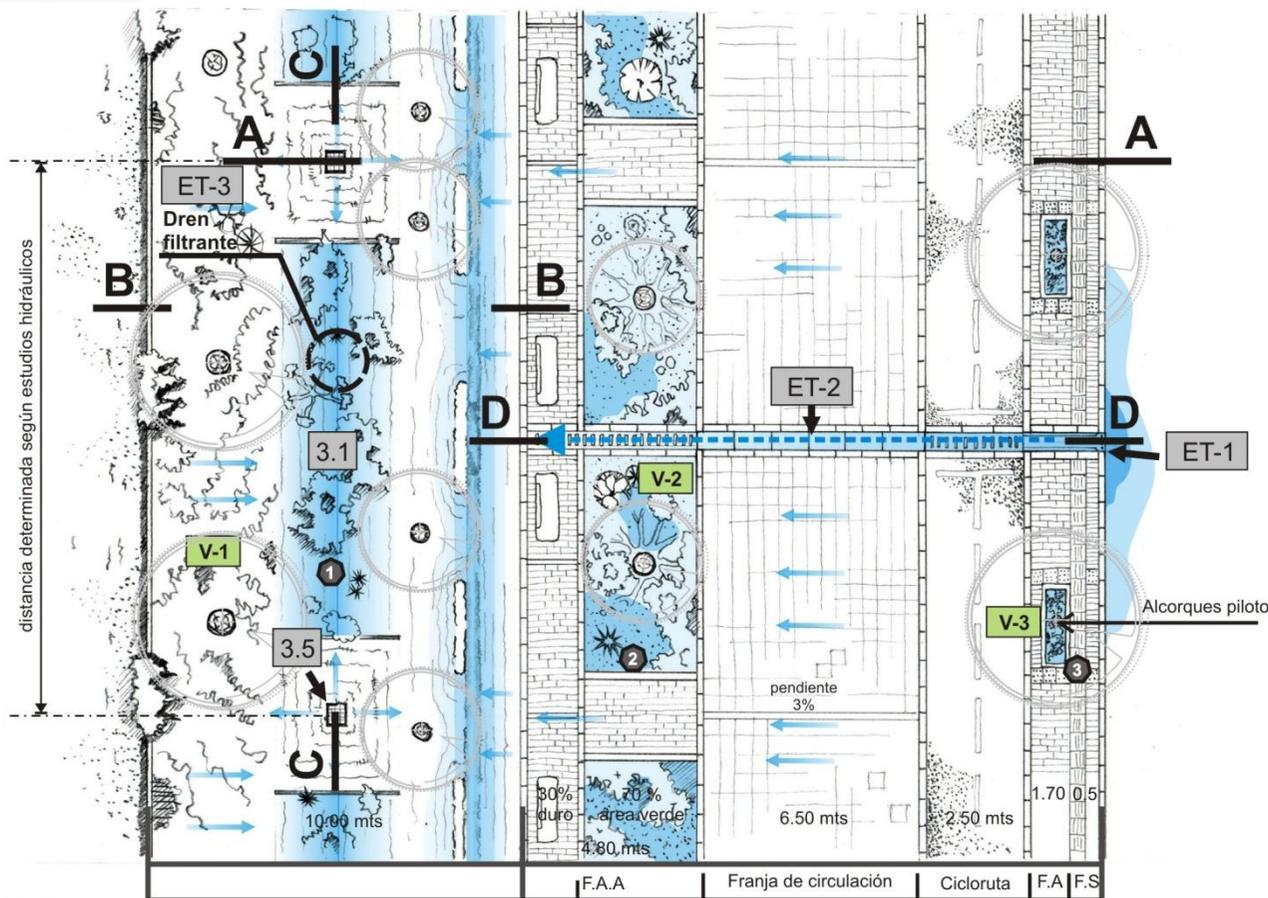


S.1

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Franja de control ambiental / Andén alameda



PLANTA

F.C.A.

ANDÉN-ALAMEDA

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

- V-1** Franja de control ambiental
- V-2** Franja de amoblamiento adyacente (FAA)
- V-3** Franja de amoblamiento (FA)

* Recomendaciones de vegetación ver ficha anexa No S1.A de especificaciones técnicas.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-1** Sistema de cribado
- ET-2** Canaleta de concreto con tapa removible
- ET-3** Dren filtrante
- 3.1** Capa superficial para soporte de vegetación
- 3.5** Tubería de excesos

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S1.A

A.E.
actuaciones sobre los elementos

- 1 En la franjas de control ambiental el 100 % poseerán áreas de espacio verde y se implementaran SUDS.
- 2 La franja de amoblamiento adyacente (FAA) la que limitan con la F.C.A mayores a 1,50 m, deben tener 70% como mínimo de área verde.
- 3 La franja de amoblamiento (FA) la que limitan con la franja de servidumbre mayores a 1,50 m, deben tener el 30% como mínimo de espacio verde, adicionalmente en este espacio se deberá implementar una tecnología de SUDS como los alcorques de bioretención. (Ver DTS)

* Mínimos de franjas funcionales de andenes son indicativas.

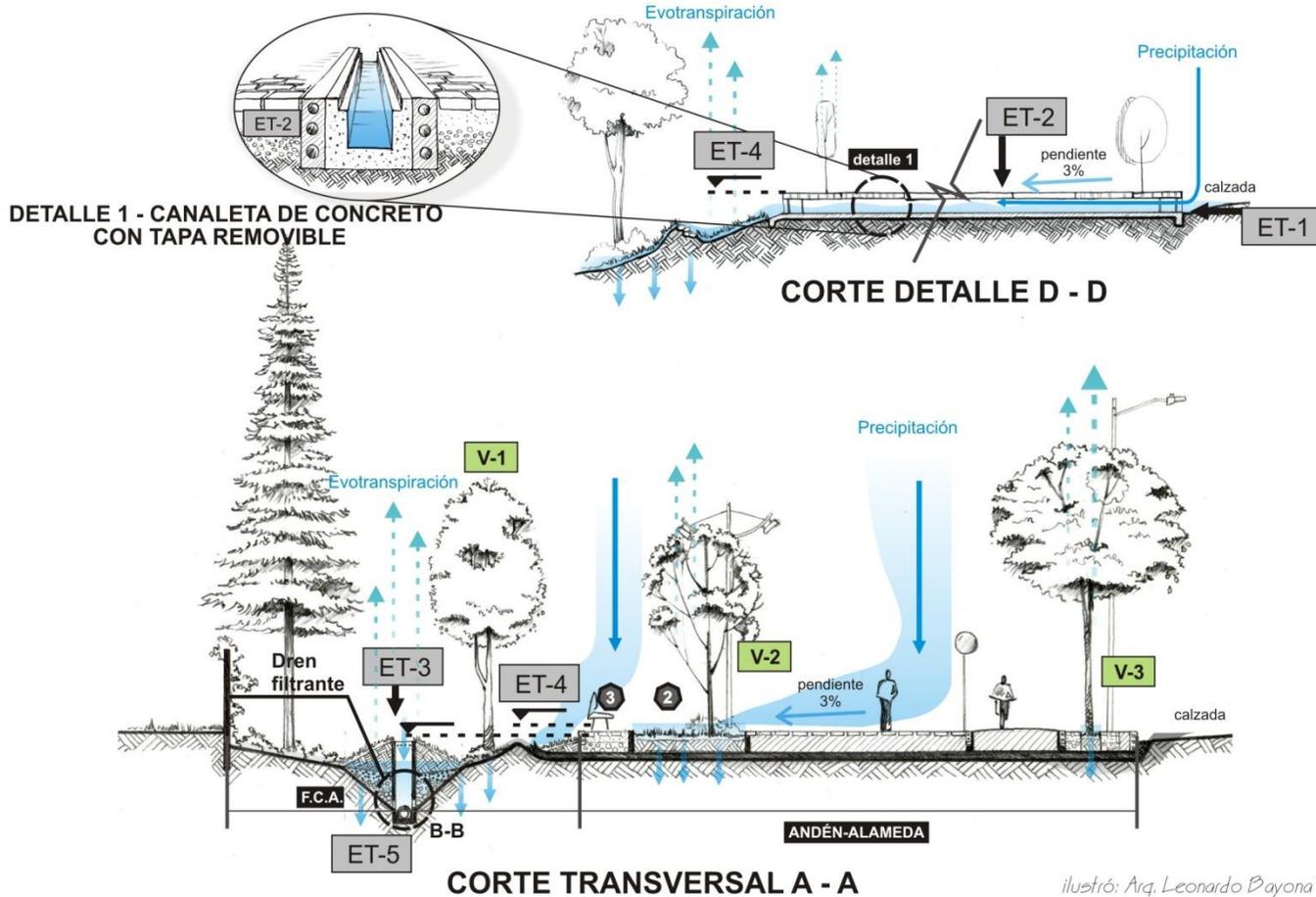
Grupo de Ecurbanismo
SEGAE

Ing. Martha P. Molina
Arq. Leonardo Bayona
Ing. Leonardo Gutierrez
Arq. Jaidy Salazar



S.1

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial - Franja de control ambiental / Andén alameda



DETALLE 1 - CANALETA DE CONCRETO CON TAPA REMOVIBLE

CORTE DETALLE D - D

CORTE TRANSVERSAL A - A

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

- V-1** Franja de control ambiental
- V-2** Franja de amoblamiento adyacente (FAA)
- V-3** Franja de amoblamiento (FA)

* Recomendaciones de vegetación ver ficha anexa No S1.A de especificaciones técnicas.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-1** Sistema de cribado
- ET-2** Canaleta de Concreto con tapa removible
- ET-3** Dren filtrante
Ver detalle Ficha Técnica No. 4 y 5

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S1.A

Recomendaciones Técnicas

- ET-4** Cota de entrada de la tubería de exceso
Garantizar el desnivel suficiente entre la cota de reboso de la tubería de exceso y la cota de urbanismo del andén alameda.
- ET-5** Garantizar drenaje por gravedad
de la tubería del filtro hacia el alcantarillado pluvial.
- ET-6** Mantenimiento
Mantener limpia la superficie del dren después de eventos de precipitación como medida de aseo preventiva.
- ET-7** Dimensionamiento
Ancho y profundidad del Dren filtrante definir según dimensionamiento hidráulico final.

A.E.
Avaluaciones sobre los elementos

- 1 En las franjas de control ambiental el 100 % poseerán áreas de espacio verde y se implementarán SUDS.
- 2 La franja de amoblamiento adyacente (FAA) la que limitan con la F.C.A mayores a 1,50 m, deben tener 70% como mínimo de área verde.
- 3 La franja de amoblamiento (FA) la que limitan con la franja de servidumbre mayores a 1,50 m, deben tener el 30% como mínimo de espacio verde, adicionalmente en este espacio se deberá implementar una tecnología de SUDS como los alcorques de bioretención. (Ver DTS)

* Mínimos de franjas funcionales de andenes son indicativas.

Grupo de Ecourbanismo
SEGAE

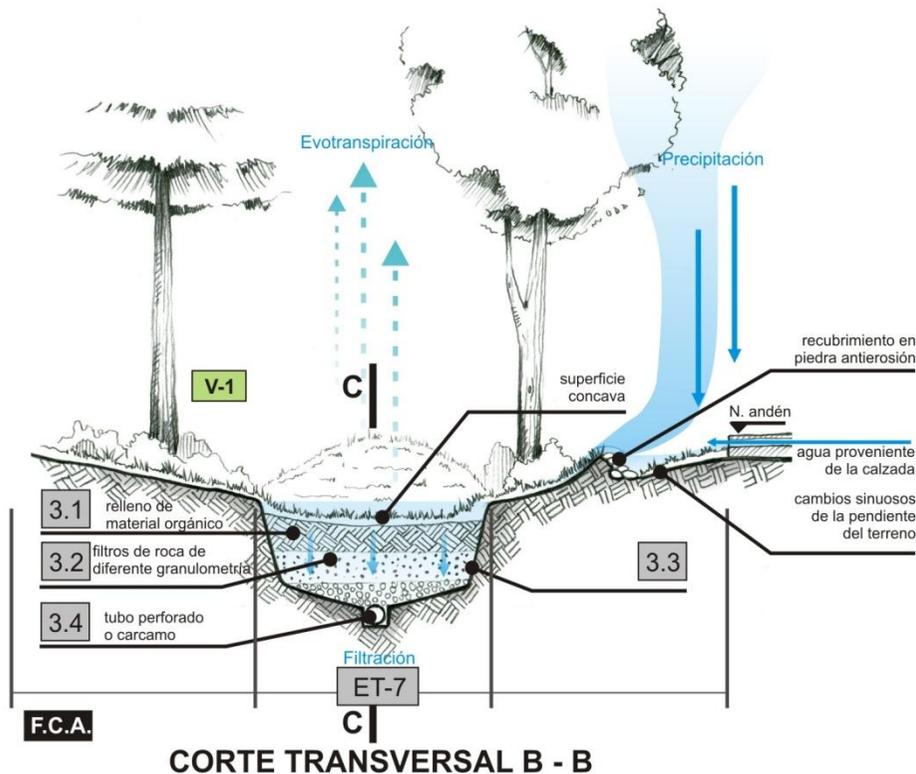
Ing. Martha P. Molina
Arq. Leonardo Bayona
Ing. Leonardo Gutierrez
Arq. Jaidy Salazar



S.1 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Franja de control ambiental / Detalle dren filtrante



V-1 Franja de control ambiental

MULTI ESTRATO O PORTE: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados.

Plantación: 3 bojillo, en bosquejo, irregular nunca lineal.

Fuente: CARTILLA DE ARBORIZACION.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-3 Dren filtrante

3.1 Capa superficial para soporte de vegetación

3.2 Material Granular de filtro

3.3 Geomembrana

3.4 Tubería de drenaje

Recomendaciones Técnicas

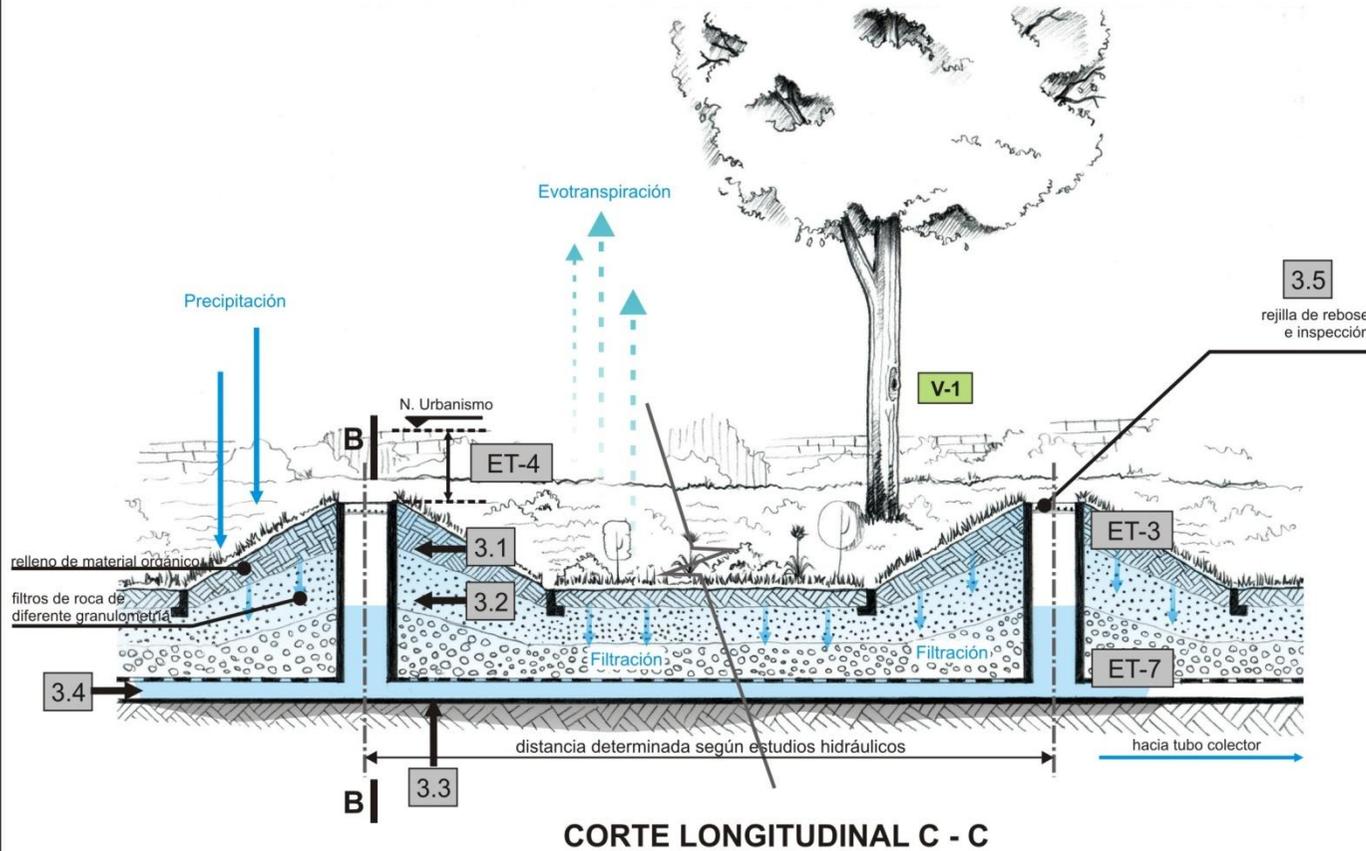
ET-7 Dimensionamiento

Ancho y profundidad del Dren filtrante definir según dimensionamiento hidráulico final.



S.1 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Franja de control ambiental / Detalle dren filtrante



ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

- V-1 Franja de control ambiental 10 m**
- MULTI ESTRATO O PORTE:** Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo
- Nivel de intrusividad:** Bajo a medio
- Rusticidad:** Media a alta
- Procedencia:** Nativo
- Copa:** Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada
- Uso obligatorio** de coberturas vegetales como jardines, empradizados.
- Plantación:** 3 bolillo, en bosqueque, irregular nunca lineal.
- Fuente:** CARTILLA DE ARBORIZACION.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-3 Dren filtrante**
 - 3.1 Capa superficial para soporte de vegetación
 - 3.2 Material Granular de filtro
 - 3.3 Geomembrana
 - 3.4 Tubería de drenaje
 - 3.5 Tubería de excesos

Recomendaciones Técnicas

- ET-4 Cota de entrada de la tubería de exceso**
Garantizar el desnivel suficiente entre la cota de rebose de la tubería de exceso y la cota de urbanismo del andén alameda.
- ET-7 Dimensionamiento**
Ancho y profundidad del Dren filtrante definir según dimensionamiento hidráulico final.

S1.A

Especificaciones técnicas

Anden alameda

Sistema de cribado Detalle junto a calzada	
ET1	Sistema destinado a impedir el paso de gruesos al sistema SUDS se deberán implementar dos líneas de rejas o barras enfrentadas, la primera línea con separación máximas de 50mm entre ellas con y la segunda línea con separación 25mm.

Canaleta de Concreto con tapa removible	
ET2	Canaleta de Concreto con tapa removible que permita el acceso para limpieza y mantenimiento

Dren filtrante	
ET3	
3.1	Capa superficial para soporte de vegetación En el caso que se haga superficialmente vegetado
3.2	Material Granular de filtro Utilizar material granular que permitan el drenaje y evacuación de la escorrentía almacenada en el dren en un periodo no mayor a 24 horas . Alternativamente podría utilizarse escombros seleccionados , con esta opción es necesario rematar la superficie con gravas gruesas con fines de acabado paisajístico
3.3	Geomembrana Podrá suspenderse si las condiciones de estabilidad de los suelos circundante no se ven afectadas por la presencia del agua almacenada en el Dren
3.4	Tubería de drenaje Garantizar la capacidad hidráulica superior a la del filtro
3.5	Tubería de excesos Diseñada para evacuar caudales con periodos de retorno superiores a 2 años

S1.A

ET4	Cota de entrada de la tubería de exceso Garantizar el desnivel suficiente entre la cota de rebose de la tubería de exceso y la cota de urbanismo del andén alameda
ET5	Garantizar drenaje por gravedad Garantizar drenaje por gravedad de la tubería del filtro hacia el alcantarillado pluvial.
ET6	Mantenimiento Mantener limpia la superficie del dren después de eventos de precipitación como medida de aseo preventiva.
ET7	Dimensionamiento

VEGETACIÓN

Anden alameda

Franja de control ambiental 10 m

V1

MULTI ESTRATO O PORTE: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo**Nivel de intrusividad:** Bajo a medio**Rusticidad:** Media a alta**Procedencia:** Nativo**Copa:** Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada**Uso obligatorio** de coberturas vegetales como jardines, emhradizados.**Plantación:** 3 bolillo, en bosque, irregular nunca lineal.**Fuente:** CARTILLA DE ARBORIZACION.

Franja de amoblamiento adyacente (FAA) igual o menor 4,80 m

V2

MULTI ESTRATO O PORTE: medio, bajo y arbustivo**Nivel de intrusividad:** Bajo a medio**Rusticidad:** Media a alta**Procedencia:** Nativo**Copa:** Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

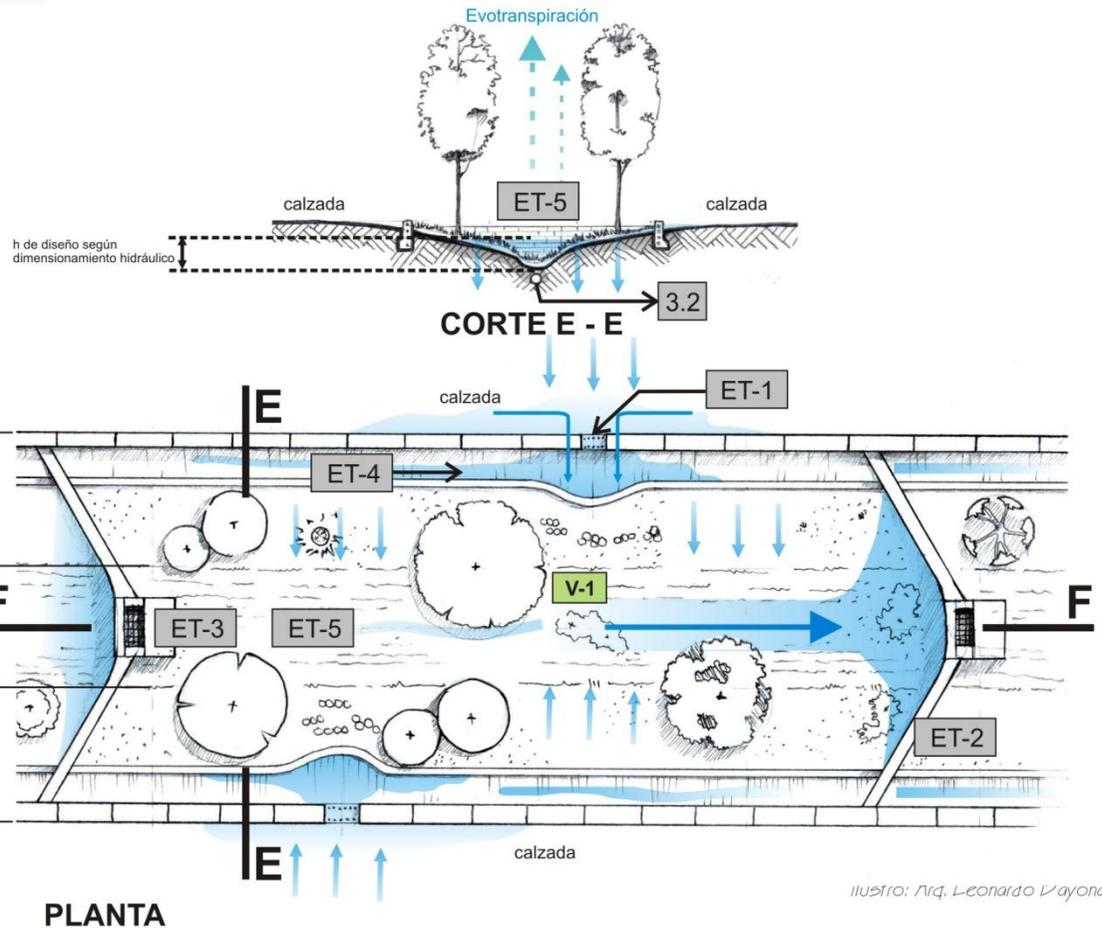
Franja de amoblamiento igual o menor a 1,70 m

V3

Porte: bajo y arbustivo**Nivel de intrusividad:** Bajo a medio**Rusticidad:** Media a alta**Procedencia:** Nativo**Copa:** Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada.**Cobertura vegetal** con jardines o emhradización



S.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial - Separador lateral



Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Separador Lateral

MULTI ESTRATO O PORTE: medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada
Obligatorio cobertura vegetal como jardinería o empradización

Fuente Manual de Silvicultura

Plantación: Irregular, bosqueque, 3 bolillo, nunca lineal

Fuente: Cartilla de arborización

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-1 Sistema de cribado

ET-2 Montículo Separación longitudinales de la cuneta verde

ET-3 Caja de recolección

ET-4 Cuneta perimetral

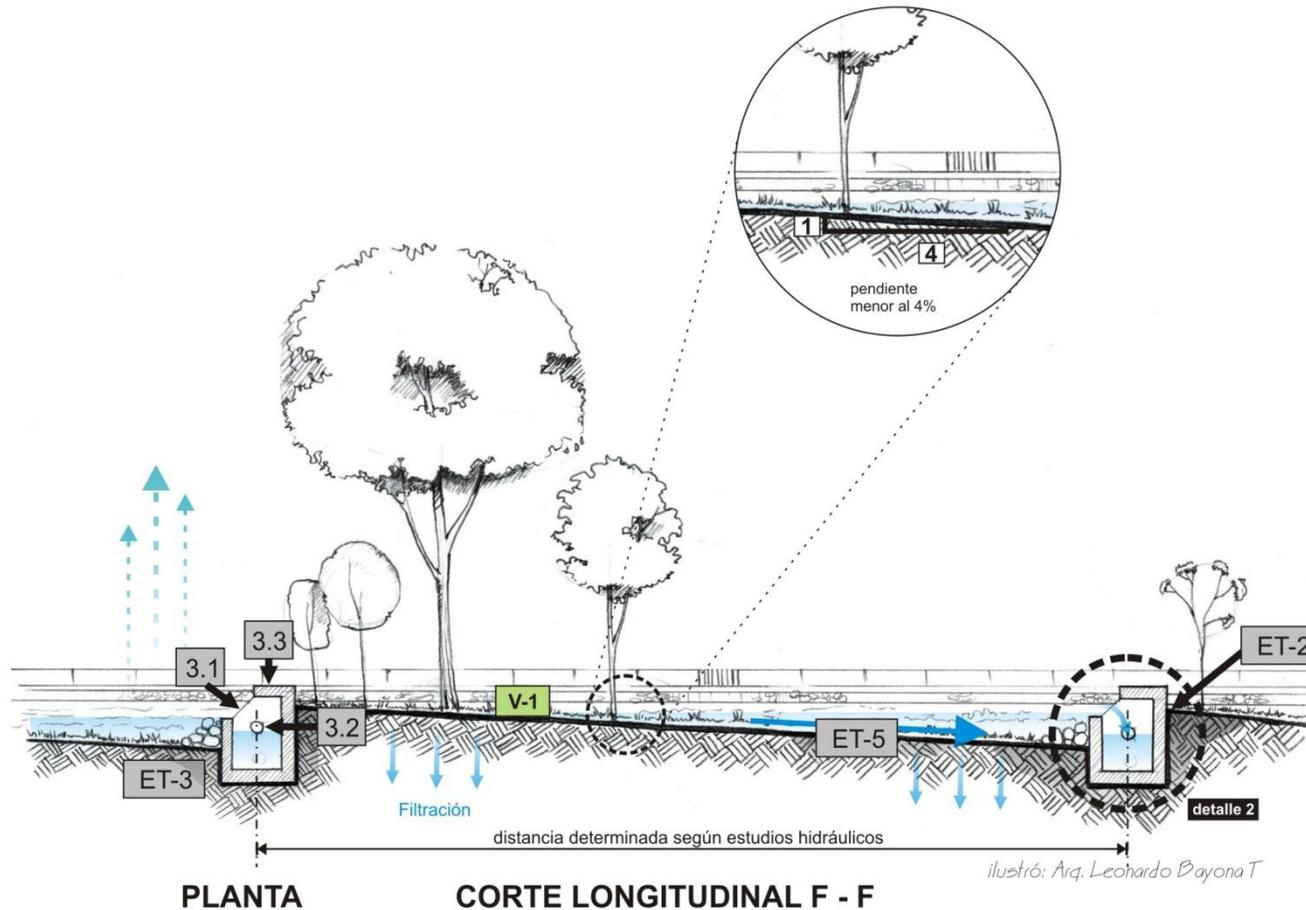
ET-5 SUDS Cuneta Vegetada

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S2.A

- 1 Los **separadores laterales** mayores a 1.20 m el 100% tendrá espacio verde.
- 2 Los **separadores laterales** mayores a 1.80 m el 100% tendrá espacio verde y poseerá SUDS.



S.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial - Separador lateral



Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

- V-1** Separador Lateral igual o mayor a 5m
- V-1** Separador Lateral igual o mayor a 1.20m

* Recomendaciones de vegetación ver ficha anexa No. 2 de especificaciones técnicas.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-2** Montículo Separación longitudinales de la cuneta verde
- ET-3** Caja de recolección
 - 3.1** Rejilla
 - 3.2** Tubería de excesos
 - 3.3** Tapa removible
- ET-5** SUDS Cuneta Vegetada

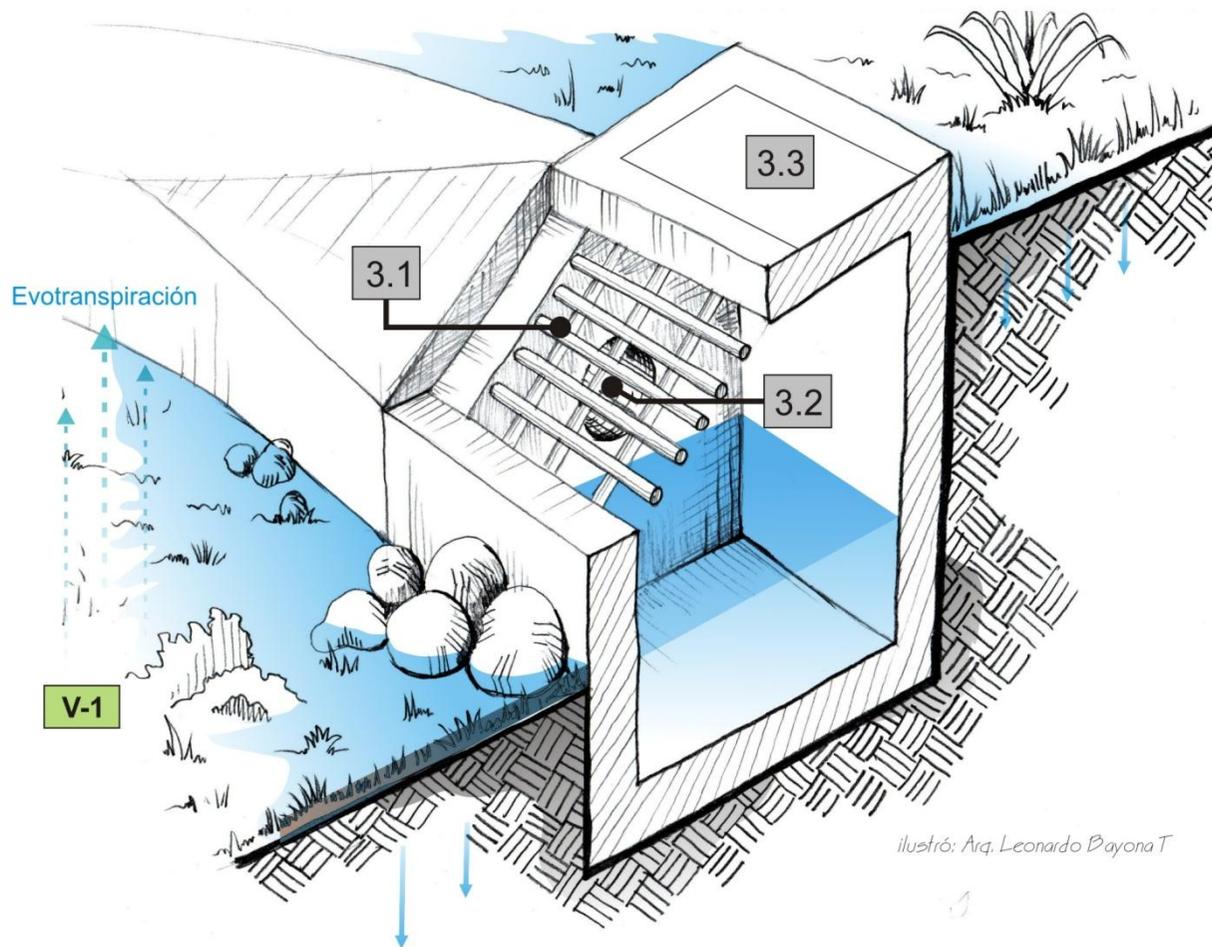
* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S2.A

- 1 Los **separadores laterales** mayores a 1.20 m el 100% tendrá espacio verde.
- 2 Los **separadores laterales** mayores a 1.80 m el 100% tendrá espacio verde y poseerá SUDS.



S.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Separador lateral / Detalle 2 caja recolección



DETALLE 2 - CAJA DE RECOLECCIÓN

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-3 Caja de recolección
- 3.1 Rejilla
- 3.2 Tubería de excesos
- 3.3 Tapa removible

S2.A

Especificaciones técnicas

Separador Lateral

	Sistema de cribado Detalle junto a calzada
ET1	Sistema destinado a impedir el paso de gruesos al sistema SUDS se deberán implementar dos líneas de rejas o barras enfrentadas, la primera línea con separación máximas de 50mm entre ellas con y la segunda línea con separación 25mm.
ET2	Montículo Separación longitudinales de la cuneta verde
ET3	Caja de recolección
3.1	Rejilla Rejillas en la entrada para prevenir el ingreso de objetos de gran tamaño líneas o rejas con separación máximas de 50mm entre ellas
3.2	tubería de excesos Que descargara el agua captada al sistema de alcantarillado con un diámetro mínimo de 12"
3.3	Tapa removible deberán contar con una tapa superior removible para permitir limpieza y mantenimiento
ET4	Cuneta perimetral Sección no vegetada distribuidor de flujo recibe las aguas lluvias y las distribuye en la cuneta verde
ET5	SUDS Cuneta Vegetada
1	Mantener velocidades de flujo inferiores a 0.30 m/S
2	pendientes laterales no mayores 1:3
3	no emplear cunetas vegetadas en pendientes mayores al 4%
4	Dimensionar como canales abiertos de superficies vegetadas
5	debe verificarse que el nivel máximo de la lamina de agua en las cunetas no genere inundación de las calzadas

Separador Lateral igual o mayor a 5m

MULTI ESTRATO O PORTE: medio, bajo y arbustivo
Nivel de intrusividad: Bajo a medio
Rusticidad: Media a alta
Procedencia: Nativo
Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada
Obligatorio cobertura vegetal como jardinería o empradización
Fuente Manual de Silvicultura
Plantación: Irregular, bosque, 3 bolillo, nunca lineal
Fuente: Cartilla de arborización

Separador Lateral igual o mayor a 1.20

Porte: bajo y arbustivo
Nivel de intrusividad: Bajo a medio
Rusticidad: Media a alta
Procedencia: Nativo
Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada.
Cobertura vegetal con jardines o empradización

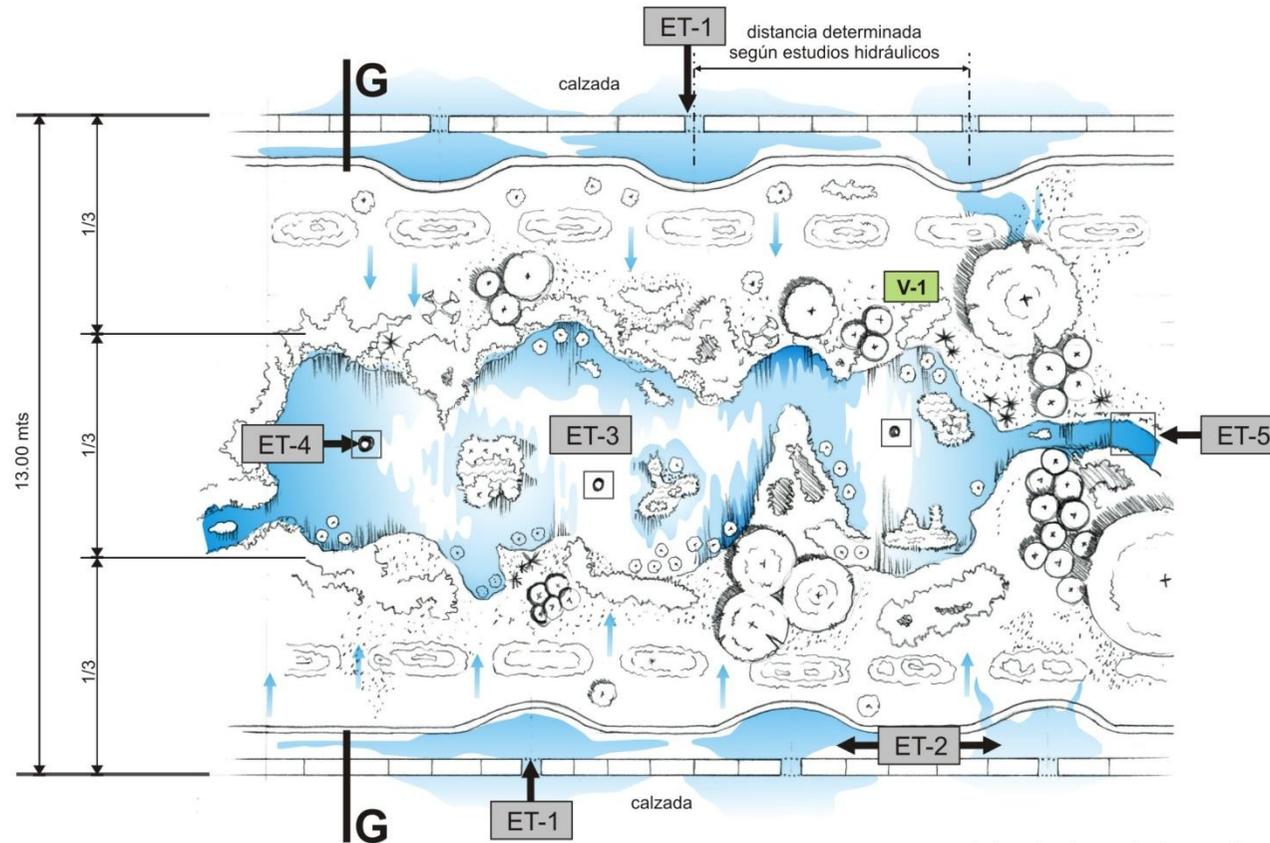


S.3

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Separador central



ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

PLANTA

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Separador Central igual o mayor a 13,00 m

MULTI ESTRATO: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empedrados

Plantación: En bosque, irregular, 3 bolillo, nunca lineal

Vegetación resistente a inundaciones tipo humedal

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-1 Sistema de cribado

ET-2 Cuneta perimetral

ET-3 Humedal artificial

3.1 Dimensionamiento

Dimensionarse para retener la precipitación de retorno de 2 años que debe evacuarse en un periodo no mayor a 24 hrs

3.2 Velocidades

Calcular velocidades de flujo que garantice la retención de sólidos suspendidos

ET-4 Tubería de exceso

ET-5 Caja de recolección final

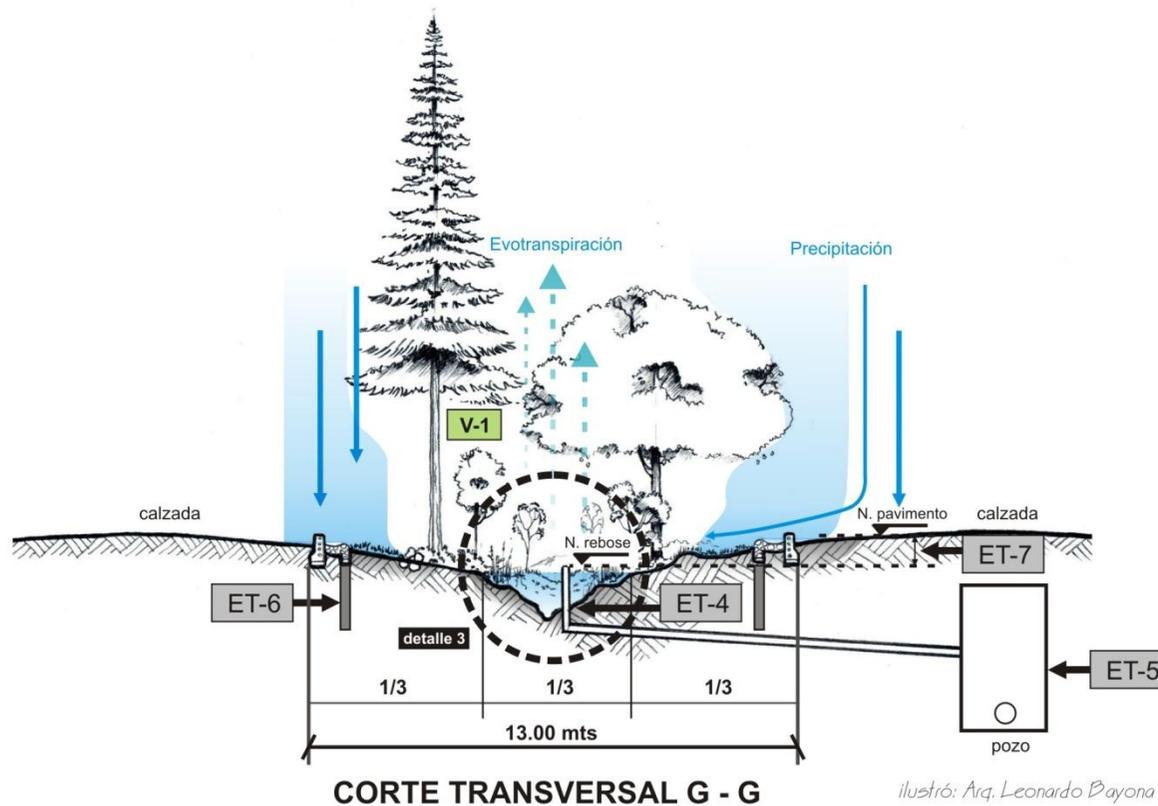


S.3

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Separador central



Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Separador Central igual o mayor a 13,00 m

MULTI ESTRATO: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados

Plantación: En bosque, irregular, 3 bolillo, nunca lineal

Vegetación resistente a inundaciones tipo humedal

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-3 Humedal artificial

ET-4 Tubería de exceso

ET-5 Caja de recolección final

Recomendaciones Técnicas

ET-6 Medida de estabilidad

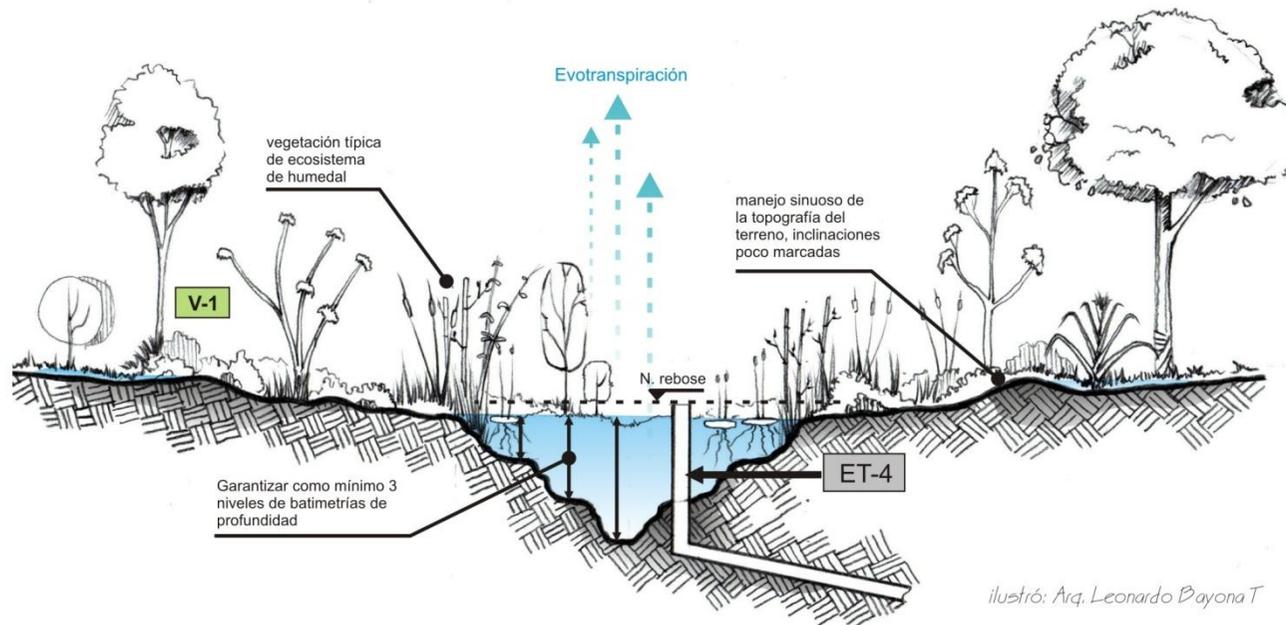
ET-7 Cota de entrada de la Tubería de exceso

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S3.A



S.3

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial - Separador central / Detalle 3 Humedal



ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

DETALLE 3 - HUMEDAL ARTIFICIAL

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

Variedad en la vegetación según dimensión separador central. Ver ficha anexa No.S3.A

- V-1 Separador Central igual o mayor a 13,00 m
- V-1 Separador Central igual o mayor a 5,00 m
- V-1 Separador Central igual o mayor a 3,00 m

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-4 Tubería de exceso

Garantizar capacidad hidráulica para evacuar caudales por encima del tiempo de retorno de 2 años

Vegetación

Separador Central igual o mayor a 13,00 m

V1
 MULTI ESTRATO: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo
 Nivel de intrusividad: Bajo a medio
 Rusticidad: Media a alta
 Procedencia: Nativo
 Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada
 Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados
 Plantación: En bosque, irregular, 3 bolillo, nunca lineal
 Vegetación resistente a inundaciones tipo humedal

Separador Central igual o mayor a 5m

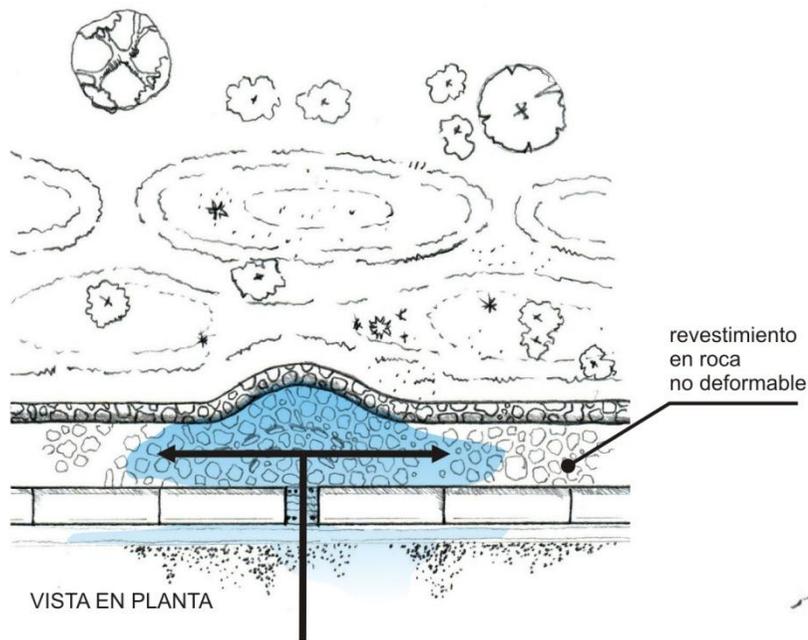
V1
 MULTI ESTRATO O PORTE: medio, bajo y arbustivo
 Nivel de intrusividad: Bajo a medio
 Rusticidad: Media a alta
 Procedencia: Nativo
 Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada.
 MANUAL DE SILVICULTURA URBANA
 Plantación: irregular, tres bolillo, bosque
 Cartilla Arborización

Separador Central igual o mayor a 3m

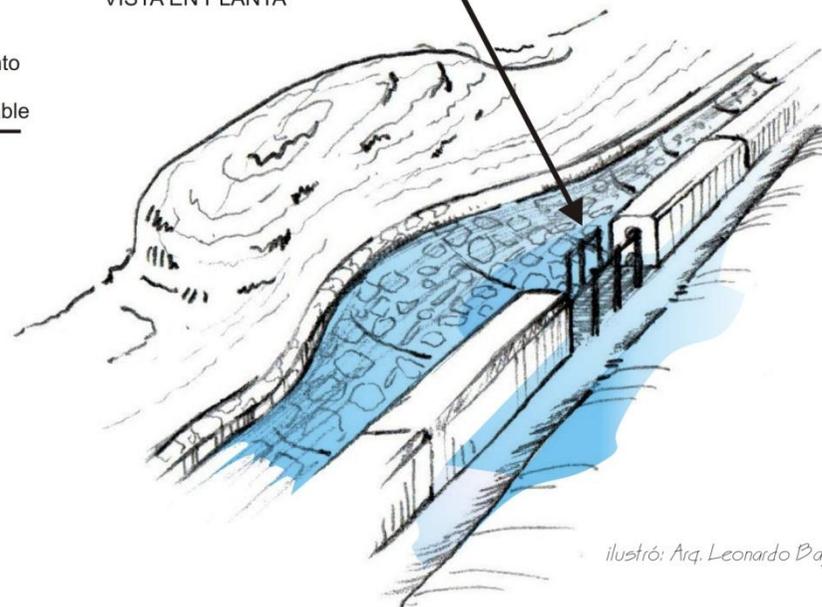
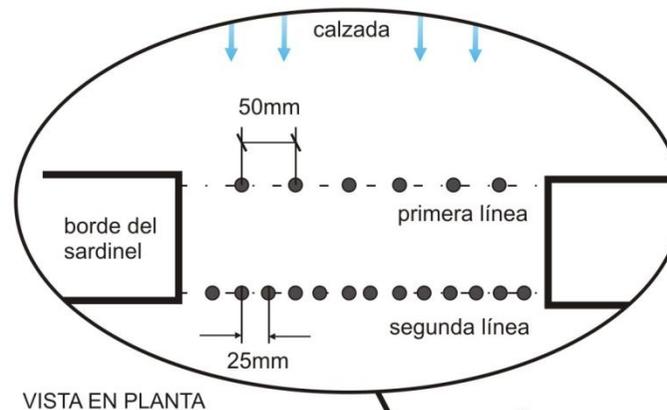
V1
 Porte: bajo y arbustivo
 Nivel de intrusividad: Bajo a medio
 Rusticidad: Media a alta
 Procedencia: Nativo
 Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada.
 Cobertura vegetal con jardines o empradización



D ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial - detalles 1



DETALLE 4 - CUNETA PERIMETRAL



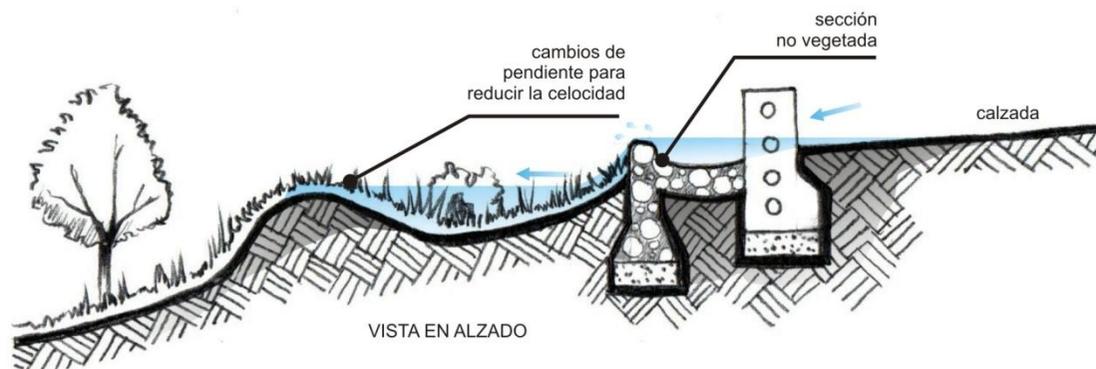
DETALLE 5 - SISTEMA DE CRIBADO



D ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arteria - detalles 2



DETALLE 6 - MONTÍCULO CON REVESTIMIENTO NO DEFORMABLE



DETALLE 7 - MONTÍCULO CON VEGETACIÓN ARBUSTIVA

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

Montículo para reducir velocidades de flujos

DETALLE 6

Se emplea revestimiento en roca no deformable cuando las pendientes del terreno superen los 15° de inclinación y las velocidades de los flujos sean altas y/o constantes

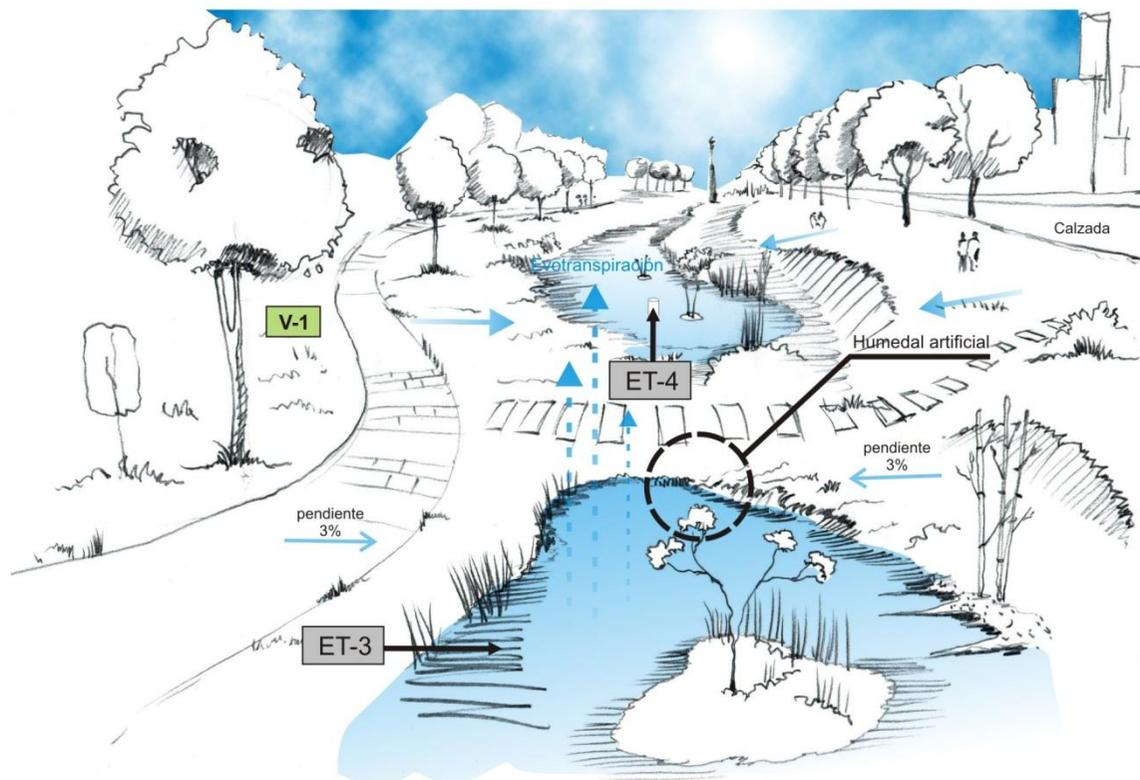
DETALLE 7

Se emplean montículos con vegetación arbustiva y cubresuelos cuando la inclinación del terreno no supere los 15° y las velocidades de los flujos sean bajas e intermitentes



S.4

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO CONSTRUIDO
Parque de escala zonal



PERSPECTIVA

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Vegetación para parques

MULTI ESTRATO: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados

Plantación: En bosquejo, irregular, 3 bolillo, nunca lineal
Vegetación resistente a inundaciones tipo humedal

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-3 Humedal artificial

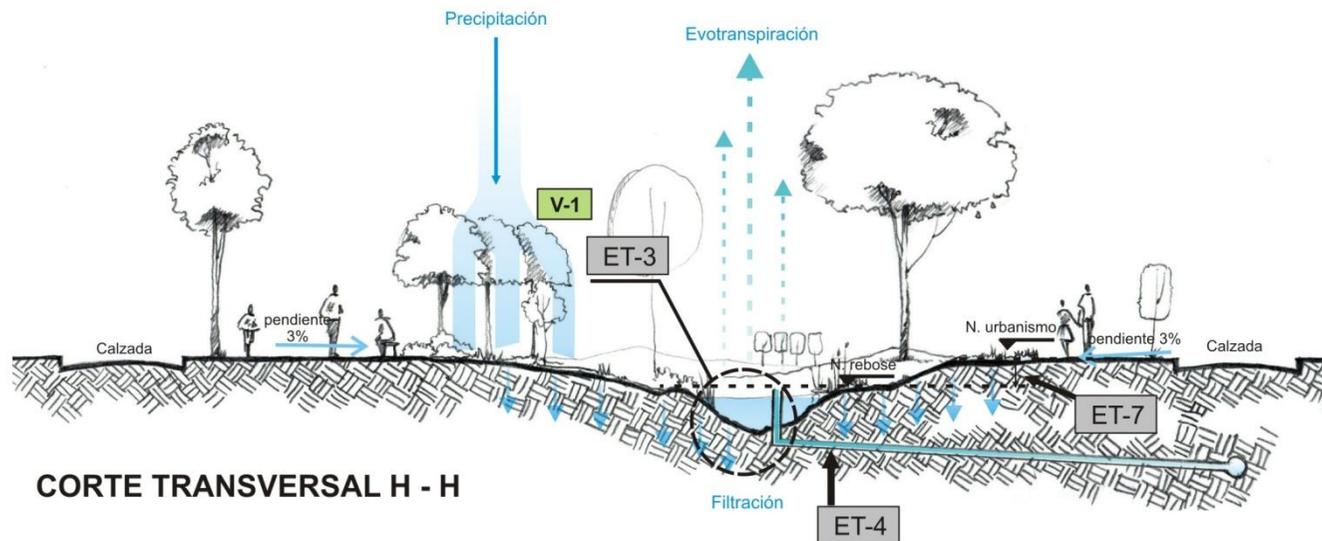
ET-4 Tubería de exceso

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S3.A aplica como separador central para humedales artificiales.

1 Los parques de escala Zonal y vecinal deben poseer 70% de zonas verdes (espacio verde) y 30% de zonas duras además se deberá implementar por lo menos una tecnología de SUDS, de manera que se de manejo a un porcentaje del agua lluvia de andenes, vías o alamedas que rodeen el parque. Este SUDS debe jugar adicionalmente un papel paisajístico y ambiental en el parque.



S.4 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO CONSTRUIDO
Parque de escala zonal



CORTE TRANSVERSAL H - H

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Vegetación para parques

MULTI ESTRATO: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empedrados

Plantación: En bosquejo, irregular, 3 bolillo, nunca lineal

Vegetación resistente a inundaciones tipo humedal

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-3 Humedal artificial

ET-4 Tubería de exceso

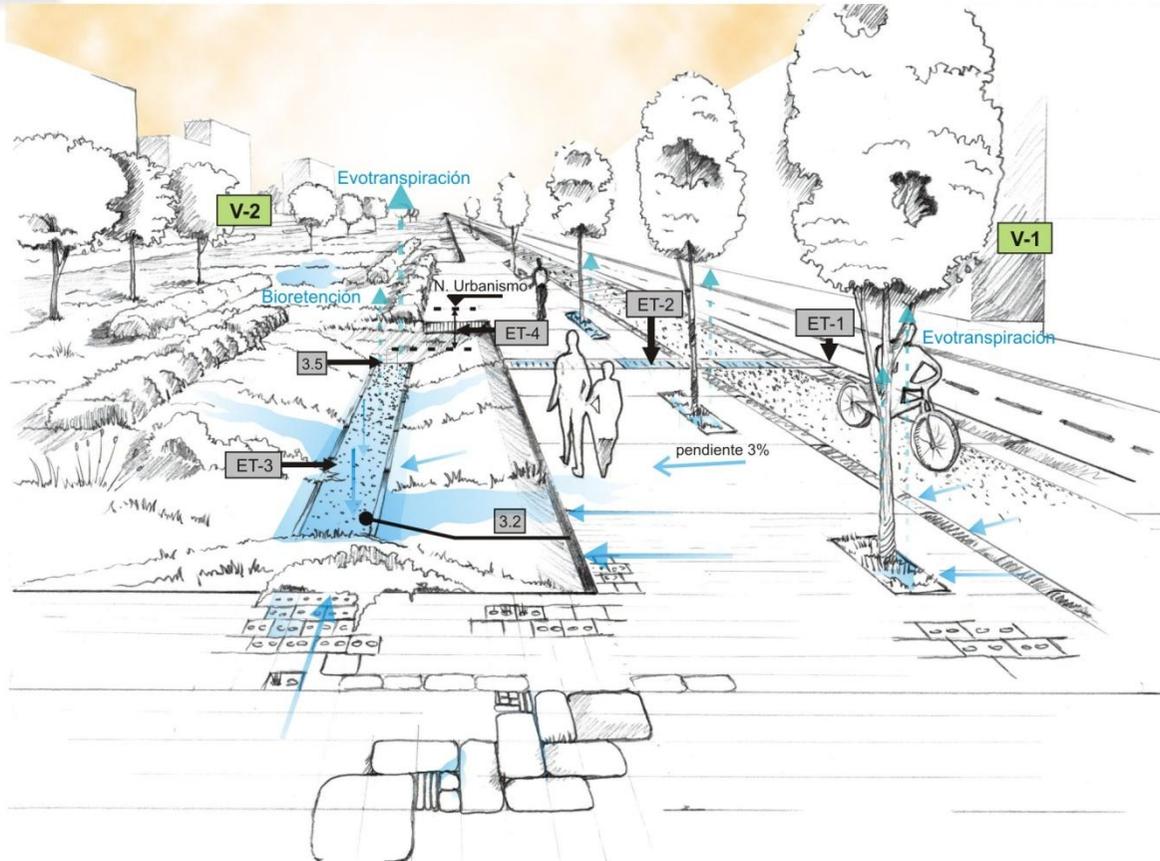
ET-7 Cota de entrada de la Tubería de exceso

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S2.A aplica como separador central para humedales artificiales.

1 Los parques de escala Zonal y vecinal deben poseer 70% de zonas verdes (espacio verde) y 30% de zonas duras además se deberá implementar por lo menos una tecnología de SUDS, de manera que se de manejo a un porcentaje del agua lluvia de andenes, vías o alamedas que rodeen el parque. Este SUDS debe jugar adicionalmente un papel paisajístico y ambiental en el parque.



S.4 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO CONSTRUIDO
Parque de escala vecinal



PERSPECTIVA

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Ver porte alto

V-2

MULTI ESTRATO O PORTE: medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-1 Sistema de cribado

ET-2 Canaleta de Concreto con tapa removible

ET-3 Dren filtrante

3.2 Material Granular de filtro

3.5 Tubería de excesos

ET-4 Cota de entrada de la tubería de exceso

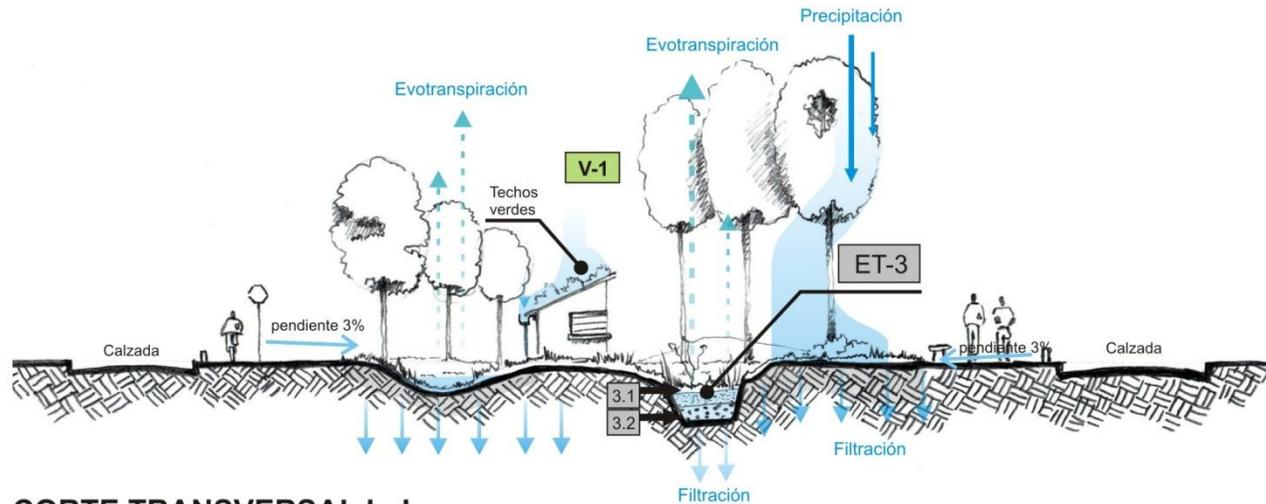
* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No.S1.A aplica como franja de control ambiental para drenes filtrantes.

1 Los parques de escala Zonal y vecinal deben poseer 70% de zonas verdes (espacio verde) y 30% de zonas duras además se deberá implementar por lo menos una tecnología de SUDS, de manera que se de manejo a un porcentaje del agua lluvia de andenes, vías o alamedas que rodeen el parque. Este SUDS debe jugar adicionalmente un papel paisajístico y ambiental en el parque.



S.4

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO CONSTRUIDO
Parque de escala vecinal



CORTE TRANSVERSAL I - I

Ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Vegetación para parques

MULTI ESTRATO O PORTE: Combinación de portes alto, medio, bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados.

Plantación: 3 bolillo, en bosquejo, irregular nunca lineal.

Fuente: CARTILLA DE ARBORIZACION.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-3 Dren filtrante

3.1 capa superficial para soporte de vegetación

3.2 Material Granular de filtro

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No.S1.A aplica como franja de control ambiental para drenes filtrantes.

1 Los parques de escala Zonal y vecinal deben poseer 70% de zonas verdes (espacio verde) y 30% de zonas duras además se deberá implementar por lo menos una tecnología de SUDS, de manera que se de manejo a un porcentaje del agua lluvia de andenes, vías o alamedas que rodeen el parque. Este SUDS debe jugar adicionalmente un papel paisajístico y ambiental en el parque.

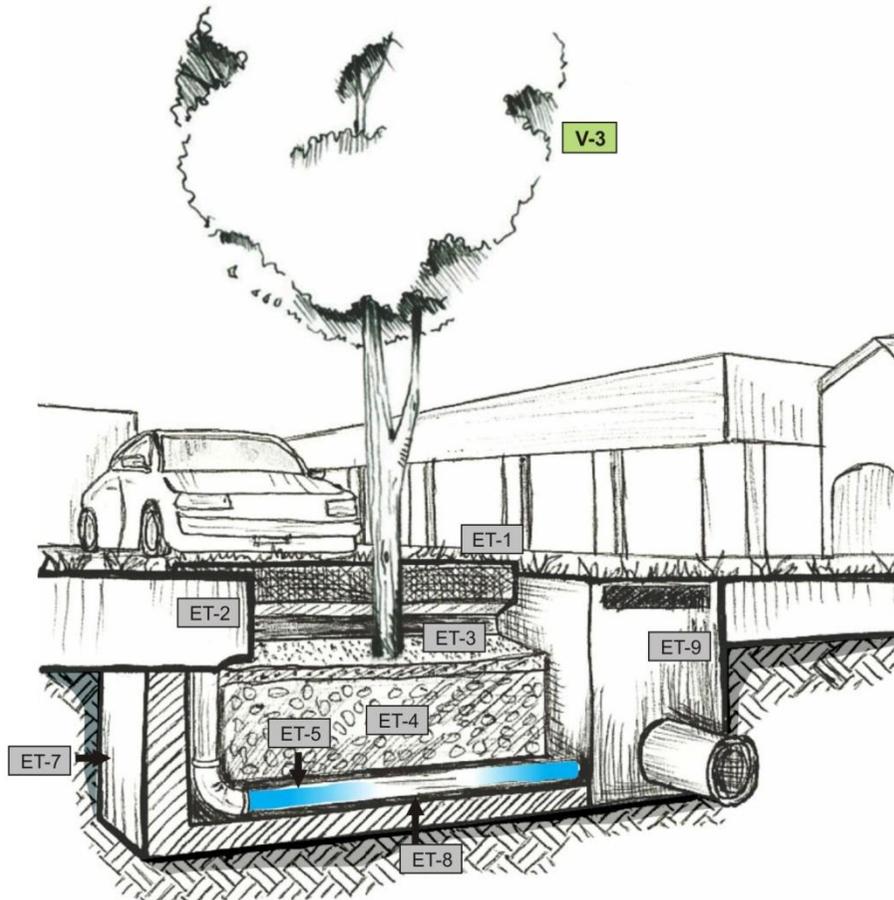


S.1

ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL

Malla vial arterial - Andén alameda / Alcorque



Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-3 Franja de amoblamiento (FA)

MULTI ESTRATO O PORTE: Bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Cobertura vegetal: Con jardines o empedrización

Fuente: CARTILLA DE ARBORIZACION.

Tipo de SUDS

Especificaciones Técnicas

ET-1 Rejilla de alcorque

ET-2 Drenaje a través de sardinel

ET-3 Material granular de filtro

ET-4 Suelo de siembra

ET-5 Tubo de drenaje

ET-7 Contenedor de raíces

ET-8 Geomembrana

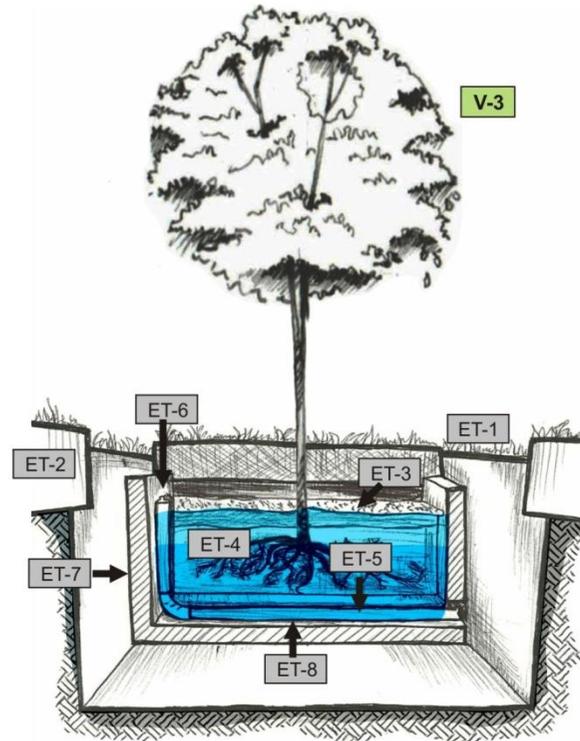
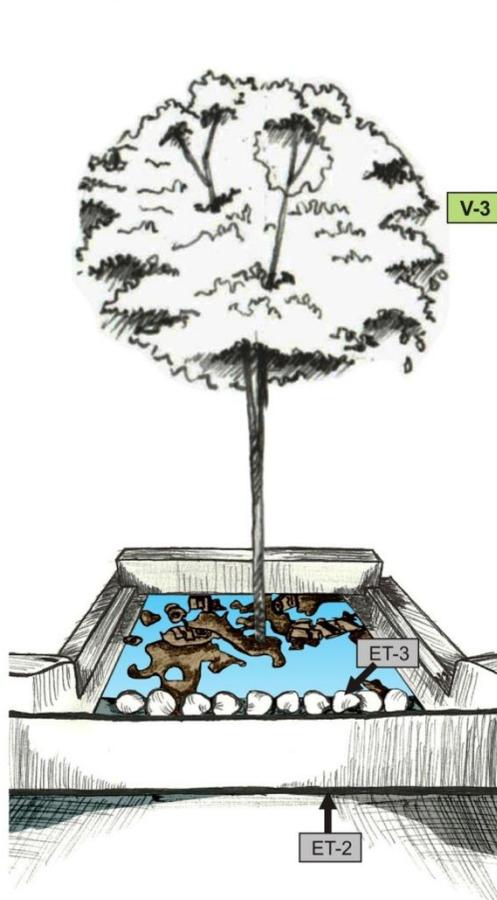
ET-9 Sumidero convencional

* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S1.B

1 La franja de amoblamiento (FA) la que limitan con la franja de servidumbre mayores a 1,40 m, deben tener el 30% como mínimo de espacio verde, adicionalmente en este espacio se deberá implementar por medio de pruebas piloto la tecnología de SUDS del tipo sumidero alcorque inundable, de estos sumideros híbridos se construirán 20 y se determinará su eficiencia operativa de conjunto por medio de las pruebas piloto. (Ver DTS)



S.1 ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS
SISTEMA DE MOVILIDAD/SUBSISTEMA VIAL
Malla vial arterial - Andén alameda / Alcorque



Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-3 Franja de amoblamiento (FA)

MULTI ESTRATO O PORTE: Bajo y arbustivo

Nivel de intrusividad: Bajo a medio

Rusticidad: Media a alta

Procedencia: Nativo

Copa: Variedad-Combinaciones de Cónica, oblonga, semioblonga, globosa, irregular, aparasolada

Cobertura vegetal: Con jardines o empradización

Fuente: CARTILLA DE ARBORIZACION.

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

- ET-1** Rejilla de alcorque
- ET-2** Drenaje a través de sardinel
- ET-3** Material granular de filtro
- ET-4** Suelo de siembra
- ET-5** Tubo de drenaje
- ET-6** Tubería de excesos
- ET-7** Contenedor de raíces
- ET-8** Geomembrana

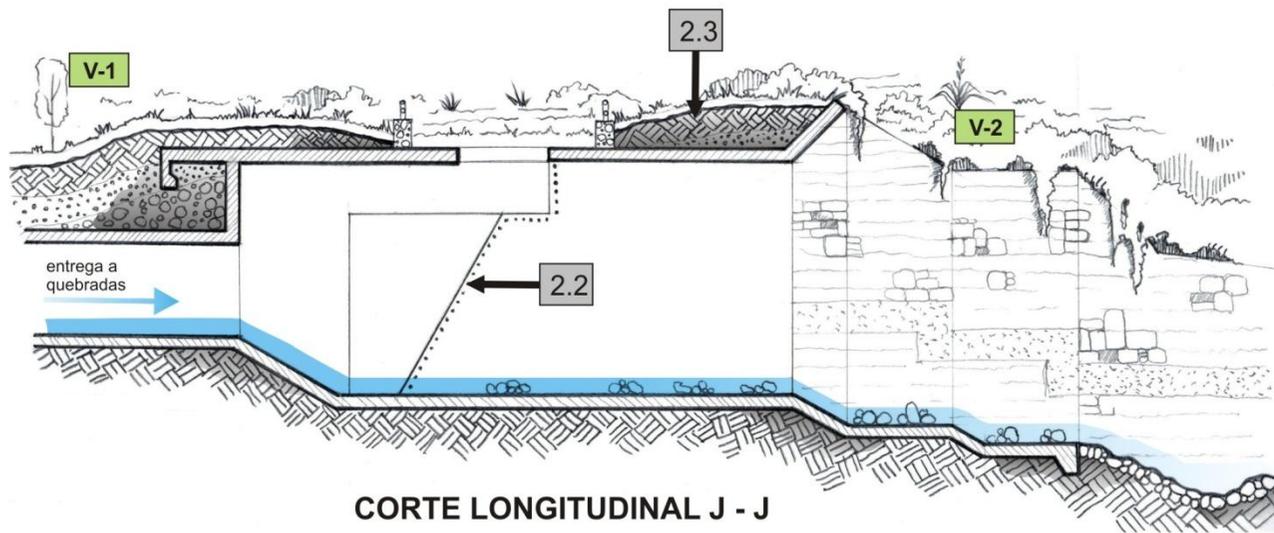
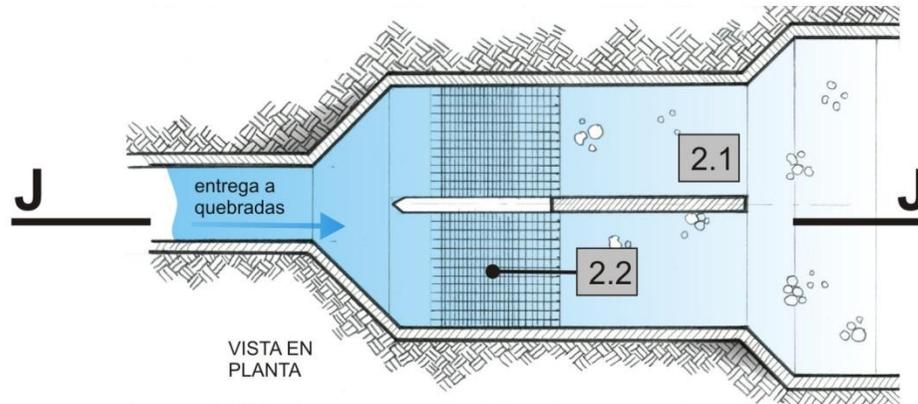
* Especificaciones técnicas ver ficha anexa No S1.B

1 La franja de amoblamiento (FA) la que limitan con la franja de servidumbre mayores a 1,40 m, deben tener el 30% como mínimo de espacio verde, adicionalmente en este espacio se deberá implementar por medio de pruebas piloto la tecnología de SUDS del tipo sumidero alcorque inundable, de estos sumideros híbridos se construirán 20 y se determinará su eficiencia operativa de conjunto por medio de las pruebas piloto. (Ver DTS)



S.5

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL
CORREDORES ECOLÓGICOS DE RONDA Y Z.M.P.A
Descarga de sistemas pluviales a cuerpos de agua



CORTE LONGITUDINAL J - J
COLECTORES MAYORES A 20"

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-1 Manejo paisajístico

Ver vegetación para parques.

V-2 Vegetación enmascaramiento colector

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados

Plantación: En bosquejo, irregular, 3 bolillo, nunca lineal

Vegetación resistente a inundaciones tipo humedad

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-2 Descargas de sistema pluviales a cuerpo de agua
Colectores mayores a 20"

2.1 Dimensionamiento

Colectores de llegada dimensionamiento según diseño hidráulicos finales.

2.2 Estructura de remoción de sólidos

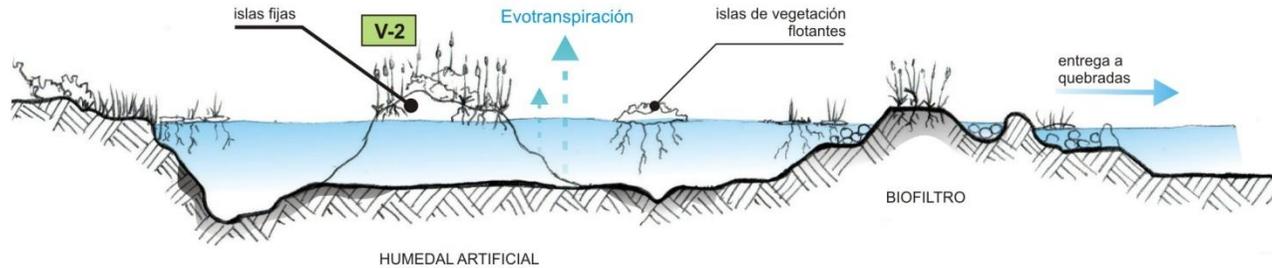
Para el cribado y sedimentación de sólidos suspendidos antes de verter las aguas pluviales a los sistemas de la estructura ecológica principal

2.3 Calidad del paisaje

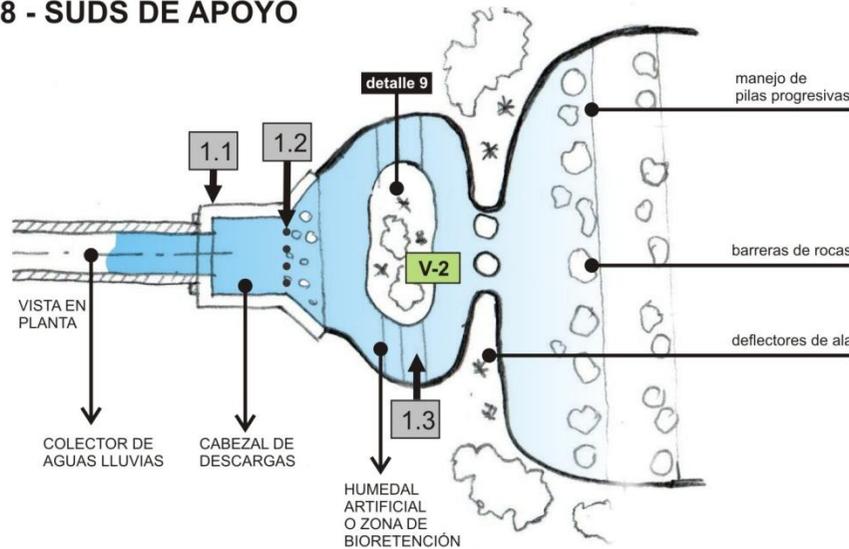
Para las estructuras de remoción de sólidos se hará exigible estar cubiertos y enmascarados en el entorno del cauce de forma que se compatibilice la estética y la calidad del paisaje para los futuros sistemas de alcantarillado pluvial que descargan sobre los cauces naturales receptores



S.5 ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL
CORREDORES ECOLÓGICOS DE RONDA Y Z.M.P.A
Descarga de sistemas pluviales a cuerpos de agua



DETALLE 8 - SUDS DE APOYO



COLECTORES INFERIORES A 20"

ilustró: Arq. Leonardo Bayona T

Condicionantes-vegetación
Especificaciones Técnicas

V-2 Vegetación enmascaramiento colector

Uso obligatorio de coberturas vegetales como jardines, empradizados

Plantación: En bosquete, irregular, 3 bolillo, nunca lineal
Vegetación resistente a inundaciones tipo humedal

Tipo de SUDS
Especificaciones Técnicas

ET-1 Descargas de sistema pluviales a cuerpo de agua
Colectores inferiores a 20"

1.1 Dimensionamiento

Colectores de llegada dimensionamiento según diseños hidráulicos finales.

1.2 Estructura de remoción de sólidos

Para el cribado y sedimentación de sólidos suspendidos antes de verter las aguas pluviales a los sistemas de la estructura ecológica principal

1.3 SUDS de apoyo

Implementar un sistema de SUDS a través del cual transite el caudal de tiempo de retorno de 2.33 años sean estos humedales artificiales o zonas de bioretención

Definiciones



Anden: zona o la franja paralela a la vía de uso vehicular, destinada a la permanencia o tránsito de peatones. Su superficie debe ser dura para circulación, no obstante, dependiendo de la tipología que se defina, pueden generarse composiciones con superficies blandas (zonas verdes). Generalmente el anden se encuentra aun nivel superior al de la calzada para proteger al peatón del tráfico de la escorrentía superficial. El andén puede estar constituido por franjas *funcionales* que delimitan usos específicos.

Franjas funcionales²¹: división en secciones de los andenes en cuatro franjas funcionales, cada una con una función específica

Franja de servicio de la calzada (FS): ubicada entre la calzada y la franja de amoblamiento, su función es servir de protección entre el tráfico rodado y el peatón.

Franja de amoblamiento: franja entre la de servicio de calzada y la de circulación, dentro de la cual se ubica la vegetación y el mobiliario urbano de bogota.

Franja de circulación: es la franja del andén destinada a la circulación peatonal.

Franja de servidumbre de la edificación: es el área adyacente al perímetro de la propiedad, y está vinculada estrechamente al uso de las mismas, entendiéndose nula a efectos de circulación peatonal.

Áreas libres: *las superficies duras o blandas sin cubrir o techar desde el nivel del terreno.*

Área de cubierta: *cualquier superficie horizontal o inclinada que cubra un espacio, esta definición incluye terrazas, azoteas, cubiertas planas e inclinadas.*

Cobertura Vegetal: *Superficies cubiertas con jardines y césped.*

Espacio Verde: *Además de la definición establecida para zona verde en el Decreto Nacional 798 de 2010, se incorpora a la definición los espacios verdes como aquellos que hacen parte del espacio público efectivo establecido, pueden ser arborizadas o no, tienen como objetivo propiciar la generación y sostenimiento ecosistémico de la ciudad y de garantizar el espacio mínimo vital para el desarrollo de los elementos naturales de la ciudad, garantizando la permeabilidad y estabilidad del suelo, la producción de oxígeno y la regulación de la temperatura entre otros beneficios.*

Sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS): *Son sistemas definidos en nuevas áreas a desarrollar o de renovación urbana, con el fin de potenciar el valor ambiental del sistema hídrico y contribuir al manejo de los riesgos ambientales asociados a la escorrentía urbana.*

²¹ Definición cartilla de andenes DECRETO 602 DE 2007 Por el cual se actualiza la Cartilla de Andenes, adoptada mediante Decreto Distrital 1003 de 2000, y se dictan otras disposiciones.



Superficie impermeable: Elemento que no permite la infiltración y deja fluir las aguas lluvias superficialmente.

Superficie permeable: Elemento con capacidad para infiltrar, mantener y manejar las aguas lluvias en un tiempo dado, sin que afecte su estructura.

Superficie dura permeable: materiales, que permiten el paso del agua a través de los mismos permitiendo que esta se infiltre en el terreno o bien sea captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior reutilización y evacuación.

TIPOS DE INUNDACIONES ²²

Inundación

Es un evento natural y recurrente que se produce en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, desbordan e inundan llanuras de inundación, en general, aquellos terrenos aledaños a los cursos de agua. Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial y encharcamiento.

Inundación de tipo aluvial (inundación lenta)

Se produce cuando hay lluvias persistentes y generalizadas dentro de una gran cuenca, generando un incremento paulatino de los caudales de los grandes ríos hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento; se produce entonces el desbordamiento y la inundación de las áreas planas aledañas al cauce principal. Las crecientes así producidas son inicialmente lentas y tienen una gran duración.

Inundación de tipo torrencial (inundación súbita)

Producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas. El área de la cuenca aportante es reducida y tiene fuertes pendientes. El aumento de los caudales se produce cuando la cuenca recibe la acción de las tormentas durante determinadas épocas del año, por lo que las crecientes suelen ser repentinas y de corta duración. Estas inundaciones son generalmente las que causan los mayores estragos en la población por ser intempestivas.

Encharcamiento

Fenómeno a causa de la saturación del suelo producidas por lluvias normales, caracterizado por la presencia de láminas delgadas de agua sobre la superficie del suelo en pequeñas extensiones y por lo general, presente en zonas moderadamente onduladas a planas. El fenómeno puede durar desde pocas horas hasta algunos días. En la ciudad, se presentan por deficiencias o falta de drenajes de aguas lluvias.

²² Informe FOPAE <http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/fopae/inundaciones/general>



Bibliografía



AYUNTAMIENTO DE TRES CANTOS, Ordenanza Municipal De Urbanización Y Edificación Bioclimática. 2004.

CENTER FOR WATERSHED PROTECTION CWP. TECHNICAL MEMORANDUM: The runoff reduction method. Ellicot City MD, 2008. Página 14.

CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION CIRIA. The SUDS manual. Londres, 2007. ISBN 978-0-86017-697-8 Páginas 4-24.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADLO DE BOGOTA EAAB CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 1-02-25500-0626-2009 Consorcio borde norte Bogotá lineamientos paisajísticos subproducto 4.1.15 Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del borde norte de la ciudad de Bogotá. 2011.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADLO DE BOGOTA EAAB CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 1-02-25500-0626-2009 Estudio hidrológico de carácter regional para el POZ Norte. EAAB 2011 producto 4.1.3, Bogotá, página 11 2011.

HIGUERAS, ESTER. Buenas prácticas en arquitectura y urbanismo para Madrid Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética. Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid. 2009.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES "IDEAM" y EL FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS "FOPAE", Estudio de la Caracterización Climática de Bogotá. 2007.

NORTH CAROLINA DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES. Stormwater best management practices design manual. Julio, 2007.

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE SDA, Cartilla de Arborización contrato No 1492 de 2010 el cual se encuentra en proceso de publicación.

VIRGINIA DEPARTMENT OF CONSERVATION AND RECREATION. Stormwater Design Specification No. 9, 2011.

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, TESIS DOCTORAL Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos Ligeros, Jorge Rodríguez Hernández, 2007.

URBAN HYDROLOGY FOR SMALL WATERSHEDS TECHNICAL REPORT 55. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Washington D.C., 1986.