

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Centro de Investigaciones en Acueductos y
Alcantarillados
CIACUA



CÁTEDRA PAVCO

**Sumideros en alcantarillados de aguas lluvias.
Diseños típicos utilizados en Colombia y
mecanismos de retención de sólidos.**

Informe Final

Bogotá, Febrero de 2009

Tabla de Contenido

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 2 | OBJETIVOS | 5 |
| 2.1 | OBJETIVOS GENERALES | 5 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 3 | EQUIPO DE TRABAJO | 6 |
| 3.1 | PAVCO S.A..... | 6 |
| 3.1.1 | Universidad de los Andes..... | 6 |
| 4 | GENERALIDADES DE LOS SUMIDEROS..... | 7 |
| 4.1 | DEFINICIÓN | 7 |
| 4.2 | ELEMENTOS DE LOS SUMIDEROS | 8 |
| 4.2.1 | Rejilla..... | 8 |
| 4.2.2 | Marco para Rejilla | 8 |
| 4.2.3 | Tapa para Sumidero..... | 9 |
| 4.3 | DISPOSITIVOS PARA LA RETENCIÓN DE SÓLIDOS | 9 |
| 4.4 | MATERIALES Y TENDENCIAS | 9 |
| 4.5 | TIPOS DE SUMIDEROS..... | 10 |
| 4.5.1 | Sumideros de ventana (Curb opening inlet) | 10 |
| 4.5.2 | Sumideros de rejilla en cuneta (Grate Inlet) | 11 |
| 4.5.3 | Sumideros combinados o mixtos (Combination Inlet) | 11 |
| 4.5.4 | Sumideros transversales o de rejillas en calzada (Slotted Drain) | 12 |
| 5 | NORMAS TÉCNICAS – DISEÑO DE SUMIDEROS..... | 13 |
| 5.1 | FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE INTERCEPCIÓN DE ENTRADA Y LA EFICIENCIA | 14 |
| 5.2 | SELECCIÓN DEL TIPO DE REJILLA | 15 |
| 5.3 | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE DRENAJE..... | 15 |
| 5.4 | DIMENSIONAMIENTO DE LAS MEDIDAS DEL SUMIDERO..... | 15 |
| 5.5 | DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE CONEXIÓN AL SUMIDERO..... | 16 |
| 5.6 | UBICACIÓN DE ENTRADAS..... | 16 |
| 5.7 | PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA SUMIDEROS EN ZONAS CON PENDIENTE..... | 18 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.8 | PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA SUMIDEROS EN DEPRESIONES O BATEAS..... | 23 |
| 5.9 | ÁREA DE CAPTACIÓN DE LAS REJILLAS | 24 |
| 5.10 | CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LOS SUMIDEROS | 24 |
| 6 | <i>ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS EN LOS SUMIDEROS PARA RETENCIÓN DE SÓLIDOS</i> | 27 |
| 6.1 | SISTEMAS DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS..... | 28 |
| 6.1.1 | Sistemas de retención de sólidos durante las obras de construcción | 28 |
| 6.1.2 | Sistemas de retención de sólidos dentro del medio ambiente construido..... | 30 |
| 6.1.3 | Inlet Inserts..... | 31 |
| 6.1.4 | Outlet Inserts..... | 43 |
| 6.1.5 | Sistemas de separación hidrodinámica..... | 45 |
| 6.2 | OTROS TIPOS DE REJILLAS..... | 46 |
| 7 | <i>MANTENIMIENTO</i> | 49 |
| 8 | <i>OTROS TEMAS RELACIONADOS</i> | 51 |
| 8.1 | CASOS DE OTRAS CIUDADES | 51 |
| 8.2 | TIPOS DE CONTAMINANTES PRESENTES EN LAS AGUAS LLUVIAS ... | 53 |
| 9 | <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i> | 56 |
| 10 | <i>BIBLIOGRAFIA.....</i> | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4-1 | Limpieza de sumideros | 8 |
| Figura 4-2 | Sumideros de Ventana | 10 |
| Figura 4-3 | Sumideros de rejilla | 11 |
| Figura 4-4 | Sumideros Combinados | 11 |
| Figura 4-5 | Tipos de sumideros de acuerdo a la forma de captación (a) Sumidero de rejilla en cuneta (b) sumidero de ventana (c) sumidero combinado (d) sumidero transversal | 12 |
| Figura 5-1 | Localización de sumideros de acuerdo con el Anexo 6.18 de las Normas EMCALI | 18 |
| Figura 5-2 | Variables de captación para un sumidero de rejilla tipo utilizado en la EAAB | 21 |
| Figura 5-3 | Curvas para estimar el caudal de captación en función de la longitud real del sumidero | 26 |
| Figura 6-1 | Protección de rejillas con fibras de poliuretano | 28 |
| Figura 6-2 | Bolsas de grava para proteger sumideros..... | 29 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 6-3 Membrana de retención de sólidos mezclada con el flujo | 29 |
| Figura 6-4 United Store Water Drainpac Curb Inlet | 32 |
| Figura 6-5 Inlet tipo canasta Enviropod Stormwater 360 Simple | 33 |
| Figura 6-6 Sumidero de rejilla con canasta filtrante | 33 |
| Figura 6-7 Filtro Urbano | 34 |
| Figura 6-8 Accesorio de canasta filtrante para sumidero de ventana | 34 |
| Figura 6-9 Canasta filtrante | 35 |
| Figura 6-11 Sistema de canastas filtrantes con filtros especializados en contaminantes específicos | 36 |
| Figura 6-12 Unidad de limpieza | 37 |
| Figura 6-13 Sistema de bandejas | 38 |
| Figura 6-14 Precipitación pluvial tipo I. bandejas | 38 |
| Figura 6-15 Sistema de medias “socks” filtrantes | 39 |
| Figura 6-16 Precipitación pluvial tipo II | 39 |
| Figura 6-17 Stream Guard | 40 |
| Figura 6-18 Malla tejida de polipropileno | 40 |
| Figura 6-20 Sistema de retención de sólidos por rejillas diagonales | 42 |
| Figura 6-21 Sistema de retención de sólidos por rejillas diagonales para edificaciones | 43 |
| Figura 6-22 Pantallas protectoras | 43 |
| Figura 6-23 Outlet Insert Scout TM. Atrapa sólidos de gran tamaño | 44 |
| Figura 6-24 Drainage Match Basin Protection. Atrapa grasas y aceites | 44 |
| Figura 6-25 Sistema de separación hidrodinámica de sólidos | 45 |
| Figura 6-26 Rejilla Tipo Espiga | 46 |
| Figura 6-27 Rejilla ranurada | 46 |
| Figura 6-28 Rejilla combinada | 47 |
| Figura 6-29 Rejillas tipo I y II | 48 |
| Figura 6-30 Marco y rejilla ranurada | 48 |
| Figura 6-31 Rejilla circular | 49 |
| Figura 7-1 (a) Remoción manual del material (b) Camión succionador (vacuum truck) utilizado para vaciar mecánicamente los sólidos retenidos en la inserción del sumidero (c) Personal entrenado para el mantenimiento de los sumideros | 50 |
| Figura 8-1 Sistema utilizados en Colorado y Washington | 52 |
| Figura 8-2 Estructuras de retención utilizados en la ciudad de Los Ángeles | 53 |

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de drenaje pluvial son típicamente diseñados para conducir adecuadamente el agua proveniente de la escorrentía superficial tan pronto como sea posible. Aunque estos sistemas están diseñados para conducir el agua lluvia, es posible que al sistema también entren contaminantes provenientes del primer lavado luego de una tormenta. Contrariamente a lo que se piensa comúnmente, los desechos de las mascotas, los aceites y otros materiales no van a las plantas de tratamiento de aguas residuales, sino que llegan directamente a los cuerpos de agua como ríos, arroyos y lagos, causando impensables consecuencias.

Los sumideros son elementos de gran importancia dentro de la infraestructura de los alcantarillados de aguas lluvias, teniendo en cuenta que son las estructuras encargadas de recolectar la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje y conducirla al sistema de tuberías de alcantarillado dentro de unas condiciones seguras para los vehículos, las edificaciones y los peatones.

Para evitar los problemas que se mencionaron anteriormente, hoy en día se han diseñado estructuras de retención, que minimizan el paso de basuras y sustancias que pueden no solo contribuir al colapso de los sistemas de alcantarillado pluvial, sino que pueden generar graves problemas de contaminación a los cuerpos de agua receptores.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

- Realizar el estado del arte de los sumideros existentes, diseños típicos utilizados en Colombia y mecanismos utilizados recientemente para la retención de sólidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los elementos componentes de los sumideros.
- Identificar los principales problemas presentados en los sumideros tradicionales, así como sus causas y efectos en los sistemas de alcantarillado.
- Describir las características de los sumideros fabricados con tecnología de punta y determinar sus posibles ventajas y desventajas con respecto a los tradicionales.

3 EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo de la investigación “Sumideros en alcantarillados combinados. Diseños típicos utilizados en Colombia y mecanismos de retención de sólidos” estuvo conformado por personal de PAVCO S.A. y un equipo de trabajo de la Universidad de los Andes. Las personas vinculadas al proyecto se mencionan a continuación:

3.1 PAVCO S.A.

Gerente General Tubosistemas AMANCO Colombia

Carlos M. González Vega

Director Comercial y de Mercadeo

Ernesto Guerrero Molina

Gerente Técnico Infraestructura

Enrique Gonzáles.

Gerente de Producto

Inés Elvira Wills.

Asistente de Mercadeo

Zoraida Castro.

3.1.1 Universidad de los Andes

El equipo de trabajo por parte de la Universidad de los Andes estuvo conformado por Ingenieros Civiles, Asistentes Graduados (Ingenieros Estudiantes de Maestría en Ingeniería Civil) y monitores de investigación (estudiantes de pregrado en Ingeniería Civil y en Ingeniería Ambiental).

Director del Proyecto

Ing. Juan G. Saldarriaga.

Coordinadora de Operaciones

Elizabeth Rodríguez Salinas

Asistentes Graduados

Ing. Fabio Elías Amador

Ing. Julián Darío Arbeláez.

Ing. Angela Ma. Donoso Rojas.

Monitores de Investigación

Juan Camilo Rueda Ariza.

4 GENERALIDADES DE LOS SUMIDEROS

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales, pluvial y combinadas están conformados por dos componentes: la red de colectores y estructuras adicionales o complementarias cuyo fin es asegurar que el sistema opere satisfactoriamente y pueda ser inspeccionado y mantenido correctamente. Dentro de las estructuras complementarias se encuentran los sumideros.

4.1 DEFINICIÓN

Los sumideros son estructuras encargadas de recolectar la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje y conducirla al sistema de tuberías de alcantarillado dentro de unas condiciones seguras para vehículos, las edificaciones y los peatones. La existencia de un sistema de sumideros permite controlar el nivel máximo y el ancho de la lámina de flujo en las zonas urbanas evitando que se presenten problemas asociados con las inundaciones de las propiedades públicas y privadas.

La capacidad hidráulica de un sumidero depende de su geometría, así como también de las características del flujo en la cuneta. A su vez, dicha capacidad gobierna tanto el caudal de flujo que continúa en la vía (sobre la cuneta) como el caudal que entra a la red de drenaje. Una inadecuada capacidad de captación y/o una errada ubicación puede causar inundaciones y pérdidas económicas para la sociedad¹. La capacidad de recolección de aguas lluvias del conjunto de sumideros debe ser consistente con la capacidad de evacuación de la red de colectores para garantizar que el caudal de diseño efectivamente llegue a la red de evacuación.

La inspección de sumideros puede realizarse utilizando equipos o mediante la inspección visual. Es necesario verificar las condiciones hidráulicas y estructurales con el fin de determinar la necesidad de reparación y/o rehabilitación de estas estructuras.

La inspección externa consiste en el reconocimiento superficial del sumidero, en donde se puede evaluar el nivel y el estado de las tapas del sumidero. La inspección interior permite el reconocimiento de las afectaciones al interior del sumidero, la cual puede realizarse con ayuda de un equipo de televisión o cualquier otro equipo. Por medio de una óptima

¹ Fuente: HEC 22.

inspección se pueden evaluar cualitativamente otros aspectos como son: obstáculos al flujo, desgaste, corrosiones internas, deformaciones, grietas, fugas, infiltraciones, entre otros.

La limpieza de sumideros debe realizarse mediante un equipo adecuado. Esta labor consiste en limpiar completamente tanto la sección transversal como el trayecto desde la estructura del sumidero hasta el pozo de inspección o la red, si el es caso. (Ver Figura 4-1).

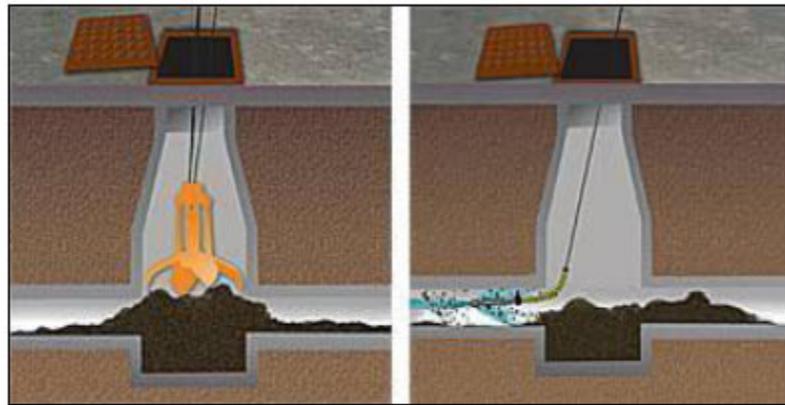


Figura 4-1 Limpieza de sumideros

4.2 ELEMENTOS DE LOS SUMIDEROS

4.2.1 Rejilla

Es el elemento superior de la estructura de captación, el cual cumple la función de permitir el paso del agua de escorrentía superficial al sumidero e impedir el ingreso de elementos flotantes o sólidos gruesos al sistema de alcantarillado.

Las rejillas deben resistir como mínimo el paso vehicular, garantizando la integridad de las mismas al estar sometidas bajo carga sin que se produzcan grietas, rotura o cualquier avería.

4.2.2 Marco para Rejilla

Es un elemento rectangular que sirve de separación entre el pavimento y la rejilla para evitar que se adhieran.

4.2.3 Tapa para Sumidero

Es el elemento utilizado para tapar el orificio de acceso para realizar la inspección o el mantenimiento del sumidero.

Las rejillas, marcos y tapas deben fabricarse mediante un proceso tal que garanticen la buena operación y funcionalidad del producto. Deben presentar un acabado uniforme, la superficie superior debe ser de textura lisa, sin hormigueos, no presentar grietas ni fisuras, ausencia de brillo y propiedades reflectivas. No deben sobresalir rebabas ni gránulos que imposibiliten su acople o instalación.

4.3 DISPOSITIVOS PARA LA RETENCIÓN DE SÓLIDOS

Con el fin de impedir el paso de sedimentos, basuras y otras sustancias al sistema de alcantarillado, hoy en día es común encontrar diferentes dispositivos instalados dentro de los sumideros. Estos dispositivos serán descritos en los próximos capítulos.

4.4 MATERIALES Y TENDENCIAS

Los materiales utilizados para la fabricación de rejillas, marcos para rejillas y tapas deben ser durables, resistentes a las cargas ocasionadas por el tráfico y al deterioro debido al medio ambiente, y de fácil operación para su remoción con herramientas manuales. Los materiales que el EAAB acepta para la fabricación de marcos y tapas son: hierro dúctil, concreto reforzado, fibrocemento, plásticos no reciclables como el polipropileno de alto impacto. Las rejillas varían dependiendo de la aplicación, y pueden ser construidas en hierro dúctil, inoxidable o acero galvanizado, así como de materiales compuestos de resina o fibra de vidrio, y deben protegerse con pintura anticorrosiva.

El concreto debe cumplir los requisitos exigidos de resistencia mínima a la compresión y absorción. El refuerzo a colocar en las rejillas, marcos y tapas fabricadas en concreto reforzado debe cumplir con los requisitos exigidos por cada entidad. El acero de refuerzo debe estar completamente embebido en el concreto. El hierro dúctil debe cumplir con lo especificado en las normas. Las resinas utilizadas deben ser tales que aseguren la resistencia al desgaste, a los rayos ultravioleta y a la indentación. Si se utilizan materiales

de refuerzo, se debe tener un agente que asegure la adherencia entre este material y la resina.²

4.5 TIPOS DE SUMIDEROS

Los sumideros se han clasificado principalmente en 4 tipos, teniendo en cuenta la forma de la estructura de captación:

4.5.1 Sumideros de ventana (Curb opening inlet)

Las estructuras de captación consisten en una serie de aberturas en la acera a manera de ventana lateral que permiten la captación del agua que fluye por la cuneta. La ventana puede estar deprimida con respecto a la cuneta, lo cual permite mayor captación de escorrentía. Tiene la ventaja de que por su ubicación no interfiere con el tránsito, pero su mayor inconveniente radica en que captan fácilmente sedimentos y desperdicios. Esto último puede mitigarse con la colocación de las rejillas adecuadas en la ventana. Su eficiencia hidráulica disminuye si no existe depresión en la cuneta o si el sumidero se encuentra localizado en cunetas con pendiente longitudinal pronunciada. Su longitud mínima es de 1,5 m, la depresión transversal debe tener un ancho entre 0,3 a 0,6 m con una pendiente hasta de 8%. No es recomendable su uso en calles con pendientes longitudinales mayores al 3%.³



Figura 4-2 Sumideros de Ventana

² Tomado de la norma NP-023 de la EAAB.

³ RAS 2000

4.5.2 Sumideros de rejilla en cuneta (Grate Inlet)

Estas estructuras de captación consisten en una serie de cajas donde penetran las aguas de escorrentía, cubiertas con una rejilla, preferiblemente con barras en sentido paralelo al flujo. Pueden colocarse de manera diagonal para favorecer el tránsito de bicicletas, a menos que la separación de las barras paralelas al flujo sea de menos de 2,5 cm. Su mayor ventaja radica en la mayor capacidad de captación que estos sumideros obtienen en zonas con pendientes longitudinales pronunciadas. Sin embargo, tienen la desventaja de que pueden captar desperdicios en la superficie lo que puede reducir el área útil de la rejilla⁴.



Figura 4-3 Sumideros de rejilla

4.5.3 Sumideros combinados o mixtos (Combination Inlet)

Los sumideros combinados o mixtos consisten en combinaciones de los dos tipos mencionados anteriormente, los cuales pretenden mejorar la eficiencia del sumidero de ventana y al mismo tiempo reducir la ocupación sobre la calzada del sumidero de rejillas. Su uso es recomendable en sitios donde inicialmente es preferible utilizar un sumidero de ventana pero la eficiencia de captación obtenida con este es menor al 70%.⁵



Figura 4-4 Sumideros Combinados

⁴ RAS 2000

⁵ RAS 2000

4.5.4 Sumideros transversales o de rejillas en calzada (Slotted Drain)

Consisten en cajas transversales a la vía y a todo lo ancho de ésta, cubiertas con rejillas. Su mayor inconveniente es el daño frecuente por el peso de los vehículos y la captación de desperdicios que reducen su área de captación de flujo⁶. Se utilizan en casos en que se requiera captar gran cantidad de flujo antes de que llegue a rodar por la vía.⁷

En la Figura 4-5 se muestran esquemáticamente los tipos de sumideros mencionados anteriormente. Nótese la existencia de las pendientes transversales para mejorar la capacidad de captación alrededor de cada uno de ellos.

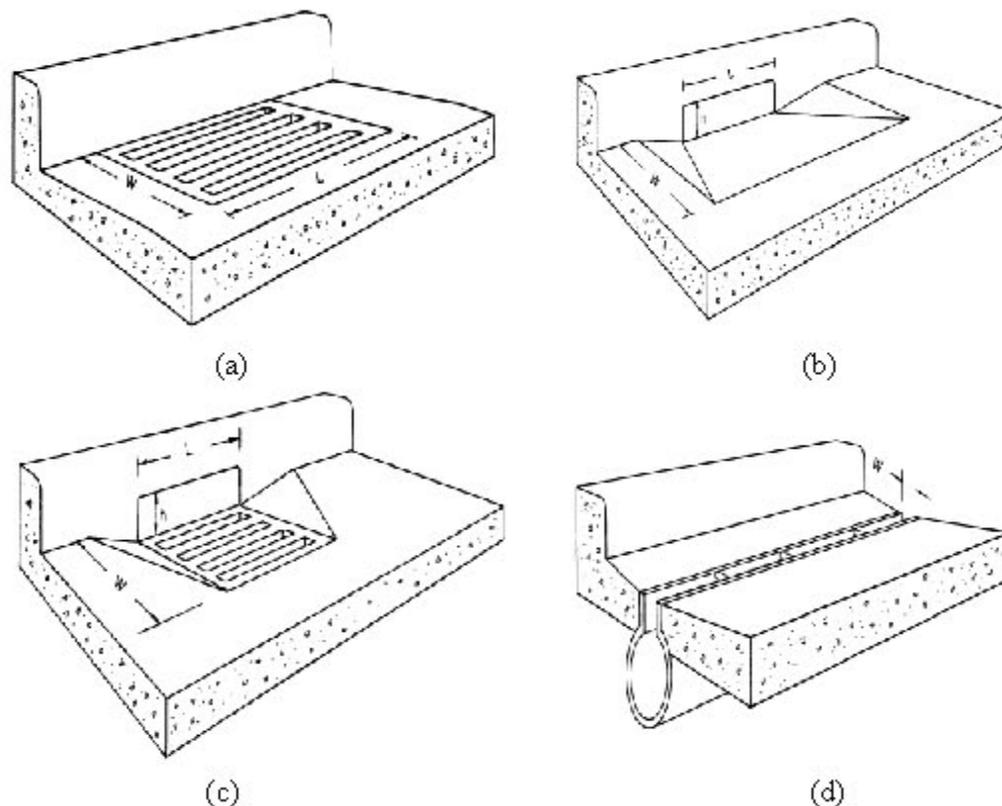


Figura 4-5 Tipos de sumideros de acuerdo a la forma de captación (a) Sumidero de rejilla en cuneta (b) sumidero de ventana (c) sumidero combinado (d) sumidero transversal

⁶ RAS 2000

⁷ HEC 22

5 NORMAS TÉCNICAS – DISEÑO DE SUMIDEROS

El diseño de sumideros consiste en determinar las características del sumidero a utilizar bajo unas condiciones de operación dadas. El diseño óptimo está definido como aquel más económico teniendo en cuenta el tipo de sumidero, la capacidad de captación y el ancho de la lámina de flujo sobre la vía. La principal característica asociada al diseño de sumideros es la capacidad de captación necesaria para controlar el ancho de la lámina de flujo sobre las vías. Mientras mayor sea el ancho de la lámina de agua sobre la vía mayor es el riesgo asociado con accidentes y demoras a los usuarios (Nicklow, 2001).

El diseñador debe utilizar la frecuencia de diseño y la lámina de agua que cumpla con las necesidades del proyecto en particular. La Tabla 5-1 proporciona sugerencias de criterios de diseño mínimo de acuerdo a la clasificación de la vía y la importancia de la misma⁸.

Tabla 5-1 Frecuencia de diseño mínima sugerida y ancho de lámina de agua asociada

| Clasificación de la vía | | Frecuencia de diseño | Ancho de diseño |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| Alto volumen o Dividido o Bidireccional | < 70 Km/h (45mph) | 10 años | Berma + 1m (3 pies) |
| | > 70 Km/h (45mph) | 10 años | Berma |
| Colector | Puntos bajos | 50 años | Berma + 1m (3 pies) |
| | < 70 Km/h (45mph) | 10 años | ½ carril |
| | > 70 Km/h (45mph) | 10 años | Berma |
| Calle local | Puntos bajos | 10 años | ½ carril |
| | Bajo TPDA | 5 años | ½ carril |
| | Alto TPDA | 10 años | ½ carril |
| | Puntos bajos | 10 años | ½ carril |

El diseño de los sumideros debe ser compatible con la capacidad de las redes de alcantarillado. La capacidad de recolección de aguas lluvias del conjunto de sumideros de un sistema pluvial o combinado debe ser consistente con la capacidad de evacuación de la red de colectores para garantizar que el caudal de diseño efectivamente llegue a la red de evacuación; para tal efecto, los caudales de diseño son los mismos que los adoptados para las redes de alcantarillado.

⁸ HEC 22

Los datos de entrada para un problema de diseño de sumideros son:

- Caudal de diseño, teniendo en cuenta que el diseño debe ser compatible con la capacidad de las redes de alcantarillado.
- Características del pavimento: rugosidad, sección transversal y geometría longitudinal.
- Datos de la lluvia: intensidad, duración y frecuencia para la tormenta de diseño.
- Pendiente longitudinal: lugares donde la pendiente longitudinal cambia.
- Pendiente transversal de la vía y la cuneta.
- Características del sumidero: tipo, tamaño y configuración.
- Flujos adicionales: flujos discretos en aquellos lugares donde descargas puntuales son adicionales.

La norma de EEPP establece que para efectos de mantenimiento correctivo y preventivo, los sumideros deben conectarse siempre a una cámara de inspección.

5.1 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE INTERCEPCIÓN DE ENTRADA Y LA EFICIENCIA⁹

La capacidad de intercepción de entrada, Q_i , es el flujo interceptado por una entrada bajo un determinado conjunto de condiciones. La eficiencia de una entrada corresponde al porcentaje total que la entrada puede interceptar bajo esas condiciones. Esta eficiencia puede variar si se presentan cambios de pendiente transversal, la pendiente longitudinal, la rugosidad del pavimento, entre otros. La eficiencia E se define como:

$$E = \frac{Q_i}{Q}$$

Ecuación 5-1

Donde:

E = Eficiencia de la entrada

Q = Flujo total sobre la canal m^3/s

Q_i = Flujo interceptado m^3/s

⁹ Tomado del HEC 22.

El flujo que no es interceptado por la entrada se define como:

$$Q_0 = Q - Q_i$$

Ecuación 5-2

La capacidad de intercepción de una entrada se incrementa con el aumento del caudal, y la eficiencia de la entrada decrece con la reducción del mismo. La capacidad de intercepción de una rejilla de entrada depende de la cantidad de agua que fluye a través de la misma, del tamaño y la configuración de la rejilla y la velocidad del flujo en la cuneta.

5.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE REJILLA.¹⁰

Para seleccionar el tipo de rejilla a utilizar se deben tener en cuenta la eficiencia hidráulica, el manejo de desechos, la seguridad peatonal y de bicicletas y condiciones de carga.

5.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE DRENAJE

El diseño óptimo está definido como la configuración de estructuras de captación que drena adecuadamente una sección de pavimento y entrega el costo mínimo. Los objetivos del diseño pueden establecerse como:

- Minimizar el costo del sumidero, el cual incluye material, instalación y mantenimiento. Lo anterior está sujeto a las leyes físicas que gobiernan la hidráulica del drenaje urbano y a las restricciones sobre el ancho máximo de la lámina de agua permisible sobre el pavimento.
- Estos puede resolverse por ensayo y error, aunque existen algunos intentos por desarrollar metodologías de control y optimización al diseño de sumideros (Nicklow & Hellman, 2001).

5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS MEDIDAS DEL SUMIDERO

La longitud de cada sumidero depende de la capacidad de captación que se requiera en el punto de ubicación. El caudal que se capta depende del nivel de flujo sobre la cuneta y la forma en que esté conformada la geometría del sumidero ya sea de rejilla, ventana o combinado.

¹⁰ HEC 22.

Cada forma de sumidero tiene un ancho definido por estándares de fabricación (o por normas técnicas que regulan algunas municipalidades), y el diseñador debe determinar la longitud total del conjunto de sumideros de acuerdo a la capacidad de captación requerida. En la mayoría de los casos el diseñador sólo debe decidir donde ubicar las estructuras de acuerdo con el caudal que se necesita recolectar.

Por lo general cada sumidero tiene una ecuación de diseño en función de su forma o configuración en la cual se analiza el comportamiento del flujo a la entrada de la estructura con el fin de corroborar las leyes hidráulicas que más se asemejan a su funcionamiento, ya sea como vertedero u orificio. El diseñador utiliza por lo general las ecuaciones de diseño o curvas de captación que proporcionan los manuales y normas de alcantarillado (Norma RAS, Normas EEPPM, Normas EAAB, Normas EMCALI, etc.) y luego afecta el caudal captado por una eficiencia definida en la literatura, proporcionada por el fabricante o soportada por su propia experiencia.

5.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA DE CONEXIÓN AL SUMIDERO

La norma RAS 2000 establece que el dimensionamiento de la tubería de conexión del sumidero al sistema de alcantarillado, ya sea un pozo o fuentes receptoras, debe tener un diámetro mínimo de 200 mm, pendiente superior al 2 % y, en general, no debe tener una longitud mayor de 15 m.

5.6 UBICACIÓN DE ENTRADAS

Las entradas se ubican de acuerdo con las características del área de drenaje y la capacidad de captación de los sumideros, pero existen sitios en donde los manuales y las normas los recomiendan:

- Puntos bajos y depresiones de la zona de drenaje.
- Cambios de pendiente longitudinal de las vías, que en realidad corresponden a puntos bajos locales.
- Aguas arriba de puentes, terraplenes y dentellones que corresponden a sitios donde se pueden presentar concentraciones de escorrentía superficial.
- Aguas abajo de puentes para captar la escorrentía generada por estos.
- Aguas arriba de las intersecciones de calles para evitar que el tráfico deba sortear las corrientes superficiales.

- Aguas arriba de los cruces peatonales para que los peatones no se vean obligados a cruzar las corrientes de escorrentía.
- Al final de cualquier canal o cambio de sección.
- En puntos donde se requiera evitar que se produzca escorrentía sobre andenes.

Como ejemplo a lo anterior, la Norma EMCALI establece la ubicación de sumideros de la siguiente manera:

1. Sumidero requerido por sobrepeso indeseable.
2. Sumidero requerido para evitar área de inundación excesiva en las esquinas.
3. Sumidero requerido por falta de capacidad de la calle.
4. Sumidero requerido por punto bajo y/o acceso a puente.
5. Sumidero adicional requerido por función básica.
6. Sumidero por capacidad aumentada por función básica.

Lo anterior se puede observar esquemáticamente en la Figura 5-1:

La EAAB establece que el procedimiento de diseño para la captación de la escorrentía superficial consiste en determinar el espaciamiento de los sumideros, a partir de una geometría única de los mismos y su capacidad de captación, un caudal de diseño y un ancho de inundación de la vía “T” permisible.

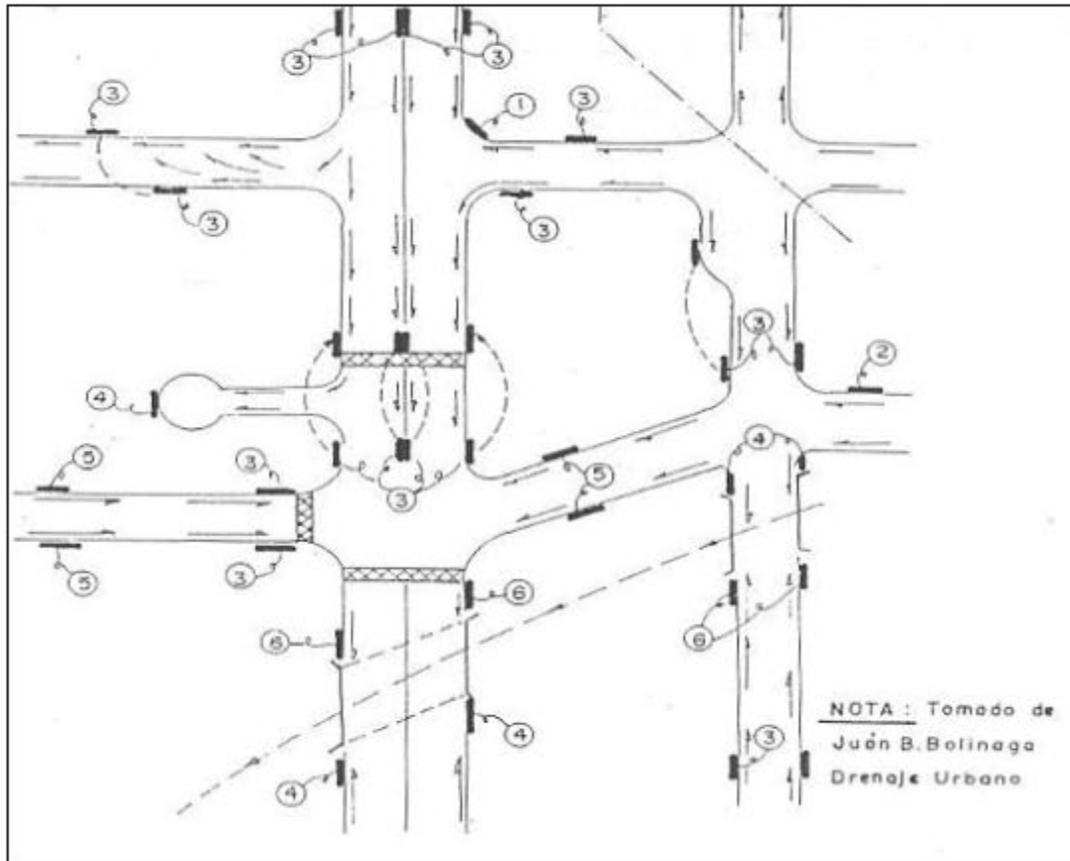


Figura 5-1 Localización de sumideros de acuerdo con el Anexo 6.18 de las Normas EMCALI

5.7 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA SUMIDEROS EN ZONAS CON PENDIENTE

Este caso se refiere al diseño del espaciamiento entre sumideros cuando el agua fluye por la vía en el sentido de la pendiente sin presentar represamientos, donde parte del flujo es captado por un sumidero en consideración, continuando el caudal remanente hacia el siguiente sumidero. En consecuencia, el espaciamiento de los sumideros está en función del caudal no captado por el sumidero anterior aguas arriba, el área de drenaje tributaria entre sumideros y la geometría de la vía.

La ubicación de sumideros dentro de áreas en que la pendiente se mantiene requiere un proceso iterativo donde se determine la ubicación apropiada de los sumideros sin sobredimensionarlo o subdimensionarlo.

Los pasos que se muestran a continuación describen el método para espaciar los sumideros:

1. A partir de la información contenida en planos topográficos, se definen los límites de la cuenca y se establece la ubicación de los sumideros de acuerdo con los criterios de localización y cualquier otra justificación que el diseñador considere pertinente. Este aspecto es importante para definir si el flujo que viene por una determinada calle y que no alcanza a ser captado totalmente por él o los sumideros localizados en ella continúa por la misma o se desvía por la calle que cruza, lo cual afecta los caudales que llegan a los sumideros colocadas aguas abajo.
2. Determinar las pendientes longitudinales y transversales.
3. Definir las áreas de drenaje contribuyentes.
4. Determinar la escorrentía pico del área seleccionada utilizando el método racional.
5. Calcular el caudal que llega al sumidero inicial, el cual corresponde al área de drenaje tributaria, y otros correspondientes a caudales no captados por sumideros aguas arriba. Se determina el caudal total en la vía en el costado donde se encuentra el sumidero, sumando los caudales mencionados anteriormente.
6. El caudal de flujo determina la profundidad y el ancho de la lámina de agua sobre la cuneta. Se determina el ancho de inundación de la vía "T" y las dimensiones de la lámina de agua en el punto localizado.
7. Si la profundidad en el borde la vía es mayor que la altura del bordillo o el ancho de la lámina es mayor que la permisible por la importancia de la zona, es necesario reducir la separación. En caso contrario se aumenta la separación.
8. Calcular el caudal interceptado Q_i por el sumidero.

El caso típico en que se aplica la anterior metodología es en vías urbanas o intermunicipales donde el área de drenaje puede tener características muy uniformes en un sector de gran tamaño. En ese caso se determina la primera separación y todos los demás sumideros se ubican similarmente de acuerdo al caudal que se requiera recolectar por cada captación.

Un ejemplo claro de este procedimiento es el presentado en la norma NS-047 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. El ancho de inundación de la vía "T" se determina de acuerdo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 2-1:

$$T = \left(\frac{Q_n}{k_u S_r^{1.47} S_1^{0.5}} \right)^{0.373}$$

Ecuación 5-3

Donde:

- T = Ancho de la lámina de agua sobre la vía (m).
- k_v = 0.376 (Factor de conversión en sistema métrico).
- n = Coeficiente de Manning del pavimento: 0.016.
- Q = Caudal de escorrentía (m^3/s).
- S_x = Pendiente transversal de la vía.
- S_L = Pendiente longitudinal de la vía.

La profundidad de flujo sobre a la orilla de la vía se determina con la siguiente ecuación:

$$d = TS_x \quad \text{Ecuación 5-4}$$

Donde:

- d = Profundidad de flujo sobre a la orilla de la vía (m).
- T = Ancho de la lámina de agua sobre la vía (m).
- S_x = Pendiente transversal de la vía.

Una vez obtenidos estos valores, se compara el valor de “T” con el ancho de inundación máximo permitido para la vía, y el valor de “d” con la altura del sardinel. Si estos valores son aceptables, se procede al siguiente paso. Si se exceden, se debe contraer el área de drenaje disminuyendo la distancia al sumidero y se repiten los pasos anteriores para verificar que los valores de los parámetros mencionados sean satisfactorios.

Si los parámetros cumplen satisfactoriamente con las condiciones anteriores, se procede a calcular el caudal interceptado Q_i por el sumidero mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = E * Q \quad \text{Ecuación 5-5}$$

Donde:

- E = Eficiencia de la rejilla
- Q = Caudal por la vía (m^3/s)

La eficiencia de la rejilla se determina por medio de curvas desarrolladas para cada tipo de sumidero como lo muestra la Figura 5-2:

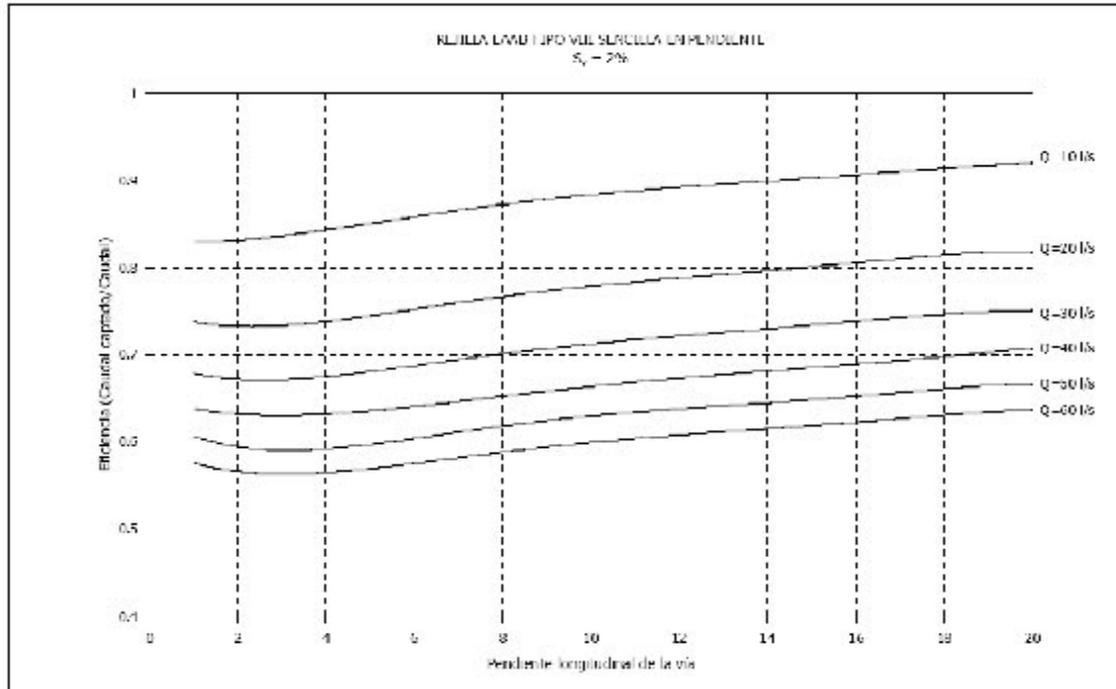


Figura 5-2 Variables de captación para un sumidero de rejilla tipo utilizado en la EAAB

De acuerdo con la eficiencia de captación, se determina el caudal que continúa sobre la vía. Tal caudal determina, junto con el caudal desarrollado por el área de drenaje, la ubicación del siguiente sumidero. El proceso se repite hasta terminar con el área a drenar.

Para calcular el flujo captado por la apertura lateral para un sumidero de 15 cm., se calcula la longitud requerida para captar la totalidad del caudal de escorrentía sobre la vía mediante la siguiente ecuación:

$$L_r = K_u Q^{0.42} S_L^{0.03} \left(\frac{1}{n S_r} \right)^{0.6} \quad \text{Ecuación 5-6}$$

Donde:

L_r = Longitud de la apertura para captar el 100% del flujo en la vía.

$K_u = 0.817$ (sistema métrico).

Luego se calcula la eficiencia de la captación para la longitud de la apertura establecida para el sumidero:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_r}\right)^{1.8} \quad \text{Ecuación 5-7}$$

Donde:

$L = 0.85$ (longitud de apertura lateral). (m).

Una vez se conoce la eficiencia, se calcula el caudal captado por la apertura de 0.85 m.

$$Q_2 = E * Q \quad \text{Ecuación 5-8}$$

Donde el valor del caudal total interceptado por el sumidero Q_i equivale a la suma de los caudales captados por la rejilla Q_1 y la apertura lateral Q_2 .

Luego se determina el caudal no captado por el sumidero Q_b :

$$Q_b = Q - Q_i \quad \text{Ecuación 5-9}$$

Se continúa con el siguiente sumidero localizado aguas abajo, teniendo en cuenta que existe un caudal de sobrepaso o no captado Q_b del sumidero anterior, el cual debe sumarse al caudal tributario del sumidero siguiente para llevar a cabo los pasos mencionados. El proceso anterior debe repetirse en el resto de las vías del sector a drenar.

Normas de diseño como el reglamento RAS 2000 agregan algunos límites máximos a las consideraciones anteriores como colocar un sumidero cuando el flujo acumulado es del orden de 100 lt/s.

5.8 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA SUMIDEROS EN DEPRESIONES O BATEAS

Para realizar el cálculo de sumidero en depresiones, bateas o puntos bajos, en los cuales las líneas de corriente confluyen desde cualquier dirección hacia el sumidero, se define el área aferente al sumidero con base en la geometría de la vía, y posteriormente se calcula el caudal aferente al sumidero.

El cálculo del ancho de inundación “T” ocupado por la escorrentía en la vía se deduce de la Ecuación 5-10:

$$T = \left(\frac{Q^n}{K_u S_x^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{0.375} \quad \text{Ecuación 5-10}$$

Donde:

T = Ancho de inundación de la vía (m).

K_u = 0.376 (sistema métrico).

n = Coeficiente de Manning pavimento: 0.016

Q = Caudal (m^3/s)

S_x = Pendiente transversal de la vía.

S_L = Pendiente longitudinal de la vía.

El cálculo de la profundidad de flujo en la cuneta se realiza mediante la Ecuación 5-11:

$$d = T * S_x \quad \text{Ecuación 5-11}$$

En el caso en que los valores de T y d no cumplan con los valores de diseño, se incrementa el número de sumidero hasta que se satisfagan las condiciones de diseño.

El caudal captado por el sumidero se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_i = C_w P d^{1.5} \quad \text{Ecuación 5-12}$$

Donde:

P = Perímetro de la rejilla descartando el lado junto al sardinel del andén.

C_w = 1.66

d = Profundidad de flujo sobre la rejilla

El caudal captado por la apertura en el andén:

$$Q_c = C_w(L + 1.8W) * d^{1.5} \quad \text{Ecuación 5-13}$$

Donde:

$$C_w = 1.25$$

L = Longitud de la apertura.

W = Ancho de la depresión.

d = Profundidad junto al sardinel.

5.9 ÁREA DE CAPTACIÓN DE LAS REJILLAS

Las normas técnicas de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado establecen que todas las rejillas deben garantizar un área mínima para captación o acceso del agua al sumidero, para lo cual se debe cumplir con la siguiente relación:

$$\frac{A_e}{A_r} \geq 0.30 \quad \text{Ecuación 5-14}$$

Donde:

A_e = Área efectiva (área de huecos o de captación de la rejilla).

A_r = Área Total (área total externa de la cara superior de la rejilla).

Adicionalmente se establece que la dimensión máxima de cualquier orificio en las rejillas no debe ser superior a 30 cm. a lo largo, y 4 cm. a lo ancho del orificio.

5.10 CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LOS SUMIDEROS

Los sumideros deben dimensionarse para que en conjunto puedan captar las aguas de escorrentía esperadas para el período de retorno de diseño.¹¹ La capacidad hidráulica de los sumideros de ventana puede determinarse con base en la Figura 5-3 donde se indica el caudal de captación por longitud unitaria (Q_c/L_c) en función de la profundidad de aproximación del flujo en la cuneta (d), y de la depresión de la ventana (a). La longitud de

¹¹ Tomado del Anexo 2, Título D del RAS 2000. Diseño Hidráulico de Sumideros.

la ventana requerida para la intercepción total del flujo es entonces igual al caudal estimado en la cuneta dividido por la capacidad unitaria de la ventana (Q_a / L_a). Si la longitud de la ventana es insuficiente para interceptar todo el caudal, el caudal realmente interceptado se puede estimar con la como una función de las relaciones a/d y L/L_a , donde L es la longitud real del sumidero de ventana.

En el caso de sumideros de rejillas su longitud libre debe ser suficiente para que el agua pueda caer por las aberturas sin golpear el extremo de aguas debajo de la rejilla. Experimentalmente se ha encontrado que esta longitud libre L (m) debe ser por lo menos igual a:

$$L = 0.94 \times V \times h^{0.5} \quad \text{Ecuación 5-15}$$

Donde:

V = Velocidad media de aproximación del prisma del flujo en la cuneta interceptado por el sumidero (m/s)

h = Caída de la superficie de agua hasta la parte inferior de la rejilla en m (es decir la profundidad media del prisma de aproximación más el espesor de la rejilla).

La velocidad y la profundidad media del prisma de aproximación pueden ser estimados con base en la ecuación:

$$Q = 0.375 \times Y_0^{8/3} \times \left(\frac{Z}{n} \right) \times S_0^{1/2} \quad \text{Ecuación 5-16}$$

Donde:

Q = Caudal en la cuneta (m^3/s)

Y_0 = Mayor profundidad de flujo (m)

$\frac{1}{Z}$ = Pendiente transversal.

S_0 = Pendiente longitudinal

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Los sumideros de rejillas con agua estancada, es decir con velocidad de aproximación despreciable, y cabeza H menor que 12 cm., se comportan como vertederos con una

longitud de cresta L igual al perímetro del sumidero sobre el cual fluye el agua y con un coeficiente de descarga de aproximadamente 1.65. Si un lado del sumidero es adyacente a la acera, aquel no debe ser incluido en el perímetro. En consecuencia, la capacidad del sumidero bajo estas condiciones es:

$$Q = 1.65 \times L_c \times H^{3/2} \quad \text{Ecuación 5-17}$$

Si H es mayor de aproximadamente 0.4m, el sumidero funciona como un orificio con un área igual a la correspondiente a las aberturas de las rejillas y un coeficiente de descarga de alrededor de 0.6. Si H está entre 0.12 y 0.4 m, existen condiciones de transición y la capacidad del sumidero está entre la de un orificio y la de un vertedero.

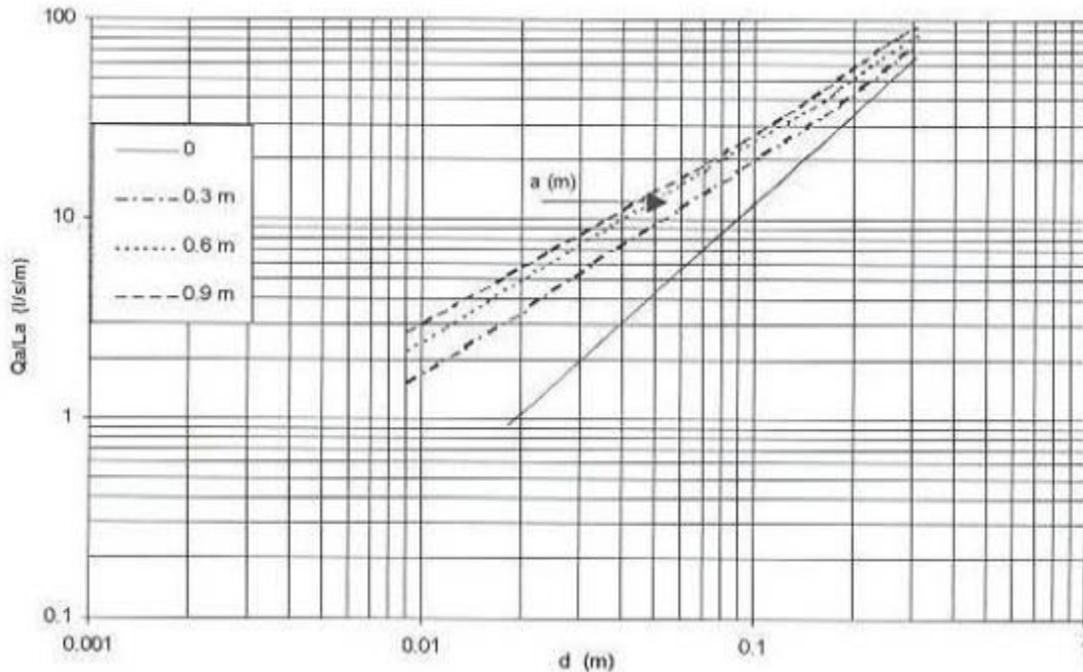


Figura 5-3 Curvas para estimar el caudal de captación en función de la longitud real del sumidero.

6 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS EN LOS SUMIDEROS PARA RETENCIÓN DE SÓLIDOS

Las estructuras complementarias son aquellas incluidas en la configuración de los sumideros que complementan la captación y entregan el flujo al sistema de drenaje, controlando los problemas inherentes al funcionamiento del sistema.

El diseño del sumidero debe entregar al sistema principal el flujo captado con una tubería de diámetro nominal mínimo de 200 mm, pendiente superior al 2% y no debe sobrepasar una longitud del 15m¹². Las Normas EMCALI se acogen a las anteriores recomendaciones.

En la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá utilizan un sumidero combinado con pantalla separadora, con fondo en contrapendiente y rejilla protectora en la entrada de la ventana, y 0.35 cm. de desnivel con respecto a la tubería de salida. La tubería de salida debe ser de al menos 10" de diámetro nominal y debe tener una pendiente mínima del 3%. Los sumideros de alcantarillado pluvial no tienen pantalla separadora pero en el resto de características son similares a los combinados.

Las rejillas utilizadas en Colombia varían ligeramente en sus dimensiones, pero en general tienen un promedio de 83.5 cm. x 45.5 cm. El material común es acero en forma de varillas de ½ pulgada de diámetro, aunque en algunos casos se utiliza polipropileno.

Los sumideros internamente pueden tener estructuras de retención de sólidos; éstas pueden variar dependiendo de las condiciones del lugar, y de las sustancias y/o elementos que se desee retener.

A continuación se exponen algunas de las tecnologías relacionadas con accesorios que se utilizan alrededor del mundo para controlar la entrada de sólidos al sistema de alcantarillado combinado o de aguas lluvias. Esta tendencia mundial se enmarca en diferentes criterios de clasificación.

- Sistemas de retención de sólidos durante las obras de construcción.
- Sistemas de retención de sólidos dentro del medio ambiente construido.
- Sistemas de separación hidrodinámica.

A continuación se explican de manera general las características de los sistemas anteriores:

¹² RAS 2000.

6.1 SISTEMAS DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS

6.1.1 Sistemas de retención de sólidos durante las obras de construcción.

Las industrias a nivel mundial están desarrollando una conciencia y responsabilidad ambiental. La construcción no se ha quedado atrás en esta materia, buscando controlar al máximo en todos sus procesos la generación de contaminación. Al mismo tiempo, las empresas encargadas de administrar la infraestructura de alcantarillado, intentan disminuir en la fuente todos aquellos contaminantes que, una vez acumulados, son más difíciles de retirar una vez llegan a las plantas de tratamiento o a los cuerpos de agua.

Para evitar que la polución generada por los residuos de la construcción y por los movimientos de tierra contaminen el agua pluvial y los cuerpos de agua, se colocan protecciones a las entradas del sistema de alcantarillado (Ver Figura 6-1).



Figura 6-1 Protección de rejillas con fibras de poliuretano¹³

Algunas propiedades de los materiales de protección de las entradas al sistema de alcantarillado son:

- Utilizan mallas reforzadas en capas de poliuretano lo que incrementa la resistencia a la tensión y la durabilidad.
- Existen distintas formas para adaptarse a los tipos de rejillas y diferentes tipos de superficie.
- Sirven como medida de emergencia para descargas no deseadas.
- Resisten aceite agua y algunos químicos agresivos.

¹³ Tomado de Stormwaterworks.com

En algunos casos no se utiliza una protección directamente sobre las rejillas o las entradas de los sumideros, sino que se implementan barreras construidas con bolsas de grava que filtran el flujo antes de entrar al sistema.



Figura 6-2 Bolsas de grava para proteger sumideros¹⁴

El sistema puede utilizar algunos químicos que retienen contaminantes especiales, pero en general lo que se busca es retener material particulado sin anular el caudal que entra al sistema. Un tercer tipo de productos diseñados para controlar la polución del agua de las fuentes naturales son aquellos destinados a la filtración del agua que se obtiene de procesos de captación o el drenaje muros de contención. El procedimiento consiste en colocar una membrana dentro de la tubería de drenaje para lograr que se mezcle con el flujo y retenga el material indeseado.



Figura 6-3 Membrana de retención de sólidos mezclada con el flujo¹⁵

¹⁴ Tomado de Stormwaterworks.com

¹⁵ Tomado de Stormwaterworks.com

6.1.2 Sistemas de retención de sólidos dentro del medio ambiente construido

Los accesorios colocados para prevenir la entrada de sólidos en el sistema de alcantarillado son conocidos como *Catch Basin Inserts* o *inserciones de retención en canasta*, la cual es colocada dentro del sumidero. Estas estructuras conducen el flujo de distintas formas, aunque en general, son accesorios que controlan la entrada de sólidos y otros contaminantes con algún tipo de filtro o agente químico.

Los dispositivos de retención de sólidos son utilizados como complementos para aquellos sumideros que no tienen ningún tipo de sistema de atrape de sólidos, y sirven como pre-tratamiento a las aguas del sistema de drenaje urbano. Los elementos que son capturados varían entre sólidos flotantes o sedimentados, ladrillos, hojas, basuras, etc. El desempeño de estos accesorios se mide en la eficiencia de remoción, y se controla con la frecuencia de mantenimientos y limpieza.

Existen dos tipos de inserciones de retención, los cuales son clasificados según el lugar de ubicación. Están los sumideros tipo “Inlet Inserts”, los cuales se encuentran dentro del sumidero, y los tipos “Outlet Inserts”, que se encuentran junto al sumidero.

Estos accesorios se encuentran disponibles comercialmente y son por lo general configurados para eliminar uno o varios contaminantes: sedimentos, aceite, grasa, basura y desechos. La frecuencia del mantenimiento varía dependiendo de la cantidad y el tipo de contaminantes.

Estudios han encontrado que la instalación de este tipo de accesorios contribuyen a la eliminación de finos (limos y arcillas) y sedimentos asociados con contaminantes. Adicionalmente tienen éxito en la captura de material grueso y desechos.

Los posibles lugares en donde pueden instalarse este tipo de estructuras incluyen estacionamientos, campos de golf, calles, caminos, instalaciones industriales o comerciales, campos municipales, entre otros.

Las mayores dificultades que se enfrentan al implementar este tipo de estructuras son:

- Aunque muchos accesorios están diseñados muy cuidadosamente, nunca es posible remover contaminantes obteniendo el mismo desempeño de los sistemas convencionales.

- A menos que se encuentren frecuentemente mantenidos, estos accesorios pueden convertirse en una fuente de contaminantes en resuspensión.
- Algunas canastas no remueven eficientemente las partículas finas o contaminantes solubles.

En cuanto a condiciones de diseño se tiene que:

- Las canastas que van a ser instaladas para un nuevo proyecto, deben diseñarse de tal forma que se ajusten a la rejilla.
- Si va a instalarse en un sumidero existente, la canasta debe encajar adecuadamente, de modo que exista un sello alrededor de la rejilla, para evitar que se presenten filtraciones.
- La parte inferior de la canasta debe estar por encima del nivel normal de flujo dentro del sumidero.
- La canasta debe ubicarse de tal manera que se pueda realizar fácilmente su mantenimiento.
- Cuando se utiliza para el control de sedimentos, la rejilla debe ser inspeccionada por lo menos cada semana.
- Las inspecciones son especialmente importantes durante la estación lluviosa.

A continuación, se describen diferentes mecanismos de retención de sólidos:

6.1.3 Inlet Inserts

Consisten en bolsas, rejillas o canastas que son colocadas dentro del sumidero, las cuales se encuentran soportadas por medio de las paredes del mismo. Con este tipo de inserciones se tiene la opción de agregar filtros adicionales con el fin de capturar aceites y materiales finos.

Existen tres tipos de inserciones que se ubican dentro del sumidero: bolsas, rejillas o canastas.

Las bolsas almacenan y filtran el agua lluvia que llega al sumidero. Estas son construidas generalmente en polipropileno o polímeros de alta densidad, y constan de un geotextil, el cual puede ser tejido o no tejido, cuya función es dejar pasar el agua atrapando materiales gruesos y finos, sirviendo así como pre-tratamiento para la red de drenaje local. El filtro cuenta con un marco de acero inoxidable y un soporte metálico. Esta estructura está diseñada para filtrar contaminantes, desechos y sólidos. Pueden instalarse en calles,

parques, estacionamientos comerciales, construcciones, estaciones de servicio, entre otros. Aunque normalmente son diseñadas para readaptaciones, pueden diseñarse para construcciones nuevas. Estas estructuras se encuentran instaladas en varios estados de Estados Unidos, como son: Alabama, Arkansas, California, Florida, Georgia, Louisiana, Michigan, Massachussets, Mississippi, Missouri, North Carolina, Tennessee, Texas y Washington.¹⁶



Figura 6-4 United Store Water Drainpac Curb Inlet¹⁷

Las cajas o canastas, generalmente construidas en plástico en forma de malla, dejan pasar el agua rápidamente y retienen los sólidos de tamaño superior a la rejilla. Algunas inserciones de este tipo son equipadas con un filtro de carbón activado en la parte inferior que filtra el agua eficientemente. Su principal ventaja es que debido a que no retiene finos y deja pasar el agua rápidamente, generalmente después de cualquier evento de lluvia se seca por completo evitando así que se sature. Las cajas tienen unos filtros extraíbles que pueden extraerse de con facilidad. El dispositivo tiene anclajes resistentes a la corrosión, y está completamente sellado para evitar posibles fugas.

El filtro requiere de una inspección periódica y la eliminación de cualquier objeto extraño como son hojas, papel, pasto, y debe ser reemplazado en caso de que la superficie esté cubierta al menos un 50% con contaminantes, o si hay obstrucción por algún sedimento. Para garantizar un correcto funcionamiento, las unidades deben ser inspeccionadas al menos tres veces al año. Las siguientes figuras son ejemplos de canastas retenedoras de sólidos y otros contaminantes.

¹⁶ Catch Basin Inserts, Santa Clara Valley, Urban Runoff, Pollution Prevention Program.

¹⁷ Tomado de Municipal Best Management Practices for Controlling Trash and Debris in Stormwater and Urban Runoff. California Coastal Commission.

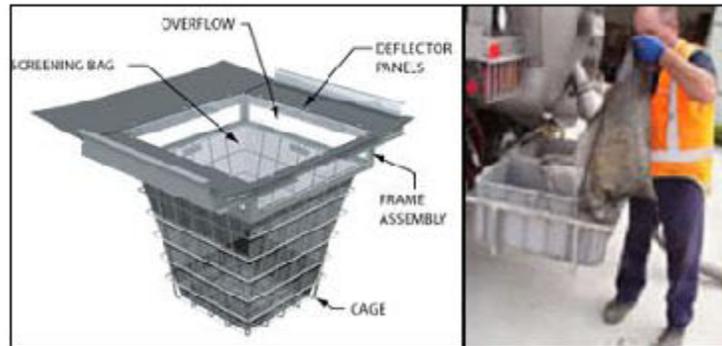


Figura 6-5 Inlet tipo canasta EnviroPod Stormwater 360 Simple

La siguiente versión se diseña para ser suspendida por debajo de la rejilla. Es conveniente dejar un espacio entre la vía y la parte superior de la canasta con el fin de evitar desbordamientos si se llega a presentar una recarga.

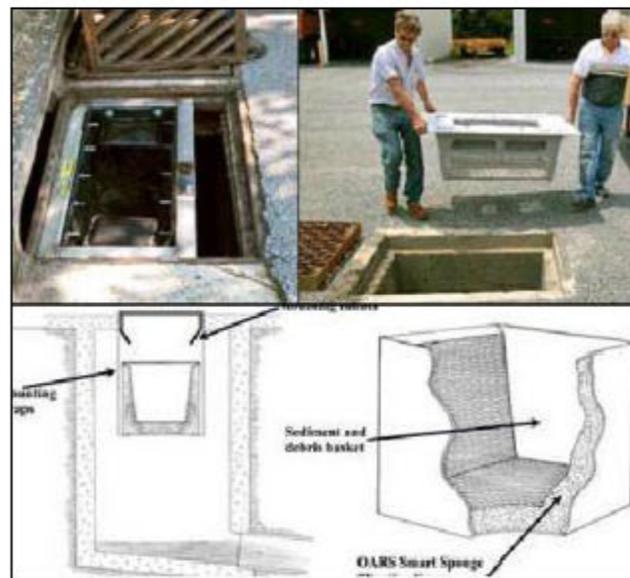


Figura 6-6 Sumidero de rejilla con canasta filtrante¹⁸

La siguiente canasta, construida en plástico corrugado de alta resistencia, puede instalarse en sumideros existentes o sumideros nuevos. Permite la absorción de aceite y grasa, y la captura de basura y sedimentos. Además, tiene la capacidad de destruir bacterias, lo que la hace una verdadera solución orientada a la eliminación de contaminantes y principales agentes contaminantes procedentes de la escorrentía pluvial. Este tipo de elementos pueden ser instalados en estacionamientos, pistas de aeropuertos de asfalto, estaciones de servicio, zonas comerciales y residenciales, entre otros. Los sedimentos y basura son acumulados en

¹⁸ Tomado de Delaware's Pollution Control Strategy. Tributary Times. 2004.

la canasta superior de la cámara, mientras que la grasa y el aceite son absorbidos por los medios de filtración. En condiciones normales el filtro debe cambiarse cada 1-3 años.



Figura 6-7 Filtro Urbano¹⁹

En el siguiente accesorio, el flujo entra normalmente por el sumidero y es filtrado en la canasta. Los sobreflujos se rebotan sobre la misma y terminan su recorrido por el sistema normal del sumidero.

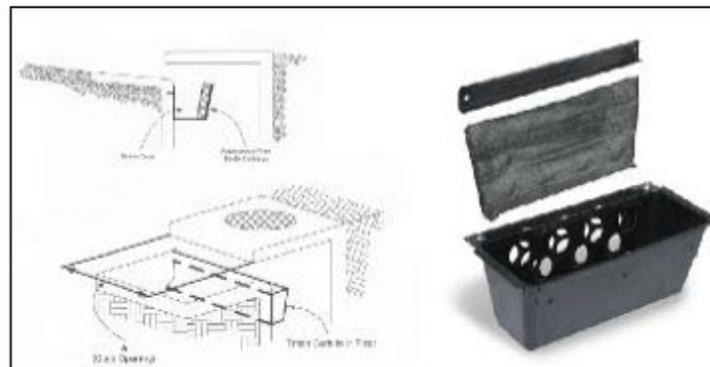


Figura 6-8 Accesorio de canasta filtrante para sumidero de ventana.²⁰

Otra versión de este tipo de canastas, filtra el agua de escorrentía en varias multi-etapas en las cuales se capturan contaminantes provenientes de hidrocarburos, partículas finas, pasto y basuras. Las barreras interiores impiden la turbulencia del flujo dentro de la estructura, lo cual podría causar el escape de partículas finas. Las bandejas superiores impiden el paso de flotantes a través de los agujeros de desbordamiento. Si el caudal captado es superior a la

¹⁹ Tomado de AbT ech Industries. Ultra Urban Filter Technical Specifications.

²⁰ Tomado de Storm Water Inspection & Maintenance Services, Inc. www.swimsclean.com

capacidad de la estructura, el sobre flujo es conducido a través de orificios que se encuentran en la parte superior del dispositivo. Esta estructura puede ser instalada en calles, estacionamientos, parques. Las bandejas superior e inferior hacen parte de la misma unidad, la cual puede ser removida para realizar su limpieza. Dependiendo del nivel de contaminante presente en los filtros, éstos pueden ser reemplazados.

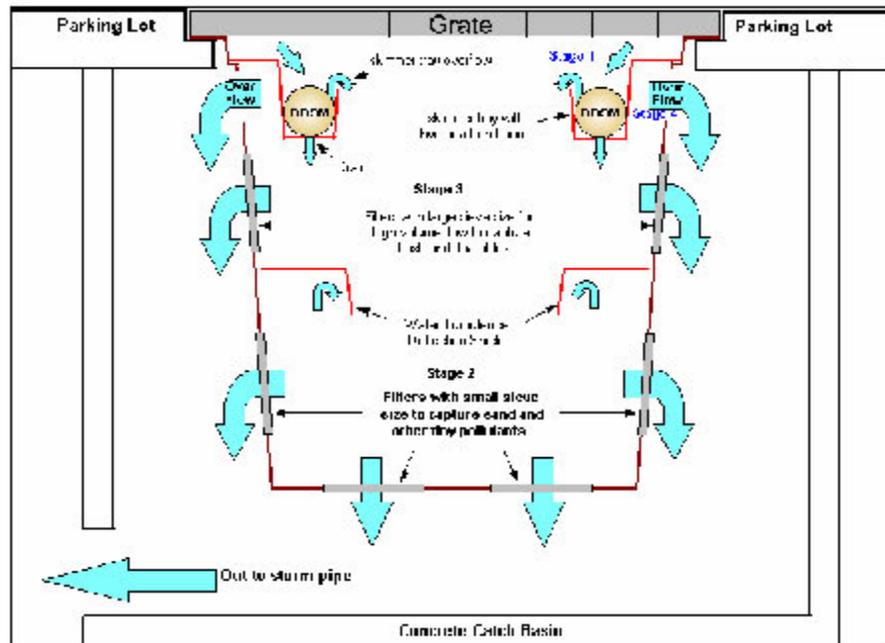


Figura 6-9 Canasta filtrante ²¹

El siguiente dispositivo se encuentra suspendido de la rejilla superior. El armazón del interceptor está fabricado en acero inoxidable, el cual se encuentra colgado de dos puntos de suspensión. Dentro del interceptor se instalan una o varias almohadillas de un material termoplástico sintético que filtran el flujo que entra al sumidero. El número de unidades instaladas depende de las condiciones específicas del sitio. Esta estructura está diseñada para captar aceites, grasas, metales pesados, sedimentos y escombros. Pueden ser instalados en calles, estacionamientos, áreas de servicio. En condiciones normales, el filtro debe sustituirse anualmente, y bajo condiciones extremas, es posible sustituirlo dos veces al año.

²¹ Tomado de Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual. Chapter 5.



Figura 6-10 Interceptor ²²

Existen canastas específicamente diseñadas y filtros especializados para tratar contaminantes y hacer filtraciones especializadas. En este dispositivo, el flujo abandona la canasta por los dos cilindros inferiores, dentro de los cuales se encuentran ciertos filtros en forma de pastillas que tienen la función de retener un contaminante en específico. Los colores identifican el tipo de filtro: rojo: aceites, grasas, patógenos y metales; amarillo: bacterias patógenas y aceites; azul: grasas, aceites y combustibles; gris: patógenos, aceites y metales pesados; verde: patógenos y aceites.

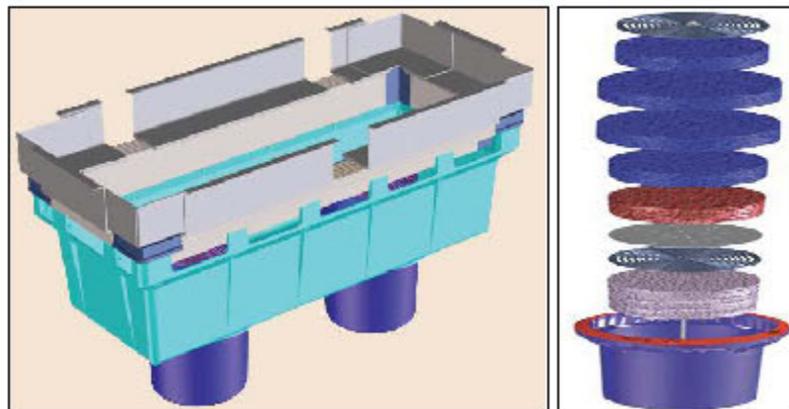


Figura 6-11 Sistema de canastas filtrantes con filtros especializados en contaminantes específicos. ²³

²² Tomado de Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual. Chapter 5.

²³ Tomado de www.transpo.com. EnviroSafe. Modular Stormwater Catch Basin Filter System.

El siguiente es un dispositivo poderoso que permite filtrar el agua hasta tres veces. El primer filtro consiste en un separador de grasas y aceites; el segundo, es un filtro de malla sintética, y el tercero consiste en una columna de medio poroso compuesto por zeolitas, perlita y carbón activado. Estos filtros aumentan significativamente la eliminación de las partículas más pequeñas, mejorando notablemente la calidad del agua que entra al sistema de alcantarillado. Estudios realizados han demostrado que este dispositivo elimina un 97% de sólidos suspendidos totales (SST), 86% de aceites y grasas, 81% de plomo y 83% de zinc.

El mantenimiento del dispositivo se realiza fácilmente. Luego de remover las unidades de la parte superior, es posible extraer grasas y sedimentos.

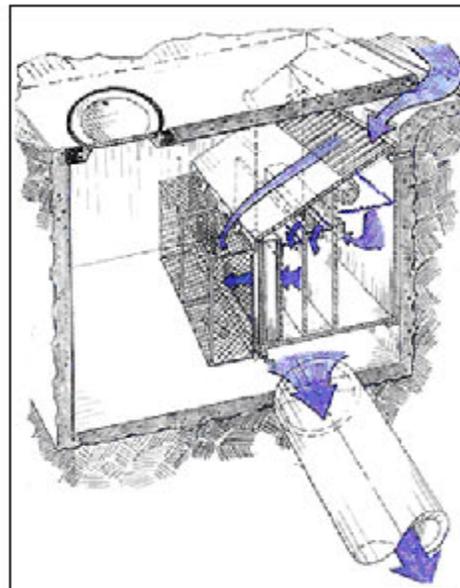


Figura 6-12 Unidad de limpieza²⁴

A continuación se muestra un sistema conformado por tres bandejas, cada una con paredes sólidas y malla en el fondo. Las bandejas pueden llenarse con absorbentes, carbón activado, o pueden usarse simplemente para capturar los desechos que retiene la pantalla. Las pantallas pueden ser modificadas para satisfacer las condiciones del lugar. El sistema es instalado normalmente con la pantalla en la bandeja superior, y las otras dos bandejas llenas de absorbente. Todos los componentes son de acero inoxidable.

²⁴ Tomado de Clearwater Solutions Storm Drain Specialists.

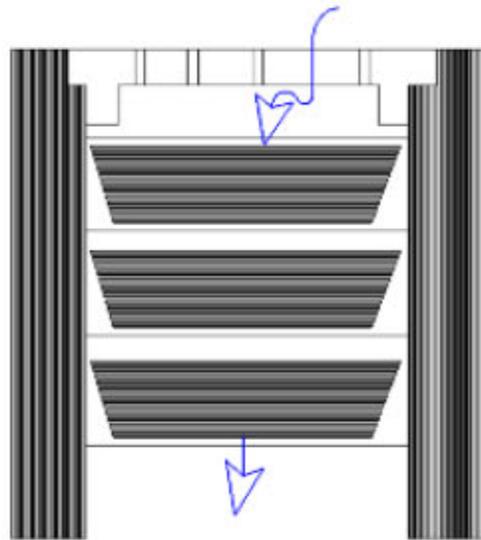


Figura 6-13 Sistema de bandejas²⁵

Un sistema similar consta de dos bandejas en las cuales los sólidos se sedimentan. El desbordamiento de la bandeja superior permite el paso del flujo a la segunda bandeja. Las bandejas están construidas generalmente en plástico reciclado.

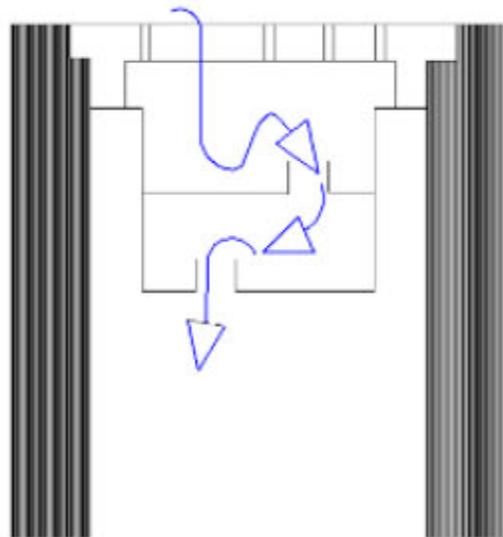


Figura 6-14 Precipitación pluvial tipo I. bandejas²⁶

²⁵ Tomado de Catch Basin Inserts, BMP 6 IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog September 2005.

²⁶ Tomado de Catch Basin Inserts, BMP 6 IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog September 2005.

Otro tipo de sistemas son los conocidos como medias “socks”, los cuales efectúan retenciones en las cámaras de unión o inspección del alcantarillado. Al igual que las canastas, estos dispositivos de retención son instalados dentro de los sumideros, impidiendo el paso de sedimentos al interior del sistema de alcantarillado. A continuación, se muestra un ejemplo de este tipo de dispositivos.



Figura 6-15 Sistema de medias “socks” filtrantes²⁷

El siguiente dispositivo consta de un filtro de tela, el cual está lleno de un absorbente de polipropileno. El flujo normal pasa a través de pequeños orificios ubicados en la parte inferior del saco. El sobre flujo es descargado por un orificio que se encuentra en la parte superior.

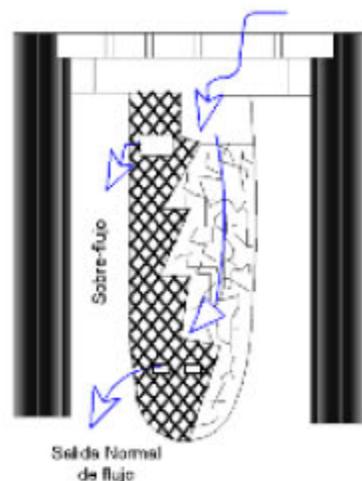


Figura 6-16 Precipitación pluvial tipo II.²⁸

²⁷ Tomado de StormWaterWorks.com, LLC.

El siguiente dispositivo sustituye al anterior. La principal diferencia radica en la toma de la corriente principal, la cual se encamina a través de un bolsillo ubicado en la parte exterior del saco. El sobre flujo es igualmente conducido cerca de la parte superior del dispositivo.

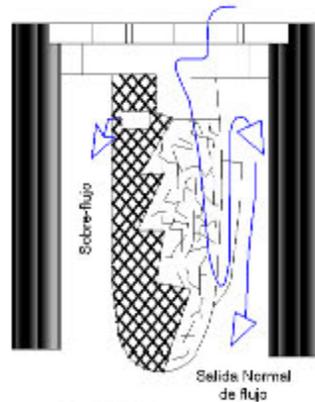


Figura 6-17 Stream Guard²⁹

La siguiente “media” puede ser instalada bajo la rejilla del sumidero y permite realizar el tratamiento del agua mediante proceso de filtración, cribado, sedimentación por gravedad y absorción. Cuando el flujo entra al sumidero, el tejido geotextil primero actúa como filtro, lo que permite el paso del agua, atrapando los contaminantes. Cuando el tejido ya no puede filtrar más agua debido a la acumulación de contaminantes, esta estructura empieza a operar en el modo de larga duración. En este modo, los sedimentos son capturados en el fondo de la malla tejida. Aunque el mantenimiento varía dependiendo de la cantidad y tipo de contaminantes presentes, el fabricante recomienda la inspección mensual de cada estructura instalada para mejorar su eficiencia.³⁰

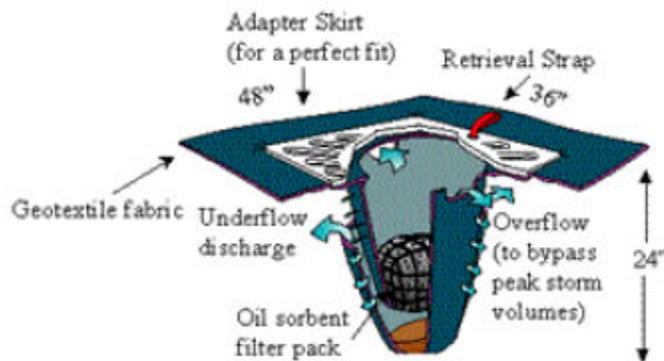


Figura 6-18 Malla tejida de polipropileno³¹

²⁸ Tomado de Catch Basin Inserts, BMP 6 IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog September 2005.

²⁹ Tomado de Catch Basin Inserts, BMP 6 IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog September 2005.

³⁰ Tomado de Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual, Chapter 5.

³¹ Tomado de Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual, Chapter 5.

El siguiente dispositivo está diseñado para remover contaminantes provenientes de la escorrentía pluvial. Incluye un área de recolección de sedimentos y un filtro en fibra de celulosa patentada contenida en los filtros. Está disponible en varios tamaños y puede adaptarse a la mayoría de sumideros. El flujo entra a la estructura al área de recolección de sedimentos en donde se capturan los sedimentos, la basura y los desechos. El agua pre-tratada viaja a través de la columna central y se propaga a través del filtro. El agua es filtrada, proceso en el cual se remueven el petróleo disuelto, nutrientes adicionales, y algunos metales. El flujo que excede la capacidad del filtro sale a través de agujeros que se encuentran en la parte superior de la estructura. Esta estructura está diseñada para eliminar sedimentos gruesos, basura y desechos contaminantes, nutrientes, petróleo disuelto y metales. El mantenimiento suele ser programado trimestralmente o después de tormentas de gran magnitud.³²

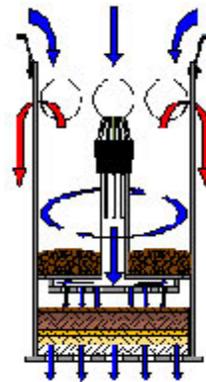


Figura 6-19 Aqua-Guard³³

También están los sistemas de retención de sólidos por rejillas diagonales, las cuales retienen los sólidos que ingresan al sumidero. Este tipo de dispositivos puede funcionar sin que deba limpiarse después de cada tormenta, gracias a la inclinación de la pantalla. El dispositivo elimina desechos hasta que toda la bóveda esté llena de escombros; solo entonces habrá necesidad de limpiar la unidad. Absorbentes orgánicos se encuentran localizados directamente debajo de la pantalla para asegurar que las grasas y aceites no ingresen al sistema de alcantarillado. Pueden ser instalados diferentes medios de filtración para eliminar los contaminantes seleccionados. Todos los materiales son construidos en acero inoxidable. Algunas de las ventajas que tiene usar este dispositivo son: Alta

³² Tomado de Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual. Chapter 5.

³³ Tomado de Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual. Chapter 5.

capacidad de flujo; elimina desechos orgánicos y permite la absorción de material filtrante determinado; alta capacidad de almacenamiento de desechos; fácil instalación; fácil mantenimiento.

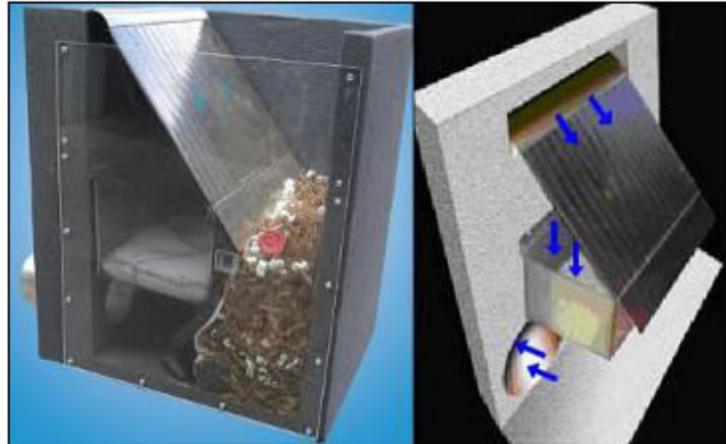


Figura 6-20 Sistema de retención de sólidos por rejillas diagonales.³⁴

Recientemente, la legislación de algunos países exige que la escorrentía de todas las áreas impermeables de cualquier construcción deba ser filtrada, incluyendo el techo de las edificaciones. El agua que es conducida por las bajantes de los techos de los edificios puede contener partículas, compuestos orgánicos y otras sustancias que estén sujetas a las regulaciones de aguas pluviales.

El siguiente dispositivo puede configurarse para satisfacer las exigencias medioambientales, así como las configuraciones del montaje especializados. Este dispositivo fue diseñado específicamente para mantener altas velocidades y alto volumen de caudal sin obstrucción. Estas condiciones son frecuentemente asociadas con techos de almacenes, condominios, edificios de oficinas, estacionamientos y estructuras. Tiene una alta capacidad de auto limpieza, y asegura la completa eliminación de desechos con un mínimo de requisitos de servicio.

³⁴ Tomado de Hydroscreen, LLC. Detention Pond Screens – Best Management Practice.



Figura 6-21 Sistema de retención de sólidos por rejillas diagonales para edificaciones.

35

6.1.4 Outlet Inserts

Las inserciones laterales a los sumideros consisten en rejillas perforadas puestas, ya sea horizontal o verticalmente en frente del sumidero o sobre el mismo. Por medio de este tipo de inserción es posible atrapar desechos de pequeño y gran tamaño y sirven para maximizar la capacidad de los sumideros. Es importante limpiar regularmente la vía para mantener la rejilla libre de desechos con el fin de prevenir la acumulación de los mismos sobre la vía.



Figura 6-22 Pantallas protectoras

³⁵ Tomado de Hydroscreen, LLC. Downspout Screening Devices – Best Management Practice.

Cuando el agua lluvia fluye hacia el sumidero, la siguiente inserción retiene todos los sólidos que tengan un tamaño mayor a la rejilla. Este material es retenido hasta que sea removido en una inspección de mantenimiento. La mayor ventaja de usar este tipo de inserciones es que pueden retener más basura por mucho más tiempo, teniendo en cuenta que se utiliza el cien por ciento del volumen del sumidero, aunque existe la posibilidad de sobrecargar el sumidero si no se realiza el mantenimiento adecuado.



Figura 6-23 Outlet Insert Scout TM. Atrapa sólidos de gran tamaño.³⁶

También es posible instalar protectores fuera del sumidero como el que se muestra a continuación. Este tipo de protectores evita el ingreso de desechos y sedimentos de gran tamaño.



Figura 6-24 Drainage Match Basin Protection. Atrapa grasas y aceites.

Las limitaciones de los *Catch Basin Inserts* pueden enmarcarse en las siguientes:

³⁶ Tomado de Catch Basin Inserts. Santa Clara Valley Urban Runoff Pollution Prevention Program. Cortesía de Best Management Products, Inc.

- Aunque muchos accesorios están diseñados muy cuidadosamente nunca es posible remover contaminantes con el mismo desempeño que los sistemas convencionales.
- A menos que se encuentren frecuentemente mantenidos, estos accesorios pueden convertirse en una fuente de contaminantes en re-suspensión.
- Algunas canastas no remueven eficientemente las partículas finas o contaminantes solubles.
- Requieren mucho más mantenimiento que un sumidero sin este tipo de estructuras lo que hace que el costo de operación sea muy elevado.
- Algunos materiales como geo-membranas pueden ser rotos por algunas basuras por lo que una inspección periódica de los mismos es necesaria.

6.1.5 Sistemas de separación hidrodinámica

En algunos casos el pre-tratamiento de las aguas pluviales puede realizarse dentro del sistema en alguna cámara de unión utilizando leyes físicas hidráulicas para conducir el flujo y retener los sólidos en el sistema. El sistema hidrodinámico puede ser muy efectivo logrando eficiencias similares a elaborados sistemas de alivio en alcantarillado. En la siguiente figura se muestra un típico sistema de separación hidrodinámica:

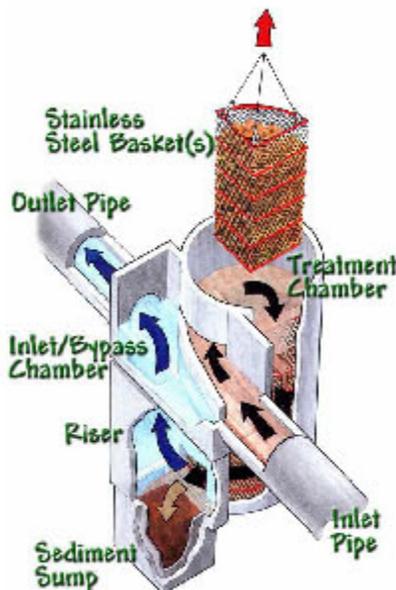


Figura 6-25 Sistema de separación hidrodinámica de sólidos

6.2 OTROS TIPOS DE REJILLAS

Rejilla tipo Espiga: Este tipo de rejillas proporciona seguridad a las bicicletas, y funciona bien hidráulicamente en la mayoría de las condiciones. Es eficiente cuando el flujo presenta bajas velocidades. A velocidades superiores a 1.5 m/s, una porción de la corriente tiende a pasar sobre la rejilla.

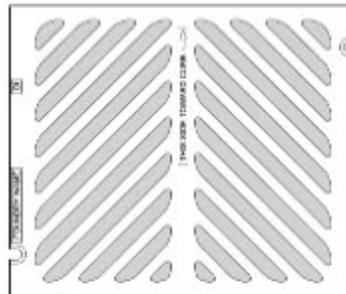


Figura 6-26 Rejilla Tipo Espiga³⁷

Rejillas Ranuradas: El funcionamiento de la rejilla ranurada es eficiente a bajas velocidades, al igual que la rejilla tipo espiga. A diferencia de la rejilla tipo espiga, si el flujo presenta velocidades superiores a los 1.5 m/s, esta rejilla capta una mayor porción del caudal. Adicionalmente retiene pocos desechos, por lo cual debe ser usada en zonas en donde se depositan grandes cantidades de los mismos.

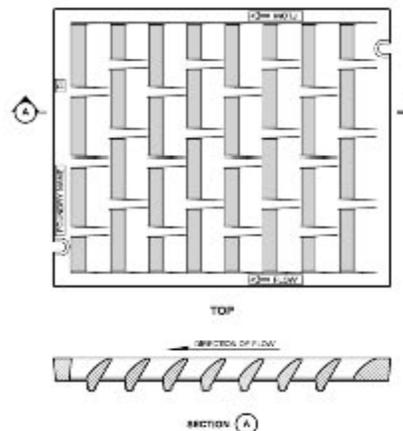


Figura 6-27 Rejilla ranurada³⁸

³⁷ Tomado de Hydraulic Manual 2007. Chapter 5. Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>

Rejilla Combinada: Este tipo de rejillas es muy eficiente teniendo en cuenta que si ésta es obstruida por algún desecho, el flujo es desalojado por la apertura lateral. La capacidad de intercepción es ligeramente mayor que usando solamente la rejilla.

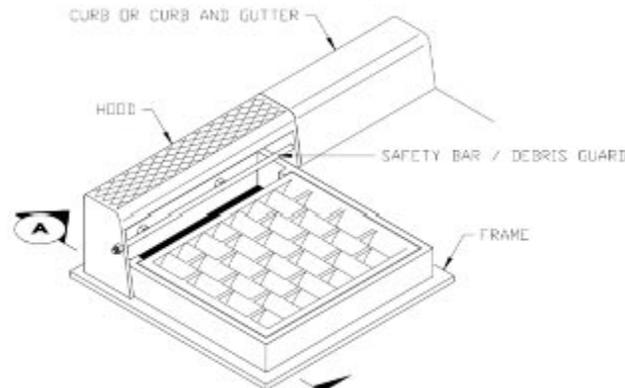
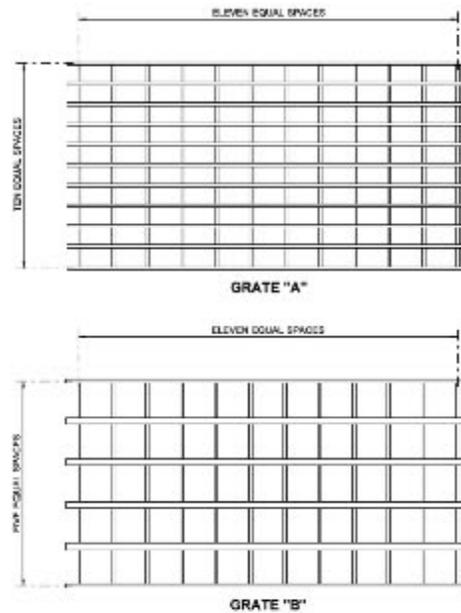


Figura 6-28 Rejilla combinada³⁹

Rejillas Tipo 1 y 2: Aunque este tipo de rejillas tienen aberturas que evitan problemas que pueden ser causados por la acumulación de desechos, tienen ciertas limitaciones de uso. La rejilla No 1 no resiste cargas de tráfico teniendo en cuenta que no está reforzada, mientras que la No 2 sí. Debido a que los dos tipos de rejillas tienen fallos estructurales, ninguna de estas puede ser instalada en zonas en donde las ruedas del tráfico pesado pasen directamente sobre la rejilla. La rejilla No 2 tiene grandes aberturas, por lo cual es ideal instalarlas en áreas no pavimentadas o en zonas en donde no hay tráfico de personas y/o bicicletas. Teniendo en cuenta que las rejillas No 1 no puede resistir cargas repetidas, es conveniente instalarlas en lugares en donde el tráfico de vehículos se desarrolle a baja velocidad, como es el caso de estacionamientos.

³⁸ Tomado de Hydraulic Manual 2007. Chapter 5. Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>

³⁹ Tomado de Hydraulic Manual 2007. Chapter 5. Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>



Grate A and B

Figura 6-29 Rejillas tipo I y II⁴⁰

Marco y Rejilla Ranurada: Este tipo de marco y rejillas puede ser usados en una nueva construcción o en reemplazo de estructuras deterioradas. Cuando se utilizan en avenidas de gran flujo vehicular, es necesario especificar la apertura de la rejilla.

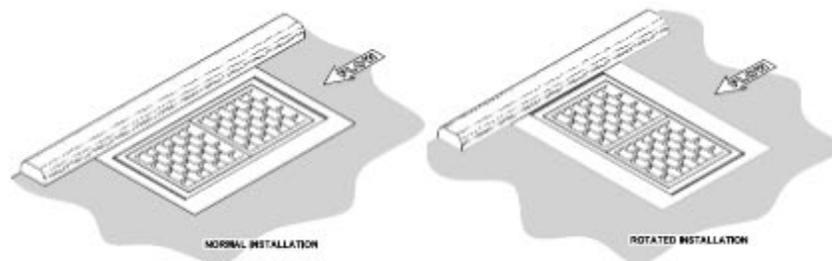


Figura 6-30 Marco y rejilla ranurada⁴¹

⁴⁰ Tomado de Hydraulic Manual 2007. Chapter 5. Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>

⁴¹ Tomado de Hydraulic Manual 2007. Chapter 5. Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>

Rejilla Circular: Este tipo de rejillas puede se utilizan generalmente en pozos secos. Los marcos de la rejilla son anillos circulares.

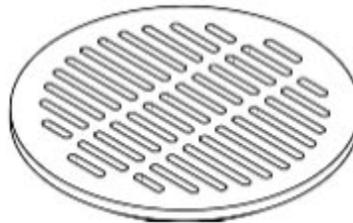


Figura 6-31 Rejilla circular⁴²

7 MANTENIMIENTO

Es necesario desarrollar e implementar un programa para evaluar las condiciones de los sumideros y sus complementos, y si es necesario hacer el respectivo mantenimiento, para limpiar las estructuras que pueden acumular sedimentos por lo menos una vez al año aunque para ciudades de gran tamaño se necesita hacer mantenimiento como mínimo dos veces año.

1. Eliminar los residuos de la rejilla. Las rejas pueden obstruirse con basura u hojas. Es importante alentar a los vecinos y a la población en general para que no arrojen basuras a las calles y escombros.
2. Eliminar los residuos del área en estudio. Las estructuras de retención deben limpiarse antes que estén completamente llenas.
3. Recomendaciones: Cuando corte el césped, es conveniente recoger los desechos y las hojas para que no sean arrastrados por la esorrentía superficial.

Es necesario eliminar las grasas las cuales generalmente son el contaminante más difícil de remover que tapona los sumideros impidiendo el paso del agua lluvia lo que ocasiona eventos de inundación.

El manteniendo típico de las inserciones de retención se realiza para la remoción de las basuras y la limpieza de las rejillas para retirar cualquier sólido capturado. Se pueden usar sistemas mecánicos como camiones succionadores o *vacuum trucks* aunque este es

⁴² Tomado de Hydraulic Manual 2007. Chapter 5. Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>

recomendado principalmente para *outlet incerts* los cuales necesitan ser desocupados periódicamente para evitar sobrecargas en el sistema; en algunas ocasiones pueden limpiarse manualmente con personal entrenado para cuidar la estructura y no dañarla.

En las siguientes figuras se ilustra la forma de limpiar los diferentes tipos de inserciones en sumideros:



(a)



(b)



(c)

Figura 7-1 (a) Remoción manual del material (b) Camión succionador (vacuum truck) utilizado para vaciar mecánicamente los sólidos retenidos en la inserción del sumidero (c) Personal entrenado para el mantenimiento de los sumideros.

Es importante tener en cuenta que los sedimentos y desechos retirados de los sumideros pueden ser clasificados como residuos peligrosos, en particular cuando la limpieza es poco frecuente y/o en zonas industriales. Por esta razón, siempre deben ser eliminados de forma adecuada para evitar impactos ambientales negativos.

8 OTROS TEMAS RELACIONADOS

8.1 CASOS DE OTRAS CIUDADES⁴³

- Una multitud de compañías ha fabricado productos para minimizar la entrada de desechos y sedimentos al sistema de alcantarillado pluvial.
- Las consideraciones que tienen en cuenta al momento de seleccionar sumidero o una estructura para remoción de sólidos son: costo inicial, mantenimiento y costos de reemplazo, tipos de filtración necesarios, si es reemplazo o un nuevo proyecto, el espacio disponible, entre otros.
- Caso Florida: Se han utilizado una variedad de métodos para la captura de hidrocarburos y contaminantes, haciendo uso de medios y sacos filtrantes. Recientemente, estos accesorios han sido reemplazados por cestas, las cuales parecen estar funcionando adecuadamente. Notaron que los sacos filtrantes flotaban en el agua, limitando la superficie y el contacto de los contaminantes con los medios de filtrado. Las cestas por el contrario, garantizan que el agua pase por los medio de filtrado, removiendo un alto porcentaje de estas sustancias contaminantes. El mantenimiento se ha llevado a cabo cada cuatro meses calendario. Para determinar cuando los filtros deben sustituirse, se pesan. Si están bastante pesados, el filtro es retirado y cambiado por otro.
- Colorado y Washington: Utilizan una rejilla con componentes de plástico y soportes de acero inoxidable. Su diseño evita el paso de desechos, residuos aceitosos, y sedimentos. Los flotantes se mantienen retenidos en la cámara, mientras que las partículas pesadas y los sedimentos se depositan en el fondo. Estos accesorios encajan en cualquier estructura, y a éstos pueden añadirse una gran cantidad de filtros, como son los filtros con compuestos de carbono que controlan la propagación de olores. Estudios realizados en la ciudad indican que estos dispositivos han sido eficaces en la prevención de aceites y otros contaminantes. Cada dispositivo es inspeccionado al menos una vez al año.

⁴³ Tomado de Baxter, Roberta. Catch basin inserts and filters to protect surface waters. Stormwater. The journal for surface water quality professionals. 2007.



Figura 8-1 Sistema utilizados en Colorado y Washington⁴⁴

- Connecticut Harbor: Utilizan filtros contruidos en acero y plástico, los cuales tienen una variedad de medios de filtración que permiten remover metales pesados. Estos dispositivos tienen una esponja que tiene la capacidad de absorción de hidrocarburos, y tiene un componente anti-microbiano. Este tipo de accesorios es de fácil mantenimiento, teniendo en cuenta que el tiempo necesario para limpiar cada filtro es de 10 a 15 minutos. El principal problema de estos filtros es el costo inicial, pero teniendo en cuenta los beneficios a largo plazo para el sistema de alcantarillado de aguas pluviales, es necesario considerar su instalación.
- Costa Oeste: Los filtros utilizados en la Costa Oeste permiten la retención de sedimentos, aceites, grasas y metales. El agua entra a través de una reja pesada, y las partículas pesadas se sedimentan en el fondo de la cámara. Los filtros retienen los aceites y los metales.
- Los Ángeles: Las estructuras de retención de sólidos utilizados en la ciudad de Los Ángeles consisten en una pantalla de 5 mm de espesor, instalada en el interior del sumidero, justo al frente del tubo de salida. La función de esta pantalla es retener todas las basuras superiores a 5 mm, manteniendo una adecuada capacidad de drenaje. Esta estructura está fabricada en acero inoxidable.

⁴⁴ Tomado de Stormwater Features. The Journal for Sufrace Water Quality Proffesionals.



Figura 8-2 Estructuras de retención utilizados en la ciudad de Los Ángeles⁴⁵

8.2 TIPOS DE CONTAMINANTES PRESENTES EN LAS AGUAS LLUVIAS⁴⁶

Generalmente los sedimentos arrastrados por las corrientes de aguas pluviales están asociados con las actividades de la construcción. Sin embargo, otros contaminantes también son llevados al sistema de recolección de aguas lluvias. Los contaminantes presentes en las aguas lluvias pueden clasificarse en nueve categorías: sedimentos, nutrientes, metales pesados, materiales tóxicos (incluyendo pesticidas y herbicidas), grasas y aceites, bacterias y virus, sustancias biológicas y demanda química de oxígeno materiales flotantes y residuos de construcción. Estos contaminantes proceden de una variedad de lugares, como residencias, propiedades, oficinas, estacionamientos, carreteras, restaurantes, tiendas de comestibles; vehículos automotores y otros equipos motorizados son una de las principales fuentes de contaminantes, de manera que los estacionamientos y las carreteras son considerados como fuentes no puntuales de contaminación.

Sedimentos: La mayoría de los sedimentos se generan a partir de la erosión de suelo y roca. Los sedimentos varían en función del tamaño y peso específico. Los sedimentos pueden ser perjudiciales para la vida acuática, ya que bloquean la luz del sol que es necesaria para la fotosíntesis, asfixia las plantas y criaturas que viven allí.

Nutrientes: El fósforo, nitrógeno, y otros nutrientes que son generados naturalmente debido a las actividades orgánicas del suelo, pueden crear un crecimiento excesivo de algas o vegetación, lo que da lugar a perjuicios en el uso de agua en los lagos y otras fuentes de

⁴⁵ Tomado de City of Los Angeles. Stormwater Program. Catch Basin Inserts.

⁴⁶ Tomado de City of Knoxville Tennessee. Stormwater Engineering Division. BMP Manual. Mayo 2003. <http://www.ci.knoxville.tn.us/engineering/>

abastecimiento de agua mediante, generando problemas de sabor y olor. Adicionalmente, el exceso de algas puede afectar los niveles de oxígeno disuelto que se traduce en la muerte de peces. En general, los problemas relacionados con los niveles excesivos de nutrientes en el agua se conocen como impactos de eutrofización.

Metales Pesados: Los metales pesados, incluso en bajas concentraciones, por lo general son tóxicos para todas las formas de vida. La presencia de metales pesados en el agua genera gran preocupación, teniendo en cuenta que tienen el potencial de contaminar los suministros de agua. Porciones significantes de los metales pesados son producidos por automóviles y camiones. La gasolina y el diesel contienen metales pesados, que son descargados a través del escape del vehículo, quedando atrapados en estacionamientos y carreteras. La mayoría de superficies artificiales, como son el metal galvanizado, la pintura, la madera, los tejados, el plástico, el asfalto, entre otros, contienen metales que pueden entrar en el agua de escorrentía pluvial debido a la corrosión de las superficies.

Materiales Tóxicos: Los materiales tóxicos se utilizan en residencias, instalaciones comerciales, industria, entre otros. Son a menudo compuestos orgánicos sintéticos, tales como adhesivos, limpiadores, solventes o selladores. Derrames accidentales y fugas de estos productos en el suelo puede causar daños ambientales en las aguas receptoras. Herbicidas, insecticidas y plaguicidas son comúnmente utilizadas en las obras de construcción, jardines, parques, campos de golf.

Grasas y aceites: Estos productos se utilizan ampliamente en todas la ciudad, especialmente donde hay presencia de vehículos automotores. El aceite y la grasa pueden ser vertidos o derramados en el suelo. Estos productos pueden causar graves daños a la vida vegetal y animal. Los aceites y las grasas pueden formar emulsiones en las corrientes de agua, que a su vez hace que este tipo de contaminantes sea muy difícil de quitar. Adicionalmente, los productos derivados del petróleo y combustibles crean vapores inflamables que son perjudiciales para los peces y otros organismos acuáticos.

Bacterias y Virus: Las bacterias y los virus se encuentran comúnmente en los materiales orgánicos que forman parte de las aguas lluvias. Las principales fuentes incluyen desbordamientos de alcantarillados sanitarios y filtraciones, excrementos de animales de granjas, partículas de alimento, agua utilizada para preparar o limpiar los alimentos, etc. Las bacterias y los virus pueden causar la muerte de peces y enfermedades humanas.

Demanda de Oxígeno: Algunas sustancias en presencia de agua, liberan oxígeno. En términos químicos, el oxígeno es muy activo-receptor de electrones y puede reaccionar con casi nada. Bajos niveles de DO son a menudo la causa de la muerte de peces en arroyos y

embalses. El oxígeno disuelto en arroyos y lagos depende en gran medida de la temperatura.

Materiales flotantes: Es importante que cada propiedad comercial, cada negocio y cada contratista tenga un plan eficaz para tratar todos los residuos flotantes que pueden o no contener otros contaminantes. Este tipo de materiales obstruyen las estructuras de drenaje, y su presencia puede causar graves daños a los animales acuáticos al ingerirlos.

Residuos provenientes de la construcción: Los residuos de la construcción incluyen el agua de lavado de mezcladores de cemento, pinturas y equipos de pintura, actividades de limpieza, residuos sólidos orgánicos resultantes de árboles y arbustos, madera y papel derivados de la construcción, aguas de refrigeración, lavado de vehículos, desechos sanitarios, entre otros.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los sumideros son elementos de gran importancia dentro de la infraestructura de los alcantarillados de aguas lluvias, teniendo en cuenta que son las estructuras encargadas de recolectar y conducir la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje al sistema de tuberías de alcantarillado. Con el fin de evitar el paso de basuras y sustancias que pueden contribuir al colapso de estos sistemas, hoy en día se han diseñado diferentes estructuras de retención.
- Existen diferentes tipos de sumideros. Están los sumideros de ventana, sumideros de rejilla en cuneta, sumideros combinados o mixtos, sumideros transversales, entre otros. Cada uno presenta ventajas y desventajas, y su eficiencia hidráulica depende de las condiciones existentes de pendientes longitudinales y transversales.
- Para diseñar un sumidero es necesario tener en consideración diferentes factores que pueden afectar la capacidad de intercepción de entrada y su eficiencia, realizar una adecuada selección de la rejilla, tener en cuenta las condiciones existentes del sitio para realizar una correcta ubicación de las entradas, entre otros. Todas estas consideraciones son importantes teniendo en cuenta que muchas de las normas técnicas vigentes las incluyen dentro de sus metodologías.
- Las industrias a nivel mundial están desarrollando nuevas tecnologías que evitan que residuos y diferentes sustancias entren al sistema de alcantarillado. Hoy en día en el mercado se encuentran diferentes estructuras de retención de sólidos, como son sistemas de uso externo utilizados durante la construcción de obras y sistemas intrusivos utilizados en ambientes construidos.
- La protección de rejillas con fibras de poliuretano, las bolsas de grava para protección de sumideros y otras membranas filtran el flujo antes de entrar al sistema e impiden la entrada de sedimentos y otros elementos al sumidero. Estos elementos son usados generalmente durante la construcción de las obras.
- Los elementos utilizados generalmente en ambientes construidos son intrusivos. Estos elementos controlan la entrada de sólidos y otros contaminantes con algún tipo de filtro o agente químico. Capturan elementos flotantes, sedimentados, ladrillos, hojas, basuras, etc. Las bolsas, canastas, almohadillas, medias, rejillas y canastas hacen parte de estos mecanismos de retención.
- Las bolsas, construidas generalmente en polipropileno o polímeros de alta densidad, atrapan materiales gruesos y finos, sirviendo de filtro. Las canastas, construidas en plástico

en forma de mala, retienen materiales gruesos y basuras, pero permiten el paso de material particulado. Las almohadillas, instaladas generalmente dentro de las bolsas y canastas, permiten la captación de aceites, grasas, metales pesados, sedimentos y escombros. Las canastas filtrantes poseen filtros especializados en contaminantes específicos, los cuales eliminan sólidos suspendidos totales, aceites, grasas, plomo y zinc. También están las bandejas, que pueden llenarse de absorbentes como el carbón activado, o pueden usarse simplemente para capturar los desechos que tienen las pantallas. Las medias “socks” efectúan retenciones en las cámaras de unión o inspección del alcantarillado.

- Existe otro sistema conocido como separación hidrodinámica, el cual, utilizando leyes físicas, conduce el flujo reteniendo los sólidos en el sistema. Puede ser muy efectivo logrando eficiencias similares a elaborados sistemas de alivio en alcantarillado.
- Recientemente, la legislación de algunos países exige que la escorrentía de todas las áreas impermeables de cualquier construcción deba ser filtrada, incluyendo el techo de las edificaciones. Teniendo en cuenta que el agua conducida por las bajantes puede contener partículas, compuestos orgánicos y otras sustancias que estén sujetas a las regulaciones de aguas pluviales, hoy en día se encuentran en el mercado sistemas de retención de sólidos de rejillas diagonales para edificaciones.
- Existen otros tipos de elementos que se instalan lateralmente en los sumideros, como son las inserciones laterales, las cuales consisten en rejillas perforadas instaladas frente al sumidero o sobre el mismo.
- Muchos de estos mecanismos a menos que se encuentren frecuentemente mantenidos, pueden convertirse en una fuente de contaminantes en re-suspensión, haciendo que el costo de operación sea muy elevado.
- Es necesario desarrollar un programa para evaluar las condiciones de los sumideros y sus complementos, con el fin de realizar su mantenimiento, el cual generalmente debe llevarse a cabo como mínimo dos veces al año. Es importante alentar a los vecinos y a la población en general para que no arrojen basuras y escombros a las calles, así como sustancias de difícil remoción, por ejemplo, grasas y aceites.

10 BIBLIOGRAFIA

- **Ministerio de Desarrollo Económico, República de Colombia.** Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. Título D. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domesticas y Pluviales.

- **HEC - 22.** Urban Drainage Design Manual. US Department of Transportation. Federal Highway Administration. 2001.

- **Norma NP-023.** Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P.

- **Protección de rejillas con fibras de poliuretano; Bolsas de grava para proteger sumideros; Membrana de retención de sólidos mezclada con el flujo; Sistema de medias “socks” filtrantes.**
www.Stormwaterworks.com

- **Sumidero de rejilla con canasta filtrante.**
Delaware’s Pullution Control Strategy. Tributary Times. 2004.

- **Filtro Urbano.**
AbTech Industries. Ultra Urban Filter Technical Specifications.

- **Accesorio de canasta filtrante para sumidero de ventana.**
Storm Water Inspection & Maintenance Services, Inc. www.swimsclean.com

- **Canasta filtrante; Interceptor; Malla tejida de polipropileno; Aqua-Guard.**
Innovative Stormwater Treatment Technologies Best Management Practices Manual. Chapter 5.

- **Sistema de canastas filtrantes con filtros especializados en contaminantes específicos.**
www.transpo.com. EnviroSafe. Modular Stormwater Catch Basin Filter System.

- **Unidad de limpieza.**
Clearwater Solutions. Storm Drain Specialists

- **Sistema de bandejas; Precipitación pluvial tipo I. bandejas; Precipitación pluvial tipo II; Stream Guard.**

Catch Basin Inserts, BMP 6 IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog September 2005.

- **Sistema de retención de sólidos por rejillas diagonales; Pantallas protectoras.**

Hydroscreen, LLC. Detention Pond Screens – Best Management Practice.

- **Outlet Insert Scout TM. Atrapa sólidos de gran tamaño.**

Catch Basin Inserts, Santa Clara Valley, Urban Runoff, Pollution Prevention Program.

- **The Use of Best Management Practices (BMPs) in Urban Watersheds.** United States Environmental Protection Agency. Office of Research and Development Washington DC 20460. EPA/600/R-014/184. 2004.

- **Municipal Best Management Practices for Controlling Trash and Debris in Stormwater and Urban Runoff.** California Coastal Commission

- **Hydraulic Manual 2007. Chapter 5.** Drainage of Highway Pavements. <http://www.wsdot.wa.gov/fasc/EngineeringPublications/library.htm>

- **Baxter, Roberta.** Catch basin inserts and filters to protect surface waters. Stormwater. The journal for surface water quality professionals. 2007.

- **Stormwater Features.** The Journal for Surface Water Quality Professionals.

- **Stormwater Program. Catch Basin Inserts.** City of Los Angeles

- **Stormwater Engineering Division.** BMP Manual. Mayo 2003. City of Knoxville Tennessee. <http://www.ci.knoxville.tn.us/engineering/>