

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **PLANTEAMIENTO DE DIRECTRICES TÉCNICAS PARA LA ADECUADA EJECUCIÓN DE LA LIMPIEZA DE SUMIDEROS Y CAJONES CON REJILLAS EN LA ZONA NORTE DEL DMQ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO (SUPERIOR) EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Diego Fernando Rodríguez Brito**  
diego.rodriguez04@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. EDUARDO VÁSQUEZ**  
eduardo.vasquez@epn.edu.ec

**CODIRECTORA: ING. PATRICIA HARO**  
patricia.haro@epn.edu.ec

**Quito, octubre 2021**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Rodríguez Brito Diego Fernando como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

---

**Ing. Eduardo Vásquez**

DIRECTOR DEL PROYECTO

---

**Ing. Patricia Haro**

CODIRECTORA DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo Rodríguez Brito Diego Fernando con CI: 0603060914 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



---

**Diego Fernando Rodríguez Brito**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN.....	ii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes y justificación.....	1
1.1.1. Los orígenes del sistema de alcantarillado.....	1
1.1.2. El sistema de alcantarillado en la ciudad de Quito .....	2
1.1.3. Planteamiento de la investigación .....	4
1.2. Objetivos .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Conceptos básicos sobre sistemas de alcantarillado .....	7
2.1.1. Conceptos generales .....	7
2.1.2. Componentes del sistema.....	8
2.1.3. Conceptos básicos de operación y mantenimiento.....	9
2.2. Características de las estructuras de evacuación .....	10
2.2.1 Sumideros .....	11
2.2.2 Cajones con rejillas .....	12
3. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Levantamiento de la información .....	14
3.2. Límites y sumideros de la zona de estudio .....	14
3.2.1. Definición de la zona de estudio .....	14
3.2.2. Cuantificación del número de sumideros .....	15
3.3. Directrices técnicas para la limpieza de sumideros y cajones con rejillas .....	15
3.4. Ficha catastral y periodicidad de la limpieza de sumideros y cajones con rejillas ....	15
3.4.1. Elaboración de la ficha catastral .....	15
3.4.2. Definición de la periodicidad de la limpieza .....	15

3.5.	Seguridad industrial .....	16
3.6.	Campaña de concientización .....	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
4.1.	Zona de estudio .....	17
4.2.	Número de sumideros .....	18
4.3.	Directrices técnicas para la limpieza manual y mecánica de sumideros y cajones ..	19
4.3.1	Métodos de limpieza .....	19
4.3.2	Limpieza manual con vehículos de apoyo y equipo menor .....	19
4.3.3	Limpieza con hidrosuccionador .....	21
4.3.4	Comparación de los métodos .....	22
4.3.5	Proceso de limpieza .....	24
4.4.	Descripción de la ficha catastral .....	38
4.4.1.	Tipo de estructura .....	38
4.4.2.	Nivelación de la rejilla .....	39
4.4.3.	Instalación de la rejilla .....	39
4.4.4.	Instalación del cerco .....	40
4.4.5.	Instalación de la tapa .....	40
4.4.6.	Continuidad del flujo .....	41
4.4.7.	Cajón de hormigón .....	41
4.4.8.	Taza de hormigón .....	42
4.4.9.	Pico (sifón) .....	42
4.5.	Periodicidad de la limpieza de sumideros y cajones con rejillas .....	43
4.6.	Seguridad personal, vial y riesgos asociados a las actividades de mantenimiento	44
4.6.1.	Equipos de protección personal .....	45
4.6.2.	Equipos de protección colectiva y vial .....	46
4.6.3.	Equipos de protección especial .....	46
4.7.	Campaña de concientización .....	46
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
7.	ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

ANEXO I	Plano tipo de sumidero y pozo.....	58
ANEXO II	Plano tipo de cajón con rejilla.....	60
ANEXO III	Mapa de zona de estudio.....	62
ANEXO IV	Mapa de distribución de sumideros en la zona de estudio.....	64
ANEXO V	Ficha catastral.....	66
ANEXO VI	Cantidad de sumideros, cajones distribuidos por barrios y parroquias.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de alcantarillado, Palacio de Minos en Knosos, isla de Creta. Fuente: Delidaise (2012). .....	1
Figura 2. Representación del alcantarillado, Quito. Fuente: EPMAPS (2016b).....	3
Figura 3. Rejilla de sumidero. ....	11
Figura 4. Taza de sumidero.....	11
Figura 5. Pico de sumidero.....	11
Figura 6. Configuración de sumidero con tirante. ....	12
Figura 7. Rejilla del cajón. ....	12
Figura 8. Cajón de hormigón. ....	13
Figura 9. Tapa de mantenimiento.....	13
Figura 10. Cajón con rejillas transversales. ....	13
Figura 11. Cajón con rejillas longitudinales.....	13
Figura 12. Mapa de la zona de estudio.....	17
Figura 13. Mapa de distribución de sumideros zona de estudio. ....	18
Figura 14. Limpieza manual. ....	19
Figura 15. Limpieza con hidrosuccionador. ....	21
Figura 16. Flujo del proceso de limpieza. ....	25
Figura 17. Señalización limpieza manual. ....	27
Figura 18. Señalización limpieza con hidrosuccionador.....	27
Figura 19. Limpieza manual zona de influencia.....	29
Figura 20. Limpieza zona de influencia con hidrosuccionador.....	29
Figura 21. Remoción de accesorios en la limpieza manual. ....	30
Figura 22. Remoción de accesorios en la limpieza con hidrosuccionador. ....	30
Figura 23. Retiro manual de material.....	32
Figura 24. Retiro de material con hidrosuccionador.....	32
Figura 25. Lavado a presión. ....	33
Figura 26. Lavado del tirante de sumidero.....	33
Figura 27. Desobstrucción del tirante con varilla. ....	34
Figura 28. Desobstrucción del sifón con gancho. ....	35
Figura 29. Verificación del flujo de agua.....	35
Figura 30. Verificación del flujo con varilla.....	36
Figura 31. Desalojo manual de material. Fuente: elaboración propia. ....	36
Figura 32. Desalojo mecánico de material.....	37
Figura 33. Desalojo de material con hidrosuccionador. ....	37
Figura 34. Sumidero obstruido con basura.....	47
Figura 35. Sumidero obstruido con tierra.....	47
Figura 36. Sumidero obstruido maderas y escombros.....	48
Figura 37. Materiales productos de las actividades humanas.....	49
Figura 38. Acumulación de basura sobre sumideros y rejillas. ....	50
Figura 39. Consecuencias del taponamiento de sumideros y rejillas. ....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema comparativo de los dos métodos. Fuente: elaboración propia.....	23
Tabla 2. Riesgos asociados a la limpieza de sumideros. Fuente: EPMAPS (2012). .....	44



## **RESUMEN**

En la ciudad de Quito, incluida la Zona Norte, es muy frecuente encontrar sumideros y cajones con rejillas taponados por materiales sólidos, que son arrastrados por la escorrentía superficial al presentarse lluvias. Estos taponamientos tienen directa relación con las actividades humanas diarias, y sus consecuencias son evidenciadas en la acumulación de agua sobre las vías, pasos deprimidos, viviendas, entre otras, que generan inundaciones, daños materiales e incluso riesgo a la vida de los ciudadanos.

Para mitigar estas afectaciones, es necesario establecer un adecuado plan de mantenimiento que garantice la correcta ejecución de las labores de limpieza, la reparación de las fallas que pueden haberse ocasionado en el sistema de drenaje pluvial y promover la colaboración de la ciudadanía. Para la ejecución de estos objetivos, se identificó el número de sumideros de la zona de estudio, se elaboró una ficha de catastro y codificación de fallas, se estableció la periodicidad para el mantenimiento, se plantearon las directrices técnicas para una adecuada ejecución de las labores de limpieza y se propuso una campaña de concientización a la ciudadanía.

Finalmente, se han establecido las directrices que permiten ejecutar las labores de mantenimiento de forma manual y con vehículo hidrosuccionador, de una manera técnica, adecuada y segura. Cabe señalar que esta información es un valioso instrumento que sirve de guía a las entidades públicas y privadas que ejecutan las actividades de limpieza y mantenimiento.

### **PALABRAS CLAVES**

Sumidero, rejillas, taponamiento, limpieza, mantenimiento, hidrosuccionador.

## **ABSTRACT**

In Quito, including the northern zone, it is very common to find drains and boxes with grids plugged by solid materials, which are dragged by surface runoff when it rains. These blockages are directly related to human activities, and their consequences are evidenced in the accumulation of water on the roads, depressed steps, homes, among others, leading to floods, material damage and even risk to the lives of citizens.

To mitigate these effects, it is necessary to establish an adequate maintenance plan that the correct execution of the cleaning tasks, the repair of the failures that may cause in the guaranteed rainwater drainage system and promote the collaboration of the citizens. For the execution of these objectives, the number of sinks in the study area was identified, a registry and fault coding file was prepared, the periodicity for maintenance was established, and technical guidelines were proposed for an adequate execution of cleaning work and a public awareness campaign was proposed.

Finally, guidelines have been established that allow maintenance work to be carried out manually and with a water suction vehicle, in a technical, adequate and safe manner. It should be noted that this information is a valuable instrument that serves as a guide for public and private entities that carry out cleaning and maintenance activities.

**KEYWORDS:** Sump, grates, plugging, cleaning, maintenance, hydro-suction.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes y justificación

### 1.1.1. Los orígenes del sistema de alcantarillado

A lo largo de la historia, conforme al avance de la civilización, se presentaron necesidades básicas que debían ser cubiertas, tales como el control de las aguas pluviales y residuales, que en la antigüedad eran descargadas directamente a las calles de las primeras poblaciones. El primer vestigio de un sistema de alcantarillado pertenece al Palacio de Minos en Knosos (Figura 1), isla de Creta, en donde se encontró una red completa de alcantarillas que tiene una antigüedad de 5.000 años y está compuesta por tubos troncocónicos de cerámica (Marques, 1996).



**Figura 1.** Sistema de alcantarillado, Palacio de Minos en Knosos, isla de Creta. Fuente: Delidaise (2012).

Posteriormente, con base en los conocimientos del pueblo romano se establecieron sistemas de evacuación que utilizaban piedra y mampostería en su estructura; hasta llegar al año 1848, en el que se inicia la construcción del sistema de alcantarillado de la ciudad de Londres, basado en el concepto higienista del ciclo del agua. A partir del siglo XX se introduce como elemento de construcción de estos sistemas el hormigón, material que permitió por sus propiedades la tecnificación del drenaje en las ciudades (Marques, 1996).

La evolución anteriormente descrita ha sido no solo consecuencia del descubrimiento de nuevos materiales y técnicas, sino también de la permanente búsqueda del ser humano por mejorar su calidad de vida, que ha tenido en el saneamiento uno de los pilares que ha

permitido la consolidación de este objetivo. Dentro de este proceso, la introducción de los sistemas de alcantarillado posibilitó contar con un entorno salubre y por ende propiciar el desarrollo de las urbes.

Para la recolección y el transporte de aguas residuales se construyeron inicialmente alcantarillados sanitarios; sin embargo, el funcionamiento de estos sistemas evidenció la necesidad de controlar la escorrentía superficial proveniente de la lluvia, lo que dio paso al planteamiento de sistemas pluviales, que diferían principalmente de los primeros en sus dimensiones, por la diferencia que existe entre estos dos caudales.

### **1.1.2. El sistema de alcantarillado en la ciudad de Quito**

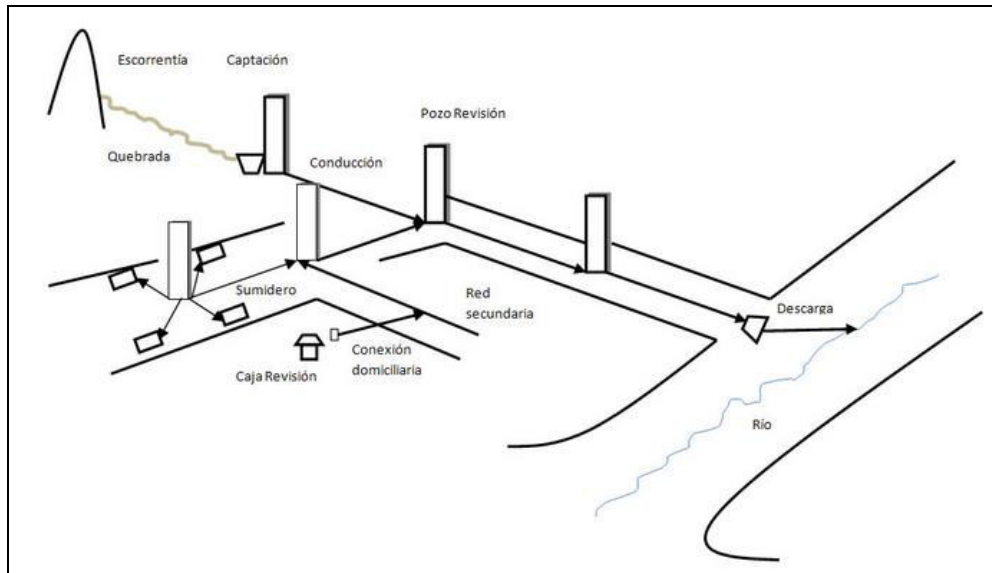
En el Ecuador, desde la época colonial se estableció la necesidad de regular el uso del agua que descendía desde las montañas, al igual que la necesidad de canalizar las aguas residuales y pluviales. Es así, como en 1902 el Congreso de la República estableció un impuesto al aguardiente y a la exportación de cuero, recursos que sirvieron para el inicio del estudio de aprovisionamiento de agua y la canalización de la ciudad de Quito, como consta en el relato de la historia de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS, 2016a).

En 1906, bajo el gobierno del general Eloy Alfaro, se conformó la primera Junta de Agua Potable y Canalización de Quito, que tuvo a cargo la dotación de estos dos servicios hasta 1915, año en que el Congreso decretó que esta gestión pase a manos del Municipio de la ciudad. En 1960 se creó la Empresa Municipal de Agua Potable, institución que desde entonces tiene a su cargo la administración de las redes de agua potable y alcantarillado en las diferentes etapas de construcción, mantenimiento, reparación y ampliación (EPMAPS, 2016a).

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Quito cuenta con un régimen combinado, que recolecta tanto aguas lluvias como servidas y funciona a gravedad.

El régimen combinado permite contar con un único sistema de recolección, que facilita su mantenimiento y auto limpieza; sin embargo, se presentan frecuentemente problemas de inundación en vías y viviendas, cuando se registran precipitaciones que superan la capacidad de recolección y evacuación de los sistemas.

El funcionamiento por gravedad, aprovecha la topografía de la ciudad para que la recolección y el transporte se realicen por medio de la fuerza de la gravedad, presentándose como principales problemas la presencia de viviendas que no tienen la cota de descarga necesaria y la sedimentación en las zonas planas de la urbe. En la Figura 2 se muestra el esquema de componentes básicos y funcionamiento del sistema de alcantarillado:



**Figura 2.** Representación del alcantarillado, Quito. Fuente: EPMAPS (2016b).

Como parte de la urbanización de grandes zonas en la ciudad, se procedió con la construcción de los sistemas de alcantarillado combinados, y se dotó de rasantes definitivas a las vías a través de empedrados, adoquinados, asfaltados, etc., esto generó su impermeabilización. Este proceso de impermeabilización originó que la escorrentía superficial, que anteriormente era controlada a través de medios como: canales de tierra, infiltración o la descarga final a cauces naturales, ahora deba ser recolectada y conducida hacia los sistemas de alcantarillado.

Como parte del proceso de dotación de rasantes definitivas a las vías, fue necesaria la construcción de sumideros y cajones con rejillas. Estos elementos forman parte de los sistemas de alcantarillado combinado, y entre otros, son las estructuras encargadas de captar la escorrentía superficial. Se encuentran emplazadas en las vías, generalmente junto a los bordillos, y su principal característica es que cuentan en la parte superior con rejillas de hierro, que son visibles para toda la ciudadanía.

### **1.1.3. Planteamiento de la investigación**

Los problemas de taponamiento de los sistemas de alcantarillado y sus componentes se presentan en varios países de Latinoamérica, tanto en la zona urbana como en la zona rural. (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

En el Distrito Metropolitano de Quito, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS, es la encargada de dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado, así como, del mantenimiento de la infraestructura que forma parte de estos sistemas, en los que se incluyen 96.226 pozos de revisión y 99.858 sumideros. (EPMAPS, 2020a).

Los sumideros son “canales de desfogue que captan el agua lluvia y la conducen hacia el sistema de alcantarillado. Sin embargo, dejan de cumplir su función cuando se obstruyen por basura en las calles, material vegetal y de construcción, escombros y granizo”. (EPMAPS, 2020a, párrafo 7).

Otros materiales que originan las obstrucciones son: grasas, trapos, botellas de plástico, arena, piedras y raíces. Estos materiales provienen de las actividades diarias de personas, empresas públicas y privadas, malas prácticas ciudadanas, así como, de eventos y procesos naturales, los cuales son arrastrados por la escorrentía superficial, hasta llegar a los sumideros. (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Para la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, la EPMAPS ha identificado que, durante períodos de lluvias intensas, la combinación de las aguas residuales y pluviales puede desbordarse del sistema de recolección y producir descargas directas a cuerpos de agua superficial. Este fenómeno se conoce como los desbordes de drenajes combinados (DDC). Los DDC pueden contener altos niveles de sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites, materiales flotantes, contaminantes tóxicos, organismos patógenos y otros contaminantes. (EPMAPS, 2020c), (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable, 2009).

Estos contaminantes pueden exceder los estándares de calidad del agua, y representar un riesgo a la salud humana, poner en peligro los organismos acuáticos y dañar los cursos de agua. Las regulaciones de varios países establecen requisitos mínimos de control que deben incluirse en los permisos de descarga de los DDC. Uno de esos

controles mínimos lo constituyen los programas rutinarios de operación y mantenimiento(O/M) para los alcantarillados que presenten DDC”. (EMAAP-Q, 2009).

Adicionalmente, un adecuado programa de operación y mantenimiento incluye las siguientes actividades: programar inspecciones rutinarias, mantenimiento y limpieza de los sistemas combinados de drenaje; desarrollar sistemas de reporte y archivo de datos de O/M que contengan los procedimientos de mantenimiento y los informes de inspección; proveer entrenamiento de O/M al personal; evaluación periódica del programa de O/M para su actualización y revisión de los procedimientos según sea necesario. (EMAAP-Q, 2009).

Para mitigar estos problemas, desde octubre de 2019 hasta septiembre de 2020, la EPMAPS invirtió USD 800 mil, en limpieza de sumideros, en consideración que en función de la vulnerabilidad de los sectores, se interviene con mayor frecuencia en zonas aledañas a mercados, construcciones, espacios verdes entre otros. Sin embargo, en la zona norte de Quito, que cuenta con aproximadamente 30.000 sumideros, es muy frecuente encontrar sumideros y cajones con rejillas obstruidos. Estos taponamientos impiden una adecuada recolección y evacuación de las aguas lluvias, lo que provoca acumulación de agua en calles, avenidas, pasos deprimidos, viviendas, entre otros, que pueden desencadenar en inundaciones que generan daños materiales a los bienes públicos y privados. (EPMAPS, 2020a), (E P Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, 2016).

Las afectaciones mencionadas se incrementan en un 30% en época invernal, y se han visto evidenciadas en las inundaciones presentadas en varios pasos deprimidos de la ciudad de Quito, como por ejemplo los ubicados en las avenidas De La Prensa y 10 de Agosto, Naciones Unidas y América, entre otros. (Beltrán, 2020). Esto a pesar de existir una planificación para el mantenimiento de los sumideros, y que la EPMAPS ha comunicado a la ciudadanía mensajes para evitar arrojar basura a la calle, así como, no colocar material de construcción en veredas, con el objetivo de evitar inundaciones, los problemas persisten. (EPMAPS, 2020a).

Estos temas serán abordados en el presente trabajo, que tendrá como resultado final una guía práctica para que el personal que ejecuta la limpieza de sumideros y cajones con rejillas sea capacitado técnicamente en estas actividades. También durante la ejecución

de los trabajos, el personal contará con una ficha catastral, que le permita identificar y reportar el estado real de cada sumidero.

De manera adicional, las Empresas Públicas de los Municipios de la Región Sierra, contarán con parámetros técnicos para el establecimiento de programas periódicos de limpieza de sumideros. También contarán con insumos para la implementación de campañas de concientización a la ciudadanía y tendrán a su disposición, directrices técnicas para el caso que se requiera la generación de proyectos de mantenimiento por contratación, en cada una de sus ciudades.

## **1.2. Objetivos**

El objetivo general del presente trabajo reside en plantear las directrices técnicas para la adecuada ejecución de la limpieza de sumideros y cajones con rejillas en la Zona Norte del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

Para la consecución del objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Levantar la información sobre el sitio de estudio y estado actual del sistema de recolección de agua lluvia.
- Plantear las directrices técnicas que permitan que la limpieza se realice siguiendo un proceso metodológico.
- Proponer una campaña de concientización, sobre las consecuencias que las malas prácticas ciudadanas tienen en el taponamiento de sumideros.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Conceptos básicos sobre sistemas de alcantarillado**

El planteamiento de directrices técnicas para un adecuado mantenimiento requiere, como punto de partida, la comprensión de los conceptos básicos relativos a los sistemas de alcantarillado, por lo que, a continuación se presenta una breve descripción de los conceptos generales, los principales componentes del sistema de alcantarillado y los conceptos básicos de operación y mantenimiento:

#### **2.1.1. Conceptos generales**

- **Sistema de alcantarillado**

Las aguas producto de las actividades humanas o de la lluvia, denominadas residuales y pluviales respectivamente, son evacuadas a través de ductos subterráneos (comúnmente de forma circular, conocidos como tuberías). En general, un sistema de alcantarillado es el conjunto de ductos, estructuras, instalaciones y equipos usados para transportar las aguas desde el lugar en donde fueron generadas hasta el punto en donde serán vertidas o tratadas, de modo continuo y sanitariamente seguro (Lorenzetti, 2012).

A continuación, se describen los conceptos, basados en la experiencia adquirida en los años de trabajo en el área de mantenimiento de sistemas de alcantarillado:

- **Sistema de alcantarillado sanitario**

Un sistema de alcantarillado sanitario es aquel que capta a través de conexiones domiciliarias las aguas residuales producto de las diferentes actividades humanas, sean domésticas o industriales, para luego transportarlas hacia un destino final, que puede ser una descarga a un cauce natural o una planta de tratamiento.

- **Sistema de alcantarillado pluvial**

Un sistema de alcantarillado pluvial es aquel que capta a través de estructuras, como sumideros y cajones con rejillas, la escorrentía superficial proveniente de la lluvia, para luego transportarla hacia un destino final, que generalmente es una descarga a un cauce natural.

- **Sistema de alcantarillado combinado**

Un sistema de alcantarillado combinado es aquel que capta los dos tipos de caudales, tanto el sanitario como el pluvial, conduciéndolos por un mismo ducto. En este sistema, si el destino final es una planta de tratamiento, únicamente llegan los caudales sanitarios que son conducidos por interceptores, ya que los pluviales son descargados hacia cauces naturales en varios puntos a lo largo del sistema, a través de estructuras de separación de caudales.

### **2.1.2. Componentes del sistema**

- **Red matriz**

Conjunto de ductos subterráneos encargados de evacuar las aguas residuales o pluviales, que en su mayoría poseen forma circular y son conocidos como tuberías (Lorenzetti, 2012).

- **Sumidero**

Estructura que permite la captación de la escorrentía superficial, generalmente implantada junto al bordillo, constituido por rejilla, taza, pico de hormigón y tirante (Blanco & Molina, 2015).

- **Cajones con rejillas**

Estructuras que permiten la captación de la escorrentía superficial; pueden ser diseñadas en forma longitudinal o transversal al sentido del flujo (Blanco & Molina, 2015).

Los conceptos que a continuación se detallan están basados en la experiencia adquirida en los años de trabajo en el área de mantenimiento de sistemas de alcantarillado:

- **Pozos de revisión**

Cámaras que permiten el acceso a los ductos del sistema de alcantarillado para su revisión y mantenimiento; de manera adicional sirven, entre otras cosas, para cambios de direcciones de la red y para recibir la confluencia de varios ductos en un mismo punto.

- **Tapa de mantenimiento**

Tapa, generalmente de hierro, que se encuentra anclada al pozo de revisión o cajón con rejillas, a través de un confinamiento de hormigón. Consta de una cadena o bisagra que

permite su manipulación para el acceso al interior de estas estructuras y restringe el ingreso a personal no autorizado.

- **Estribos**

Escalones empotrados a la pared interior del pozo de revisión, conformada por varillas de hierro que permiten el fácil descenso y ascenso al interior de la cámara.

- **Andén**

Canal de hormigón de forma rectangular construido en la base del pozo de revisión, configurado para encauzar el flujo únicamente por la parte central de la cámara, lo que permite así liberar los costados, en donde el personal que ingresa puede apoyarse sin tener contacto directo con las aguas conducidas.

- **Taza**

Elemento de hormigón que en su configuración se asemeja a una taza, diseñado para soportar a la rejilla y almacenar el caudal que ingresa al sumidero.

- **Pico de hormigón**

Elemento de hormigón, que por su configuración permite formar el sello hidráulico (sifón) en el sumidero.

- **Rejilla**

Entramado, hecho generalmente de hierro para garantizar la resistencia al paso vehicular, diseñado para permitir el paso del agua e impedir el paso de material sólido que supere la sección de cada apertura. Consta de una cadena o bisagra, que lo mantiene anclada a un punto fijo.

- **Tirante**

Tubería de descarga del sumidero o cajón con rejillas, hacia el pozo de revisión.

### **2.1.3. Conceptos básicos de operación y mantenimiento**

- **Mantenimiento**

Conjunto de tareas que se realizan con el objetivo de mantener los sistemas de alcantarillado y sus componentes operativos. Estas tareas incluyen inspecciones periódicas, limpiezas, reparaciones, cambios de rejillas, construcción de nuevos sumideros y cajones, etc. (EPMAPS, 2015).

- **Mantenimiento manual**

Mantenimiento realizado con procedimientos manuales, que consisten en el retiro de basura o sedimentos, a través del uso de herramientas menores como varillas, palas, bailejos, etc. (Ruiz, 2011).

- **Mantenimiento mecánico**

Mantenimiento realizado con equipos hidroneumáticos de alta presión, que permiten la succión de material sólido y el lavado con agua a presión (Ruiz, 2011).

- **Hidrosuccionador**

Vehículo cisterna que se utiliza para la succión de lodos, aguas estancadas y el envío de agua a presión (EPMAPS, 2015).

- **Taponamiento u Obstrucción**

Disminución o restricción en el paso del flujo de una sección de tubería o una estructura (EPMAPS, 2015).

- **Rotura**

Falla estructural de la tubería o de alguno de los elementos que conforman el sistema de alcantarillado (EPMAPS, 2015).

- **SIGSA**

Sistema de Georeferenciamiento del Sistema de Alcantarillado y sus componentes (EPMAPS, 2015).

- **Catastro**

Registro que incluye las características, estado y ubicación de sumideros y cajones con rejillas; la información levantada es registrada y documentada en la ficha catastral.

## **2.2. Características de las estructuras de evacuación**

Las estructuras de evacuación de aguas lluvias pueden ser clasificadas en dos grandes grupos genéricos: sumideros y cajones con rejillas.

### 2.2.1 Sumideros

Los sumideros se encuentran conformados por una rejilla, taza, pico y la tubería de descarga hacia el pozo de revisión (tirante). En las Figuras 3, 4, 5, y 6, pueden observarse los diferentes elementos; el ANEXO I refleja el plano tipo, con el detallado de su implantación.

Las dimensiones de la rejilla del sumidero son de 50x36 cm, su tamaño difiere de las rejillas utilizadas para la construcción de cajones.



**Figura 3.** Rejilla de sumidero.



**Figura 4.** Taza de sumidero.



**Figura 5.** Pico de sumidero.



**Figura 6.** Configuración de sumidero con tirante.

### **2.2.2 Cajones con rejillas**

Estas estructuras se encuentran conformadas por rejillas (Figura 7), cajón de hormigón (que contiene una viga de soporte bajo la rejilla, véase Figura 8), tapa de mantenimiento (Figura 10) y la tubería de descarga hacia el pozo de revisión (tirante). Estos elementos se encuentran detallados en el plano de implantación descrito en el ANEXO II.

Las dimensiones de la rejilla de este tipo de estructuras son de 100x60 cm. El número de rejillas determina el tipo de cajón: el Tipo I contiene una rejilla y una tapa de mantenimiento, el Tipo II contiene dos rejillas y una tapa de mantenimiento y así sucesivamente.

Para facilitar el mantenimiento, independientemente del número de rejillas, siempre la tapa estará ubicada en el punto en donde inicia el tirante; ésta la zona la más profunda del cajón. Esto obliga a que los materiales sólidos confluyan hacia esta zona, esto facilita su extracción a través de la tapa de mantenimiento.

Si el cajón con rejillas se encuentra configurado perpendicular al flujo de la escorrentía superficial, se denomina cajón transversal (Figura 10); si está implantado paralelo al flujo, se denomina cajón longitudinal (Figura 11).



**Figura 7.** Rejilla del cajón.



**Figura 8.** Cajón de hormigón.



**Figura 9.** Tapa de mantenimiento.



**Figura 10.** Cajón con rejillas transversales.



**Figura 11.** Cajón con rejillas longitudinales.

### **3. METODOLOGÍA**

El presente trabajo se plantea como un proyecto de investigación descriptiva, ya que detalla el proceso y las actividades relacionadas con la limpieza de sumideros y cajones con rejillas. De manera adicional, se presenta como un proyecto de investigación aplicada, ya que genera conocimiento para la solución de los problemas inherentes a la ejecución de estas tareas, identifica sus causas y plantea las soluciones técnicas más favorables.

Una vez establecido el tipo de investigación y las técnicas de recopilación de la información, se estructuró el desarrollo del presente trabajo en las etapas o fases que se detallan a continuación:

#### **3.1. Levantamiento de la información**

Con el objetivo de abordar el planteamiento de las directrices técnicas para la adecuada limpieza de las estructuras de evacuación de aguas lluvias, se realizó inicialmente la recopilación de la información necesaria, a través de consultas a la EPMAPS, principalmente a la Unidad de Operaciones Norte, perteneciente al Departamento de Alcantarillado. Cabe mencionar que en esta área el autor de la investigación desempeña las funciones de técnico desde el año 2004.

A continuación, se realizó un análisis de la información y actividades de cada una de las cuadrillas en los sitios de ejecución de los trabajos, lo que permitió identificar los problemas que se presentan y las oportunidades de mejora.

#### **3.2. Límites y sumideros de la zona de estudio**

##### **3.2.1. Definición de la zona de estudio**

El alcance de la zona de estudio comprende el ámbito urbano, cuyos límites son los mismos del área administrada por la Unidad de Operaciones Norte Alcantarillado. De manera adicional, se identificaron todos los barrios que se encuentran dentro del área delimitada, información que se encuentra detallada en el mapa incluido en el ANEXO III. Esta información fue obtenida de la base de datos de la EPMAPS, que consta en el Sistema de Georeferenciamiento de Alcantarillado (SIGSA), de acuerdo con los límites establecidos para el presente trabajo.



### **3.2.2. Cuantificación del número de sumideros**

Una vez definida la zona de estudio, se cuantificó el número total de sumideros, desagregado por cada uno de los barrios que la conforman. Esta información fue obtenida de la base de datos de la EPMAPS, que consta en el Sistema de Georeferenciamiento de Alcantarillado (SIGSA).

### **3.3. Directrices técnicas para la limpieza de sumideros y cajones con rejillas**

Posteriormente, se elaboró un diagrama de flujo del proceso, que incluye cada una de sus etapas e identificación de los flujos críticos. Este diagrama, junto con el levantamiento de la información realizado en campo, constituyó la base para la elaboración de un documento de directrices técnicas para la adecuada limpieza de sumideros y cajones con rejillas. Este documento servirá de guía al personal que realiza estos trabajos, ya que contiene el detalle de cada una de las actividades a desarrollarse en forma escrita y gráfica.

### **3.4. Ficha catastral y periodicidad de la limpieza de sumideros y cajones con rejillas**

#### **3.4.1. Elaboración de la ficha catastral**

A continuación, se elaboró una ficha para el catastro de los sumideros y cajones con rejillas, que incluye sus elementos, tipos, características y define una codificación para identificar las fallas más frecuentes que se presentan. Esta ficha fue levantada en sitio y en consenso con los trabajadores que ejecutan las actividades, así como con los técnicos de la EPMAPS que reciben y procesan las novedades diarias.

#### **3.4.2. Definición de la periodicidad de la limpieza**

Una vez planteadas las directrices técnicas para un adecuado mantenimiento, se estableció la periodicidad de la limpieza de sumideros, de acuerdo con la información que consta en las órdenes de trabajo solicitadas por la ciudadanía a la EPMAPS. Esta información permitió identificar el número de veces en el año que se solicitó la limpieza de sumideros en los diferentes barrios que conforman la zona de estudio. Cabe mencionar que se prestó especial atención a la temporada invernal, ya que en los meses

en los que se presentan fuertes precipitaciones, los sumideros y cajones con rejillas se taponan con mayor frecuencia.

### **3.5. Seguridad industrial**

En lo referente a la seguridad industrial del personal que ejecuta las labores de mantenimiento de sumideros y cajones con rejillas, se realizó un levantamiento en campo de los riesgos asociados a estas actividades. Para esta identificación se entrevistó al personal, quienes describían paso a paso cada una de sus actividades, las cuales se correlacionaron con los tipos de riesgos mecánicos, físicos, químicos, biológicos, psicológicos, ergonómicos y naturales.

Una vez identificados los riesgos, se estableció las medidas de control necesarias que, entre otras, incluyeron el uso de equipo de protección personal, colectiva, vial y especial.

### **3.6. Campaña de concientización**

Con base a toda la información recopilada, y en consideración a los problemas y fallas más comunes, se propone una campaña de concientización a la ciudadanía sobre la importancia de unas buenas prácticas relativas a la gestión de residuos, que contribuyan a evitar que la basura afecte el correcto funcionamiento de los sumideros y cajones con rejillas. Esta campaña se la realizará a través de la difusión de material gráfico que muestra información didáctica sobre esta problemática y sus consecuencias.

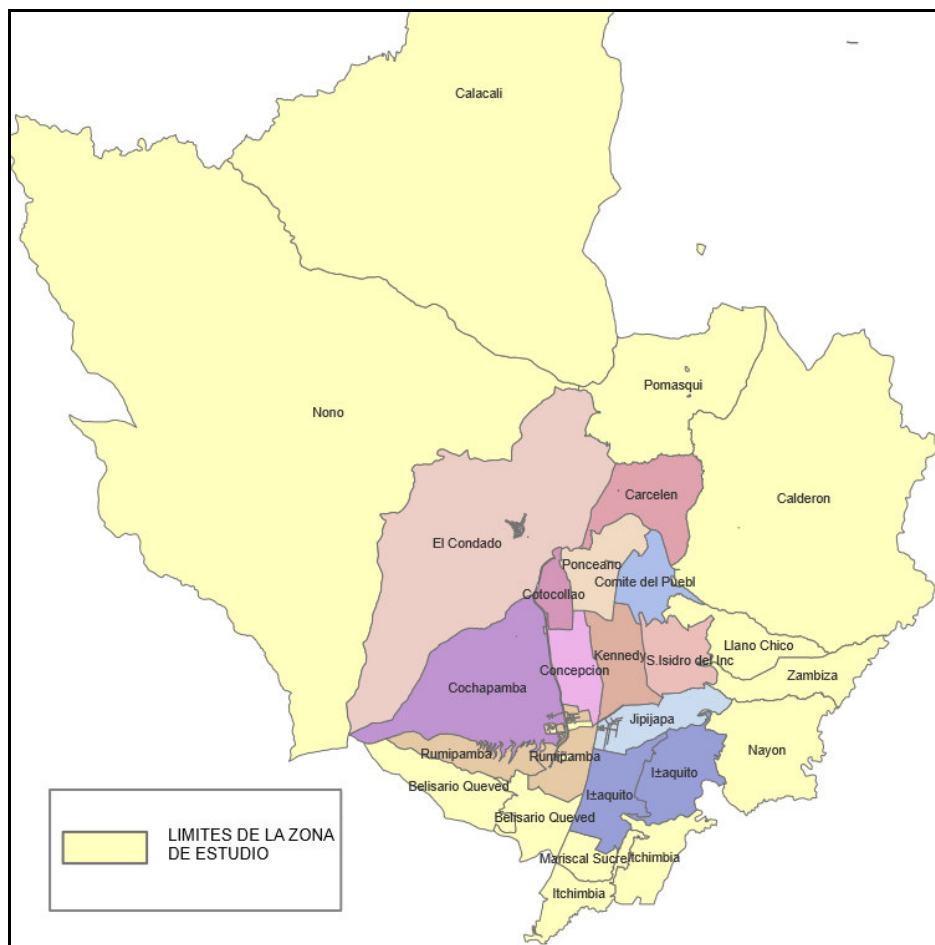
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Zona de estudio

La zona urbana que comprende área de estudio se encuentra demarcada por los siguientes límites:

- Al Norte las parroquias Nono, Calacalí y Pomasqui.
- Al Sur las parroquias Belisario Quevedo, Mariscal Sucre e Itchimbia.
- Al Este las parroquias Calderón, Llano Chico, Zámbez y Nayón.
- Al Oeste la parroquia Nono.

En la Figura 12 y Anexo III se muestra un mapa general de la zona de estudio, en donde se detallan las parroquias que la conforman y los límites establecidos.



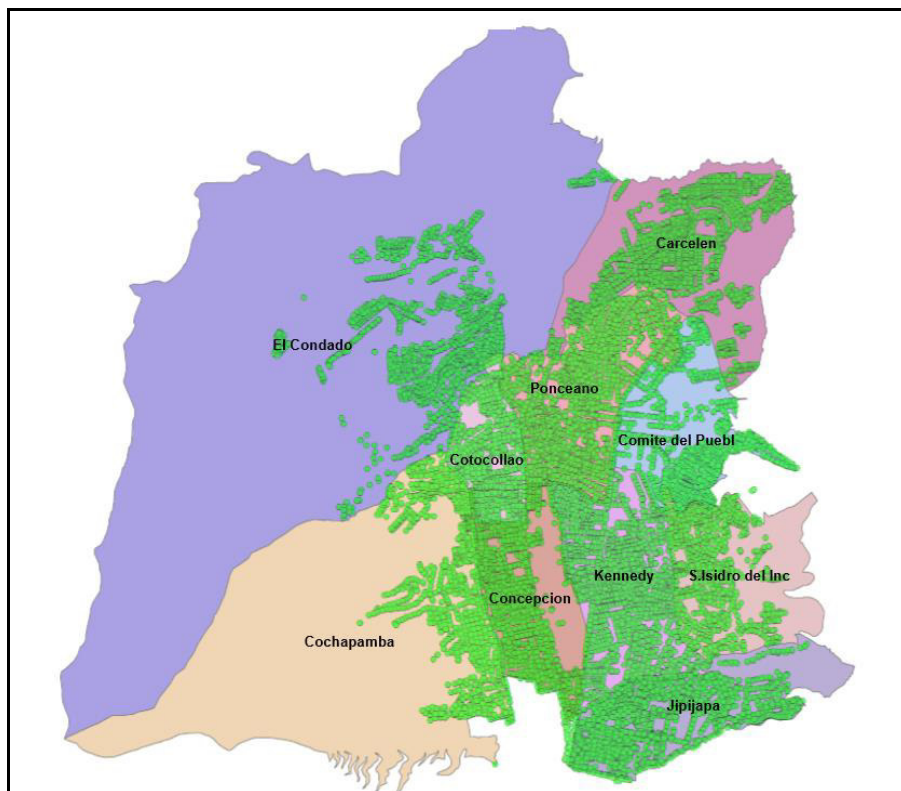
**Figura 12.** Mapa de la zona de estudio.

La zona de estudio está conformada por 10 parroquias, que son: El Condado, Carcelén, Cotocollao, Ponceano, Comité del Pueblo, Cochapamba, Concepción, Kennedy, San Isidro del Inca y Jipijapa.

## 4.2. Número de sumideros

Dentro de la zona de estudio se identificó la existencia de 22.393 estructuras de evacuación de aguas lluvias, de las cuales 21.506 son sumideros y 887 cajones con rejillas. Los cajones a su vez se subdividen en 572 cajones longitudinales y 315 cajones transversales. Todas estas estructuras se encuentran distribuidas en las diferentes parroquias y barrios que conforman la zona de estudio, tal como se muestra en el Anexo VI.

Los sumideros y cajones con rejillas están concentrados en las zonas de mayor densidad poblacional. Para una mejor visualización, en la Figura 13 se ha identificado con color verde a estas estructuras, lo que permite obtener una visión general de su ubicación en relación con la zona de estudio.



**Figura 13.** Mapa de distribución de sumideros zona de estudio.

### **4.3. Directrices técnicas para la limpieza manual y mecánica de sumideros y cajones**

Para una correcta limpieza de sumideros y cajones con rejillas, a continuación, se proporcionan las directrices técnicas que permiten conocer el mecanismo idóneo para la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

#### **4.3.1 Métodos de limpieza**

Los métodos más comunes para la limpieza de sumideros y cajones con rejillas son la limpieza manual y la limpieza con vehículo hidrosuctionador.

#### **4.3.2 Limpieza manual con vehículos de apoyo y equipo menor**



**Figura 14.** Limpieza manual.

Para la limpieza manual de sumideros se empleará personal, herramientas, accesorios, sistemas de retiro de materiales y lavado a presión con vehículos y equipo menor. Estos implementos, junto con 13 personas, formarían una cuadrilla tipo, que podría llegar a limpiar un promedio diario de 200 sumideros, en función de las condiciones de obstrucción que presenten.

La cuadrilla estaría conformada por:

- Un inspector encargado del grupo de trabajo, el catastro de los sumideros, la supervisión de la correcta ejecución de las actividades y el reporte de novedades.
- Una persona conocida como barrero que está encargado de ir al frente de la cuadrilla, con el uso de herramienta menor como una barra, remueve las tapas y

rejillas para romper la adherencia que normalmente presentan, esto facilita la manipulación de los accesorios para el personal que viene detrás.

- Cuatro personas conocidas como cocheros, que, con la ayuda de un coche metálico y herramienta menor, realizan el retiro del material sólido y el mantenimiento del sumidero o cajón con rejilla.
- Dos choferes profesionales encargados de la conducción de la volqueta de desalajo y el vehículo tanquero para el lavado.
- Dos operadores del elevador que se encuentra instalado en la volqueta, quienes usan este equipo para elevar los coches metálicos y los voltean para que el material extraído quede en el interior del vehículo.
- Tres operadores del taquero, quienes se encargan del lavado de la tubería, sumidero, cajón con rejilla, así como del área circundante, incluida su desinfección.

Las herramientas más comunes que deben ser utilizadas para la limpieza son: palas cuadradas, palas cuadradas largas, picos, azadones, combos, barras, barras tipo pata de cabra, ganchos de varilla, escobas, espátulas y varillas de flexicromo. Adicional a las herramientas descritas, se utilizan accesorios que van en el extremo de las varillas de flexicromo para diferentes usos dentro del tirante:

- Mecha, utilizada por su forma espiral para el retiro de desechos.
- Curca, que por su forma espiral alargada permite introducirse con mayor facilidad dentro de los desechos.
- Un accesorio para cortar las raíces, que pudieran haberse introducido por las juntas de la tubería.

En lo referente a la manguera para el lavado a presión se emplea un accesorio conocido como *handy jet*, que por su configuración proporciona movilidad a la manguera dentro de las tuberías y un chorro a presión, que permite romper la homogeneidad de los desechos que la obstruyen.

El sistema de retiro de materiales está conformado por coches metálicos, elevador y volqueta, que retiran los desechos generados por la limpieza de sumideros y cajones,

para luego almacenarlos temporalmente en el interior del vehículo mientras el personal se moviliza; finalmente son depositados en el lugar asignado por la entidad competente.

El sistema de lavado está compuesto por un tanquero, que proporciona el agua, una bomba de presión, manguera, varilla de flexicromo y accesorios que permiten el lavado y desobstrucción de las estructuras de evacuación de agua lluvia.

### 4.3.3 Limpieza con hidrosuccionador



**Figura 15.** Limpieza con hidrosuccionador.

A continuación, se describen sus características principales, como base para el planteamiento de las directrices técnicas adecuadas para abordar las labores de limpieza:

La limpieza de sumideros con hidrosuccionador se debe realizar con tres personas, herramientas, accesorios, sistemas de retiro de materiales y lavado a presión, que forman parte del mismo vehículo. Este grupo de trabajo podría llegar a limpiar un promedio diario de 30 sumideros, en función de las condiciones de obstrucción que presenten.

El personal que formaría la cuadrilla es el siguiente:

- Un operador, encargado de la conducción del vehículo y el manejo de los controles del sistema de lavado a presión y retiro de material.
- Dos personas conocidas como sifoneros, encargados de la limpieza usan la manguera de presión para el lavado y la tubería metálica de succión para el retiro del material.

Las herramientas menores y los accesorios que van en el extremo de las varillas de flexicromo, son las mismas utilizadas en la limpieza manual; la única diferencia es que, para la limpieza con hidosuccionador, se requiere una de cada tipo.

En lo referente a la manguera para el lavado a presión, se emplean varios accesorios, cada uno de los cuales tiene un uso particular:

- Pitón, que proporciona un chorro a presión para el lavado.
- Rompedor, que posee varios orificios frontales por donde sale agua a presión que rompe la homogeneidad de los desechos y orificios posteriores que le dan impulso.
- Jet ciego, que únicamente tiene orificios posteriores que permiten remover la arena que se deposita en la base de las tuberías.
- Peso, que es un accesorio que obliga a la manguera y boquillas a permanecer asentados en la base de la tubería, esto facilita la remoción de los materiales.

Para el retiro de materiales se utilizará el sistema de succión, que a través de tuberías metálicas, lleva los desechos hacia al tanque ubicado en la parte posterior del vehículo. Para este fin es necesario utilizar agua a presión para formar una mezcla con los desechos, que permite una mejor succión.

El sistema de lavado está compuesto por un tanque de agua ubicado en la parte posterior del vehículo, separado del tanque de desechos, un carrete de manguera de presión y accesorios que permiten el lavado y desobstrucción de las estructuras de evacuación de agua lluvia. Este sistema usa la fuerza del motor del vehículo, lo que permite obtener una presión de hasta 2.000 PSI, que junto con los accesorios facilitan ejecutar el mantenimiento con una gran eficiencia.

#### **4.3.4 Comparación de los métodos**

En la Tabla 1 se muestra un esquema comparativo de los dos métodos, para lo cual se consideraron aspectos como el personal, las herramientas, los accesorios o boquillas, el sistema de retiro de material y el sistema de lavado a presión.

Esta comparación permite identificar las diferencias y semejanzas existentes, así como la aplicabilidad de cada uno, se considera el número de sumideros a limpiar, la accesibilidad



y tráfico presente en las vías donde se encuentran implantados los sumideros, disponibilidad de recursos económicos para la adquisición de herramientas y equipos, así como los demás requerimientos que se evidenciarán en el desarrollo de las directrices técnicas.

**Tabla 1.** Esquema comparativo de los dos métodos. Fuente: elaboración propia.

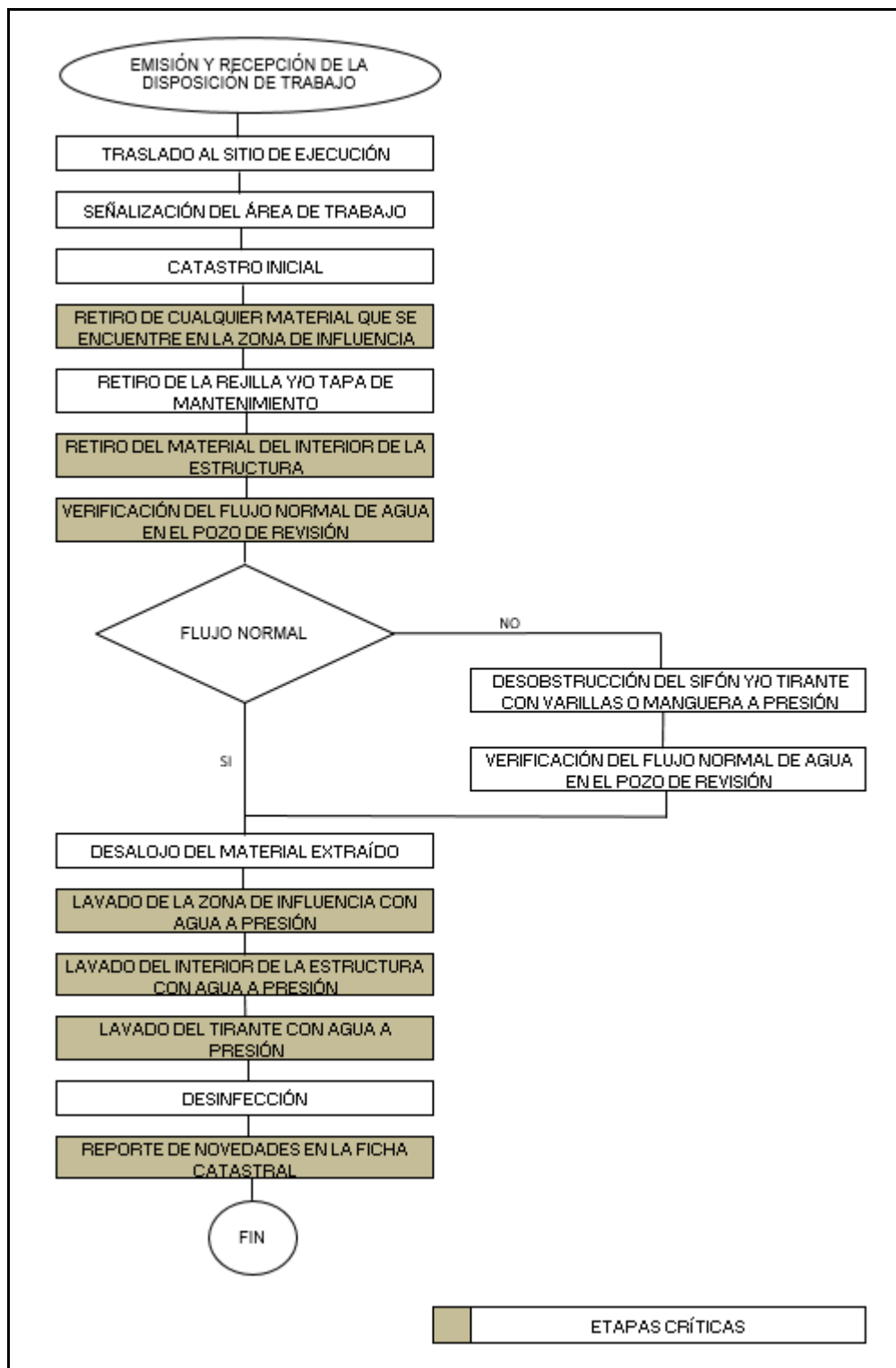
COMPONENTES	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA CON HIDROSUCCIONADOR
PERSONAL	1 inspector	1 operador
	1 barrero	2 sifoneros
	1 chofer de volqueta	
	4 cocheros	
	2 operadores de elevador	
	1 chofer de tanquero	
	3 operadores de taquero	
	<i>13 personas</i>	<i>3 personas</i>
HERRAMIENTA	4 pala cuadrada	1 pala cuadrada
	4 pala cuadrada larga	1 pala cuadrada larga
	1 pico	1 pico
	4 combos	1 combo
	2 barra	1 barra
	4 gancho de varilla	1 gancho de varilla
	2 azadones	
	1 pata de cabra	
	4 escoba	
	4 espátula	
	SISTEMA DE RETIRO DE MATERIAL	Herramienta manual
Coches metálicos		
Elevador		
Volqueta		
SISTEMA DE LAVADO A PRESIÓN	Tanquero de agua	Sistema de agua a presión
	Bomba de presión	
	Manguera de presión	
ACCESORIOS PARA DESOBSTRUCCIÓN	1 mecha (para desechos)	1 mecha (para desechos)
	1 corta raíz	1 corta raíz
	1 curca	1 curca
	40 varillas de flexicromo	40 varillas de flexicromo
	1 Handy Jet	1 pitón
		1 rompedor
		1 peso
		1 jet ciego

Estos dos métodos tienen semejanzas en el uso de herramientas para su ejecución y difieren principalmente en el tipo de sistema para el retiro de material y lavado a presión. En el primer caso, se realizará con personal a pie, coches metálicos, volqueta, un tanquero y una bomba de agua. Para el segundo caso, el retiro de material y lavado a presión se realiza con un vehículo hidrosuccionador, que, al contar con un sistema de succión, tanque de almacenamiento de desechos, sistema de agua a presión y tanque de abastecimiento de agua, permite que en un solo vehículo se disponga de todos los elementos necesarios para la ejecución de los trabajos de limpieza.

Las bombas de agua a presión de los dos métodos tienen una diferencia fundamental, que radica en la presión de agua. Para el caso del hidrosuccionador, al usar la fuerza del motor, brinda una presión suficiente para romper la homogeneidad de los desechos a ser succionados, desprender cualquier material adherido a la estructura y movilizar a los accesorios dentro de la tubería para su mantenimiento. Para el caso de la bomba que forma parte de la limpieza manual, ésta es instalada junto al tanque de agua y funciona independientemente con combustible, por lo que brinda una presión que bordea el 50% del anterior método descrito.

#### **4.3.5 Proceso de limpieza**

Una vez conocidos los dos métodos, es necesario establecer las etapas que conforman la limpieza de sumideros y cajones con rejillas. En la Figura 16 se muestra una representación gráfica del proceso de limpieza, en la cual se han identificado las etapas críticas, que, por tener una incidencia directa sobre la efectividad de las labores de mantenimiento, deberán ser ejecutadas por el personal en función de las directrices técnicas que se describen a continuación de forma detallada, textual y gráfica.



**Figura 16.** Flujo del proceso de limpieza.

- **Recepción de la disposición de trabajo**

La limpieza de sumideros nace de una necesidad, que puede responder a una planificación previa por parte de la entidad encargada, en cuyo caso se trataría de un mantenimiento preventivo, o a su vez a un requerimiento de la ciudadanía que observa acumulación de agua en la vía o la existencia de material en el interior de los sumideros y rejillas, en cuyo caso se trataría de un mantenimiento correctivo. Cualquiera que sea su origen, es necesario que exista una disposición documentada que generalmente es una orden de trabajo, con el objetivo de que el personal conozca las actividades a realizar.

Esta orden de trabajo debe contener detalles como: un registro que vincule al cliente que es la persona que solicita la limpieza, con el suministro de agua, nombres del usuario, dirección, número telefónico, descripción de la actividad a realizar y demás datos que sean pertinentes.

Esta información permite establecer rutas óptimas de movilización, identificar sitios de alto tráfico, zonas en las cuales solo se puede trabajar en las noches o fines de semana, tipo de estructura que se va a limpiar, comunicación con el solicitante antes y durante la ejecución de los trabajos. Pero, sobre todo, resulta fundamental que existan responsables de la coordinación y ejecución de las actividades.

- **Traslado al sitio de ejecución**

Para el traslado del personal al sitio de ejecución de la limpieza, se identificarán diariamente las zonas de atención planificadas, con el objetivo de establecer rutas óptimas de movilización. Este traslado debe considerar las leyes de tránsito vigentes, tanto para el recorrido como para el traslado del personal.

Se deben tomar en cuenta las horas pico de tráfico en las vías principales, así como la posibilidad de utilizar un dispositivo GPS para una mejor movilización. Si la dirección de destino no estuviese completamente clara, se deberá coordinar una inspección previa para su correcta ubicación, ya que el traslado de todo el equipo implica un alto costo que debe ser optimizado al máximo.

- **Señalización del área de trabajo y uso del equipo de protección**

La señalización vial se realiza a través del uso de conos, vallas, cintas de seguridad, o cualquier otro elemento que permita a los transeúntes y vehículos que circulan por la zona

identificar que en el lugar se ejecutan trabajos que requieren la disminución parcial o total de la velocidad, así como la restricción del ingreso al área delimitada.

Esta señalización permite a los trabajadores contar con un área segura de trabajo, esto facilita las tareas de limpieza de sumideros y cajones. Cabe mencionar que, tanto para el caso de la limpieza manual como con hidrosuccionador, los vehículos, maquinarias, equipos y personas siempre deberán desempeñar las actividades dentro del área señalizada.

En cuanto al uso de equipo de protección, en la sección 4.6 se han expuesto los aspectos más relevantes de la seguridad personal y vial en operaciones de mantenimiento, a través de la identificación de los riesgos relacionados con esta actividad, así como los equipos de protección personal, vial, colectiva y especial, que deben ser usados por todas las personas que forman parte de la cuadrilla.

El uso obligatorio de estos equipos es una medida de control ante la exposición del personal a los riesgos identificados, de ahí que minimiza la ocurrencia de incidentes o accidentes de trabajo. En las Figuras 17 y 18, se muestran ejemplos de la señalización para los dos tipos de limpieza.



**Figura 17.** Señalización limpieza manual.



**Figura 18.** Señalización limpieza con hidrosuccionador.

- **Catastro inicial**

El catastro se ejecutará a través de la ficha catastral, que se ha descrito previamente en la sección 3.4 del presente documento. La persona asignada para esta actividad debe llenar cada uno de los campos del documento de forma manual, o de ser el caso, en línea a través de un dispositivo móvil.

Esta información registrada permite inicialmente obtener los datos necesarios para conocer las estructuras de evacuación con las que cuenta el sistema de alcantarillado combinado. Posteriormente, con el paso de los mantenimientos periódicos, este documento se actualiza para permitir identificar el estado real de cada estructura, sus problemas o las reparaciones que pudieran requerir para presentar condiciones normales de funcionamiento.

De manera adicional la información levantada puede ser ingresada en una base de datos, que permita la actualización permanente de los componentes que forman parte del sistema de alcantarillado

- **Retiro de material de la zona de influencia y rejillas**

Generalmente alrededor del sumidero o cajón se acumula basura, materiales sólidos, sedimentos, que son arrastrados por la escorrentía superficial. Estos materiales provienen de las actividades humanas diarias, ya que la ciudadanía tiene como prácticas comunes dejar materiales de construcción en las aceras y vías, arrojar desperdicios, dejar basura de las viviendas en las aceras o junto a los contenedores de basura, etc. De manera adicional, junto a los bordillos y sobre las aceras suele crecer vegetación, que también se desprende.

Se considera la zona de influencia el área comprendida entre una longitud de dos metros a cada uno de los extremos del sumidero o cajón y su ancho. En esta zona alrededor de la estructura, el cohero debe realizar el retiro de cualquier material presente, con el uso de pala, azadón, barra, gancho, o cualquier otra herramienta que permita desprender y recoger estos desechos. Luego deben ser depositados inmediatamente dentro de los tachos metálicos, con el objetivo de evitar que durante y después de la limpieza estos puedan ingresar al interior. En el caso de la limpieza con hidrosuccionador, estos materiales son absorbidos por el sistema de succión.

De manera adicional al retiro del material del área de influencia, se procede de forma similar con el que se encuentre sobre la rejilla del sumidero o cajón, ya que su acumulación ocasiona que al presentarse lluvias, a pesar que el interior de la estructura se encuentre limpio, el agua no pueda ser captada y evacuada. Esta actividad es complementada con el raspado de las rejillas con el uso de una espátula, con el objetivo de retirar cualquier adherencia presentada.

Para el caso de la limpieza con hidrosuccionador, adicional al uso de la herramienta mencionada se puede también utilizar agua a presión, cuya fuerza consigue el fin deseado.

Esta etapa ha sido considerada como crítica, ya que, si la zona de influencia no queda libre de materiales, se incrementa la posibilidad de que en las lluvias posteriores a la limpieza, los sumideros o cajones puedan taponarse superficialmente a nivel de la rejilla, en el interior de la estructura, o más grave aún, el ingreso de los desechos al tirante.

En las Figuras 19 y 20, se muestra el retiro del cualquier material que se encuentre en la zona de influencia, para los dos métodos de limpieza.



**Figura 19.** Limpieza manual zona de influencia.



**Figura 20.** Limpieza zona de influencia con hidrosuccionador.

- **Retiro de la rejilla o tapa de mantenimiento**

Por lo general, la persona conocida como barrero que va delante de la cuadrilla de limpieza, usa una barra y combo para remover las tapas y rejillas, con el objetivo de romper la adherencia que normalmente presentan las uniones de los accesorios con el cerco metálico, debido al ingreso de material fino o la presencia de herrumbre. Esta actividad facilita la manipulación de estos accesorios para el personal que viene detrás.

Para romper esta adherencia, sea el barrero o cochero, procede a realizar golpes a las rejillas o tapas (tal y como se muestra en la Figura 21); es necesario que esta acción no dañe el accesorio. Una vez que los cocheros llegan, proceden al retiro de la rejilla o tapa, lo que permite que la estructura quede accesible para el retiro del material depositado en su interior.

Para el caso de la limpieza con hidrosuccionador lo sifoneros son quienes realizan esta actividad, como se puede observar en la Figura 22.



**Figura 21.** Remoción de accesorios en la limpieza manual.



**Figura 22.** Remoción de accesorios en la limpieza con hidrosuccionador.



- **Retiro del material interior**

Generalmente, en el interior del sumidero o cajón se acumulan los materiales cuyas dimensiones son inferiores a los espaciamientos de las rejillas, lo que impide que el agua lluvia que ingresa pueda ser conducida a través de la tubería hacia el pozo de revisión.

Para la limpieza manual, el retiro del material se realiza con el uso de la pala larga, que permite que esta herramienta ingrese hasta el fondo de la estructura para la extracción total de los desechos, que posteriormente son depositados en el coche metálico (Figura 23).

Para la limpieza con hidrosuccionador, el retiro del material se realiza con el sistema de succión, que requiere el uso simultáneo de agua a presión para romper la homogeneidad de los desechos. Esta mezcla logra contar con una colada que por sus características facilita la succión, a diferencia de un material totalmente seco que presentaría mayor resistencia (Figura 24).

Para cualquiera de los dos casos mencionados, se prohíbe que el material extraído sea depositado parcial o temporalmente en la vía o acera, ya que la descomposición de la materia orgánica se convertiría en un foco de contaminación y molestias a los transeúntes. Para ello queda claramente identificado que, para el caso de la limpieza manual, el material es depositado directamente en los coches metálicos; en el caso de la limpieza con hidrosuccionador, el material es conducido directamente al taque de desechos por el sistema de succión.

Esta etapa es de gran importancia, ya que el ingreso de material sólido al interior de los cajones y sumideros impide la captación y posterior evacuación de agua lluvia. Esto origina que la escorrentía superficial no ingrese parcialmente en cada estructura por donde circula, con los consecuentes problemas de inundación en las zonas bajas cuando se presentan fuertes precipitaciones. Por tanto, es necesario que se retire sin excepción la totalidad del material que exista en el interior de las estructuras.



**Figura 23.** Retiro manual de material.



**Figura 24.** Retiro de material con hidrosuccionador.

- **Limpieza y desobstrucción con agua a presión**

Una vez que el material ha sido extraído, se procede a realizar el lavado con agua a presión conforme la siguiente secuencia:

1. Envío de agua al interior de la estructura con el uso de la manguera de presión, con el objetivo de verificar si la tubería del tirante y de ser el caso el sifón, no se encuentran obstruidos. Para ese escenario, en el que se presenta acumulación y desborde de aguas, se procede a realizar la desobstrucción del tirante y/o sifón, como se detalla en el siguiente título.
2. Si el agua fluye con normalidad, se procede al lavado con agua a presión de: la zona de influencia, la rejilla, el interior de la estructura, de ser el caso el sifón y finalmente la tubería del tirante, tal y como se muestra en la Figura 25. En esta etapa el agua a presión permite desprender cualquier material que haya quedado remanente.

3. En el caso de los sumideros, por la configuración del sifón la manguera no puede ser introducida hasta la tubería del tirante, por lo que se lava únicamente el sifón desde el interior de la estructura y posteriormente se realiza el lavado de la tubería desde el pozo de revisión (Figura 26). Para este lavado se introduce la manguera a presión con los correspondientes accesorios para desobstrucción que se han detallado en la Tabla 1, desde el pozo de revisión en dirección al sumidero.

En lo referente a la manguera para el lavado a presión, se emplea el accesorio conocido como *handy jet*, que por su configuración proporciona movilidad a la manguera dentro de las tuberías y un chorro a presión.

De manera adicional, el uso de agua a presión permite romper la homogeneidad de los materiales que se encuentran depositados en el interior de los componentes de las estructuras de evacuación de aguas lluvias, lo que facilita su desalojo. Por lo tanto, el correcto lavado es fundamental para el mantenimiento y prevención de taponamientos.



**Figura 25.** Lavado a presión.



**Figura 26.** Lavado del tirante de sumidero.

- **Desobstrucción del tirante y/o sifón con varilla**

Como se explicó en el numeral anterior, si al momento del lavado inicial se observa acumulación de agua, se evidencia que existe una obstrucción de la tubería del tirante.

Para este caso se utilizan las varillas de flexicromo, que miden un metro cada una, lo que permite tener longitudes iguales al número de varillas ensambladas. En el extremo de la varilla se instala cualquiera de los accesorios descritos en la Tabla 1, en función del mantenimiento requerido, como por ejemplo:

1. Mecha, utilizada por su forma espiral para el retiro de desechos.
2. Curca, que por su forma espiral alargada permite introducirse con mayor facilidad dentro de los desechos.
3. Accesorio para cortar las raíces, para el retiro de las raíces que pudieran haberse introducido por las juntas de la tubería.

En el caso de los sumideros, esta actividad se realiza desde el pozo de revisión, como se muestra en la Figura 27, debido a la restricción de paso a través del sifón. Para la limpieza de cajones con rejillas es recomendable realizar también esta desobstrucción desde el pozo de revisión; sin embargo, de persistir la obstrucción se podrá realizar desde el cajón.



**Figura 27.** Desobstrucción del tirante con varilla.

Una vez retirado el material que obstruía el elemento, se procede nuevamente al lavado con agua a presión, y se repite el ciclo hasta que se consiga su completa habilitación. Para el caso en el que no se logre este objetivo, se deberá realizar el correspondiente reporte de novedades, con la identificación de las posibles causas que lo provocan.

En los sumideros, el sifón no puede ser habilitado con varilla, ya que su configuración impide su ingreso, a pesar de su flexibilidad, por lo que el personal debe realizar el retiro manual de cualquier material que lo obstruya, con la ayuda de una herramienta menor como una espátula o gancho de varilla, como se muestra en la Figura 28.



**Figura 28.** Desobstrucción del sifón con gancho.

- **Verificación del flujo**

Como complemento de las actividades y etapas anteriores, se debe verificar que la estructura de evacuación presente condiciones normales de funcionamiento. Esta verificación se realiza a través de la simulación de presencia de lluvia, con el envío de agua a presión desde la taza o cajón, caudal que se verifica salga en igual magnitud en el pozo de revisión (Figura 29).



**Figura 29.** Verificación del flujo de agua.

La acumulación de agua en la taza o cajón, así como la disminución de la cantidad de agua que sale en el pozo, determinan un funcionamiento incorrecto de la estructura, luego de lo cual es necesario tomar las acciones anteriormente descritas para su habilitación.

Para el caso de los cajones o sumideros en los cuales no se haya instalado el sifón, se puede verificar que la sección del tirante se encuentra libre para el paso del flujo, a través del envío de la varilla de flexicromo desde el pozo de revisión, cuyo extremo deberá llegar hasta la taza o tapa de mantenimiento del cajón, en donde deberá ser visualizado (véase Figura 30).



**Figura 30.** Verificación del flujo con varilla.

- **Desalojo del material extraído**

En los dos métodos de limpieza se prohíbe la colocación del material extraído sobre la vía o acera, por los problemas ocasionados de contaminación al entorno y malestar a la ciudadanía.

Para la limpieza manual, el desalojo del material se realiza desde los coches metálicos que utilizan los cocheros; una vez llenos, son llevados a la volqueta, en donde con el uso de un elevador, proceden a depositarlos en el interior del vehículo, como se muestra en las Figuras 31 y 32. Cuando la volqueta se encuentra llena, debe trasladarse al lugar asignado por la entidad encargada, en donde los desechos deben ser depositados en una plataforma de secado, al menos 7 días, previo a la disposición final en el relleno o escombrera, según sea el caso.



**Figura 31.** Desalojo manual de material. Fuente: elaboración propia.



**Figura 32.** Desalojo mecánico de material.

En este traslado se debe cuidar que no existan filtraciones de agua, para lo cual adicional a la hermeticidad que debe presentar la volqueta, se debe instalar un dispositivo tipo canal en la zona baja de la compuerta posterior. Este canal capta las fugas que normalmente se presentan por el agua utilizada para la limpieza.

Para la limpieza con hidrosuccionador, el desalojo se realiza a través del sistema de succión, que absorbe los materiales mezclados con el agua que es utilizada al mismo tiempo, conduciéndolos por la tubería de succión hasta el tanque de desechos del vehículo (Figura 33). Cuando el tanque se encuentre lleno, el vehículo debe trasladarse al lugar asignado por la entidad encargada, en donde los desechos deben seguir el mismo procedimiento de secado y disposición final mencionado en la limpieza manual.



**Figura 33.** Desalojo de material con hidrosuccionador.

- **Reporte de novedades**

Una vez que las actividades de mantenimiento de sumideros y cajones han concluido, es indispensable que el inspector o persona responsable del grupo detalle en la ficha catastral u orden de trabajo cualquier novedad presentada.

Estas novedades principalmente tienen que ver con una descripción de las fallas encontradas, su magnitud que determina la urgencia de la intervención, la descripción de reparaciones que deban ejecutarse, la coordinación con otras entidades cuyos trabajos pudieran haber afectado a las estructuras de evacuación y cualquier otro detalle que pudiera ser identificado en sitio.

#### **4.4. Descripción de la ficha catastral**

La ficha catastral que se propone es un documento que debe contener la información relevante sobre la ubicación, identificación, estado y tipo de estructura de evacuación de aguas lluvias. Esta ficha debe ser levantada en sitio por la persona asignada para esta tarea.

Esta información permite inicialmente, a través del catastro, obtener los datos necesarios para conocer las estructuras de evacuación con las que cuenta el sistema de alcantarillado combinado. Posteriormente, con el paso de los mantenimientos periódicos, este documento se actualiza para permitir identificar el estado real de cada estructura, sus problemas o las reparaciones que pudieran requerir para presentar condiciones normales de funcionamiento.

En el ANEXO V se presenta el formato propuesto para la ficha catastral. A continuación se detallan los aspectos relevantes considerados para su levantamiento, que contempla la información necesaria para la adecuada administración de estas estructuras.

##### **4.4.1. Tipo de estructura**

Se identifican principalmente 3 tipos de estructuras: sumidero, cajón longitudinal y cajón transversal. Sin embargo, se recomienda incorporar un casillero adicional que permita describir la existencia de alguna estructura de evacuación de agua lluvia diferente a las anteriormente mencionadas. En este caso, se debería cuantificar y clasificar las nuevas estructuras, para verificar si es necesario incluirlas en las directrices técnicas de mantenimiento.



#### **4.4.2. Nivelación de la rejilla**

La diferencia de nivel que puede presentar la rejilla respecto a la rasante vial influye en su funcionamiento, lo que podría de manera adicional causar molestias en el tránsito de vehículos y personas. Este desnivel puede originarse por una deficiente instalación, pero principalmente por las variaciones de nivel de la vía, especialmente en las que se encuentran asfaltadas, debido a las capas de asfalto que se instalan como parte del mantenimiento vial.

En función de la profundidad, la rejilla podría también verse afectada por el impacto de los vehículos, que al caer someten al accesorio a esfuerzos que causan su deterioro o colapso total.

Para la categorización de esta diferencia de nivel se han establecido cuatro rangos, medidos desde la rasante vial hasta el borde superior de la rejilla, identificándose entre:

1. De 0 a 1,5cm: sin novedad.
2. De 1,5 a 3cm: se deben realizar inspecciones periódicas y verificar su estado.
3. De 3 a 5 cm: se requiere una nivelación, que se puede planificar en un corto plazo.
4. Mayor a 5cm: se requiere una nivelación urgente.

La nivelación de los sumideros se puede realizar con la conformación de anillos con hormigón preparado en sitio o elementos prefabricados, que deben cumplir las especificaciones técnicas que la entidad competente haya establecido.

Por otro lado, para la nivelación de los cajones se puede utilizar encofrado rectangular que permita confinar el hormigón que será preparado en sitio y vertido en su interior, hasta llegar al nivel de la rasante deseado. Este hormigón debe siempre cumplir las especificaciones técnicas que la entidad competente haya establecido.

#### **4.4.3. Instalación de la rejilla**

En la instalación de las rejillas se han establecido parámetros que permiten categorizar el estado en el que se encuentran, éste es uno de los aspectos más importantes, por los problemas que la ausencia o daño del accesorio provoca a la ciudadanía, de acuerdo al siguiente detalle:

- **Sin novedad:** para la rejilla que presente condiciones normales de funcionamiento.
- **Mal instalada:** para la rejilla que presente defectos en su instalación, como la falta de la cadena o bisagra de sujeción, la incorrecta instalación del mecanismo de sujeción hacia la vía y no hacia la acera, el hormigón de confinamiento de la rejilla deteriorado o insuficiente, entre otros.
- **Rota:** para la rejilla que presente desprendimiento de piezas que alteren su homogeneidad, estabilidad y funcionalidad.
- **Faltante:** para la estructura en la cual exista ausencia de la rejilla, en este caso es necesario reportar de manera inmediata para su reposición.

#### **4.4.4. Instalación del cerco**

Para el caso únicamente de los sumideros, al levantar la rejilla podemos identificar el cerco metálico de soporte y sujeción de la rejilla, en donde pueden presentarse condiciones similares a las de la instalación de la rejilla anteriormente descritas, por lo que se plantea un esquema de caracterización similar: (sin novedad/ mal instalado/ roto/ faltante).

#### **4.4.5. Instalación de la tapa**

En la instalación de la tapa, que se presenta únicamente en cajones con rejillas, se ha establecido un esquema de caracterización del estado en el que se encuentra similar al descrito en las secciones de instalación:

- **Sin novedad:** para la tapa que presenta condiciones normales de funcionamiento.
- **Mal instalada:** para la tapa que presente defectos en su instalación como falta de la cadena o bisagra de sujeción, hormigón de confinamiento de la tapa deteriorado o insuficiente, entre otros.
- **Rota:** para la tapa que presente desprendimiento de piezas que alteren su homogeneidad, estabilidad y funcionalidad.
- **Faltante:** para el cajón en el cual exista la ausencia de la tapa, en este caso es necesario reportar de manera inmediata para su reposición.

Es importante tener presente que la ausencia o daño del accesorio puede provocar serios problemas de circulación a la ciudadanía:

#### **4.4.6. Continuidad del flujo**

La continuidad del flujo es un aspecto que permite verificar si el tirante del sumidero o rejilla presenta problemas de obstrucción que afectan al flujo normal de agua. Se plantea el siguiente esquema de identificación:

- **Obstrucción leve:** disminución en el paso del flujo de la sección de tubería comprendido entre el 10 y el 25%.
- **Obstrucción media:** disminución en el paso del flujo de la sección de tubería comprendido entre el 26 y el 50%.
- **Obstrucción alta:** disminución o restricción total en el paso del flujo de una sección de tubería, comprendido entre el 51 y el 100%.

Esta disminución o restricción es verificada desde el pozo de revisión en el proceso de limpieza y lavado a presión, a través del agua que ingresa en el sumidero o cajón y que debe salir en igual volumen en la descarga del tirante. La disminución de este flujo permite categorizar a la obstrucción de acuerdo al esquema anteriormente mencionado.

#### **4.4.7. Cajón de hormigón**

En el cajón de hormigón con rejillas se pueden identificar fallas que afecten a la estructura en general, que se han categorizado de la siguiente manera:

- **Sin novedad:** para el cajón cuya estructura presenta condiciones normales.
- **Fisuras:** la presencia de fallas en las paredes del cajón que ocasionan filtraciones de agua y pérdida de la homogeneidad de la estructura
- **Desprendimiento de piezas:** la falta o ausencia de una o varias partes que conforman el cajón de hormigón, con los consecuentes problemas de estabilidad de la rejilla y hundimientos de la vía ubicada al contorno de la estructura, que requieren un mantenimiento en un corto plazo.

- **Colapso total:** falla del cajón que ocasiona la pérdida de funcionalidad, inestabilidad de la rejilla, hundimientos de la vía ubicada al contorno de la estructura, que requieren su reemplazo emergente.

#### 4.4.8. Taza de hormigón

En la taza de hormigón del sumidero se pueden identificar fallas que afecten la a la estructura en general, que se han categorizado con un esquema similar al anteriormente descrito para el cajón de hormigón:

- **Sin novedad:** para la taza cuya estructura presenta condiciones normales.
- **Fisuras:** la presencia de fallas en las paredes de la taza que ocasionan filtraciones de agua y pérdida de la homogeneidad de la estructura
- **Desprendimiento de piezas:** la falta o ausencia de una o varias partes que conforman la taza de hormigón, con los consecuentes problemas de estabilidad de la rejilla y hundimientos de la vía ubicada al contorno de la estructura, que requieren un mantenimiento en un corto plazo.
- **Colapso total:** falla de la taza que ocasiona la pérdida de funcionalidad, inestabilidad de la rejilla, hundimientos de la vía ubicada al contorno del sumidero, que requieren su reemplazo emergente.

#### 4.4.9. Pico (sifón)

Es el elemento del sumidero que permite formar el sello hidráulico, por lo que se ha planteado el siguiente esquema para su categorización:

- **Sin novedad:** para el sumidero en el que el sifón presenta condiciones normales de funcionamiento, que pueden ser verificadas por el colchón de agua que se mantiene en un tercio de la altura de la taza. Este sello hidráulico permite que los olores característicos de las aguas servidas transportadas por el sistema de alcantarillado, no regresen por el tirante hacia el sumidero.
- **No existe:** para el sumidero en el cual no fue instalado el pico y presenta una conexión directa del pozo de revisión con la taza, a través del tirante. Esto ocasiona que no se forme el sello hidráulico lo que permite que los olores

característicos de las aguas servidas transportadas por el sistema de alcantarillado, regresen por el tirante hacia el sumidero.

- **Mal instalado:** para el sumidero en el cual el pico fue instalado invertido lo que ocasiona que no se forme el sello hidráulico, lo que permite que los olores característicos de las aguas servidas transportadas por el sistema de alcantarillado, regresen por el tirante hacia el sumidero. En este caso se requiere la reparación del sumidero para la reubicación o cambio del pico.

#### **4.5. Periodicidad de la limpieza de sumideros y cajones con rejillas**

Las estructuras regularmente se ven afectadas por basura, materiales sólidos, sedimentos, que son arrastrados por la escorrentía superficial. Estos taponamientos tienen directa relación con las actividades humanas diarias, por lo que las afectaciones dependen de la zona en donde se encuentran ubicados los sumideros, sean éstas comerciales, residenciales, industriales; también influye la densidad poblacional y costumbres de la ciudadanía.

Los sumideros que se encuentran en zonas donde las vías afluentes se encuentran en tierra, también presentan taponamientos frecuentes; de igual manera, los que se encuentran en las zonas bajas de la ciudad o depresiones viales, siempre tendrán una mayor afectación por la acumulación de desechos arrastrados.

En el análisis realizado en el presente trabajo, se ha determinado que estas estructuras deben ser intervenidas al menos una vez en año, previa la temporada invernal. Posterior a esta intervención, dependerá de los factores anteriormente expuestos, sin embargo, podrían darse casos en los que los sumideros o cajones deban ser limpiados mensualmente mientras dura el invierno, en especial en los ubicados en las zonas de inundación.

Una periodicidad óptima de limpieza de cajones y sumideros se estima en tres veces en el año, antes, durante y después de la temporada invernal; sin embargo, cabe señalar que esta periodicidad debe ser programada y adaptada principalmente a los recursos económicos con los que cuente la entidad encargada del mantenimiento, así como los equipos y personal disponibles.

#### 4.6. Seguridad personal, vial y riesgos asociados a las actividades de mantenimiento

La seguridad es un aspecto primordial en la ejecución de los trabajos de limpieza de sumideros y cajones con rejillas, debido principalmente a que estas estructuras se encuentran implantadas en las vías, en donde la circulación vehicular constituye un riesgo para el personal que ejecuta las labores de mantenimiento.

De manera adicional, aspectos como la manipulación de herramienta manual, el uso de vehículos y equipo mecánico, el contacto con aguas estancadas o servidas, entre otros, deben ser considerados dentro de la gestión de la seguridad en estas actividades. En la Tabla 2 se pueden observar los principales riesgos identificados:

**Tabla 2.** Riesgos asociados a la limpieza de sumideros. Fuente: EPMAPS (2012).

Tipo de riesgo	Riesgo Identificado
Mecánicos	golpes o impactos (con, contra, por)
	caídas de personas al mismo y a distinto nivel
	cortes con objetos o estructuras
	accidentes de tránsito (choques, atropellamientos)
	arrastre por corrientes de agua
Físicos	exposición al ruido continuo
	exposición a vibraciones
	exposición a temperatura
	contacto eléctrico
	exposición a iluminación deficiente o excesiva
	exposición a humedad del aire
Químico	exposición a polvo
	exposición a gases
Biológico	contacto con micro y macro organismos
Psicosocial	carga mental
	carga emocional
	monotonía del trabajo
	robos y asaltos
Ergonómico	levantamiento manual de cargas
	relacionados con la fuerza (halar o empujar)
	movimientos repetitivos
	posturas y posiciones incorrectas
	fatiga física

Tipo de riesgo	Riesgo Identificado
Naturales	sismos
	erupciones Volcánica
	inundaciones
	deslizamientos
	lluvias torrenciales

Una vez identificados los riesgos, deben tomarse medidas de prevención y control a fin de precautelar el bienestar de los trabajadores, como son:

- Poner en conocimiento de los trabajadores los riesgos a los que están expuestos en sus actividades diarias.
- Identificar los riesgos que podrían ocasionar mayor afectación.
- Establecer las medidas de prevención y control que cada riesgo requiere, uno de los cuales es el uso de equipos de protección.
- Capacitar sobre las medidas de prevención de accidentes, primeros auxilios, respuesta en caso de emergencia y realizar simulacros.
- Establecer controles sobre el uso y mantenimiento adecuado de los equipos de protección.

Resulta imprescindible que las actividades se desarrollen con el equipo de protección adecuado, el cual se detalla a continuación clasificado en categorías (personal, colectiva y especial).

#### **4.6.1. Equipos de protección personal**

- Casco.
- Monogafas.
- Mascarilla con filtros para gases y vapores orgánicos.
- Mascarilla para polvo.
- Orejeras.
- Guantes de cuero.
- Guantes de látex anticorte.

- Botas de cuero punta de acero.
- Botas de caucho punta de acero.
- Ropa de trabajo.
- chaleco fosforescente.
- Terno impermeable o poncho de aguas.

#### **4.6.2. Equipos de protección colectiva y vial**

- Conos de señalización.
- Letreros de señalización e identificativos de los trabajos.
- Balizas luminosas en los vehículos.
- Cinta de seguridad.
- Linternas.

#### **4.6.3. Equipos de protección especial**

El monitor de gases es el equipo utilizado para la verificación de las condiciones ambientales en espacios confinados.

En relación con los aspectos ergonómicos, es necesario que el personal sea capacitado en el manejo y levantamiento de cargas, posturas y posiciones incorrectas, la rotación de actividades para evitar movimientos repetitivos, etc.

En el aspecto psicosocial debe existir un salario justo, seguridad social, se debe evitar la sobrecarga de horas de trabajo y capacitar al personal sobre trato a los clientes. Todos estos temas deben ser complementados con un plan de respuesta y actuación ante emergencias, que permitirá que las personas sepan cómo actuar en el caso de que se les presentarán.

### **4.7. Campaña de concientización**

Las actividades humanas diarias, como son el consumo y elaboración de alimentos, ejecución de obras civiles, el mantenimiento de áreas verdes, lavado de vehículos, desbanques de terrenos, entre otras, generan diferentes tipos de desechos. La mayoría



de estos desechos son depositados en contenedores y aceras para su retiro por parte de la entidad municipal encargada.

En el caso de una incorrecta disposición de los desechos por parte de la ciudadanía, estos quedan en las vías, aceras, parques, y al presentarse precipitaciones son arrastrados hacia los sumideros y cajones. Al llegar a estas estructuras se acumulan sobre las rejillas e impiden el ingreso del agua a su interior, lo que genera que el agua no sea evacuada y descienda hacia las zonas bajas, con la consecuente acumulación y en ciertos casos inundaciones.

En la época invernal se presenta una mayor incidencia de taponamiento de sumideros debido a la presencia permanente de lluvia, que arrastra materiales como por ejemplo botellas, fundas, plásticos, césped, tierra, hormigón, escombros, maderas, materiales de construcción, etc, como se puede observar en las Figuras 34, 35 y 36. Estos materiales pueden incluso ingresar al interior de los sumideros, cajones y obstruir las tuberías.



**Figura 34.** Sumidero obstruido con basura.



**Figura 35.** Sumidero obstruido con tierra.



**Figura 36.** Sumidero obstruido maderas y escombros.

Una vez identificados los factores externos que influyen directamente en el taponamiento, se evidencia la necesidad de concientizar a la ciudadanía sobre las consecuencias que las malas prácticas diarias tienen sobre los componentes del sistema de evacuación de agua lluvia. La disminución de éstas beneficiará a todas las personas que habitan en la ciudad de Quito, sin importar el lugar donde vivan, ya que todos circulan por las vías principales, zonas de inundación, pasos deprimidos, es decir, todos forman parte de la problemática, pero también de la solución.

Para enfrentar la problemática descrita se recomienda la puesta en marcha de una campaña, que muestre las consecuencias que acciones tan simples como botar basura en las vías, pueden tener en el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, ya que podrían originarse inundaciones que afectan a transeúntes, vehículos y viviendas.

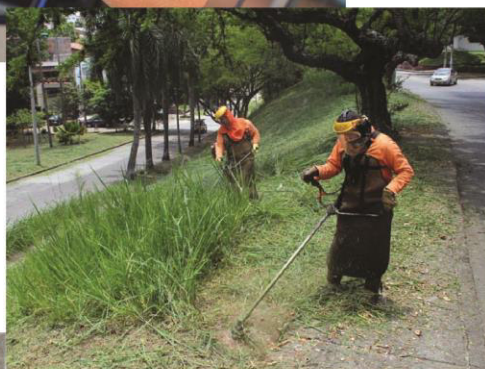
Para esta campaña, se plantea la generación de un material didáctico que busca la colaboración de la ciudadanía, así como promover conductas responsables para evitar taponamientos. El material gráfico que será difundido transmitirá los siguientes mensajes:

- ¿A dónde van las botellas, fundas, plásticos, césped, tierra, hormigón, escombros, maderas, desechos de construcción, y demás materiales que son producto de las actividades humanas diarias?
- ¿Sabías que estos desechos terminan en las vías para luego ser arrastrados hacia los sumideros obstruyéndolos?
- ¿Sabías que el taponamiento de sumideros puede causar estos desastres?

En cada uno de los materiales se insiste en un mensaje que invita a la acción: ¡Sé parte de la solución, que la basura y desechos no causen inundaciones que te afectan a ti, a tu familia y toda la ciudadanía!

Este material podrá ser difundido a través de medios de comunicación escritos y su mensaje por medios radiales, ya que los medios forman parte fundamental de las campañas de prevención, previo a cada temporada invernal. De manera adicional, se plantea su publicación en entidades municipales, instituciones públicas, escuelas, colegios, e incluso en las tiendas de los barrios.

**¿A dónde van las botellas, fundas, plásticos, césped, tierra, hormigón, escombros, maderas, desechos de construcción, y demás materiales que son producto de las actividades humanas diarias?**



*¡Sé parte de la solución, que la basura y desechos no causen inundaciones que te afectan a ti, a tu familia y toda la ciudadanía!*

**Figura 37.** Materiales productos de las actividades humanas.

**¿Sabías que estos desechos terminan en las vías para luego ser arrastrados hacia los sumideros obstruyéndolos?**



*¡Sé parte de la solución, que la basura y desechos no causen inundaciones que te afectan a ti, a tu familia y toda la ciudadanía!*

**Figura 38.** Acumulación de basura sobre sumideros y rejillas.

**¿Sabías que el taponamiento de sumideros puede causar estos desastres?**



*¡Sé parte de la solución, que la basura y desechos no causen inundaciones que te afectan a ti, a tu familia y toda la ciudadanía!*

**Figura 39.** Consecuencias del taponamiento de sumideros y rejillas.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los sistemas de alcantarillado combinados son los más usados en la región Sierra del país, incluida la ciudad de Quito, principalmente porque permiten captar en una sola tubería los caudales sanitarios y pluviales, así como una auto limpieza eficiente.
- La principal desventaja de los sistemas combinados es que, al tener los dos caudales juntos, cuando se presentan taponamientos o fallas en las tuberías los flujos sanitarios no pueden ser aislados, con el consecuente desborde de aguas servidas incluso por los sumideros, con los consecuentes problemas de contaminación.
- El control de la escorrentía superficial a través de sumideros y cajones con rejillas es fundamental para prevenir inundaciones y garantizar el bienestar de la ciudadanía.
- Los cajones con rejillas, a diferencia de los sumideros, son construidos en sitios donde se requiere una mayor capacidad de captación, sea por el área de aportación o por las condiciones topográficas.
- Los sumideros y cajones únicamente pueden ser descargados a los pozos de revisión de la red de alcantarillado, para permitir el acceso al tirante para su mantenimiento.
- La estructura de hormigón armado que conforma el cajón con rejillas es construida en sitio, y el control del regreso de los olores desde la red de alcantarillado, se realiza a través de la instalación de una válvula de klapeta. En cambio la estructura de hormigón que conforma el sumidero, es prefabricada e instalada posteriormente en sitio.
- El catastro de los sumideros de cada parroquia, así como de los barrios que la conforman, permite a través de cada uno de los parámetros de la ficha catastral, conocer las condiciones de cada estructura y el mantenimiento o reparación que cada una requiere.
- Una parte importante del catastro es el georeferenciamiento de todos los sumideros existentes, con el objetivo de contar con el número de estructuras que requieren mantenimiento, y con el paso de cada limpieza incorporar a la base de datos las estructuras que se construyan en las vías.

- La cuantificación del número de sumideros existentes y el establecimiento de la zona donde se encuentran implantados, permiten conocer las distancias que recorrerá el personal para el mantenimiento, planificar rutas y hacer más eficiente el proceso de limpieza.
- La identificación de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en estas actividades, y el establecimiento de las medidas de control necesarias para minimizarlos, permite precautelar el bienestar de las personas.
- El área de trabajo debe ser señalizada correctamente para garantizar la seguridad del personal, ya que estos trabajos se ejecutan en vías con circulación vehicular.
- El grupo de trabajo de la limpieza con hidrosuccionador es menor que la de la limpieza manual, por tanto el número de sumideros promedio diario limpiado es de 30 sumideros para el primer método y 200 para el segundo.
- Las herramientas utilizadas para los dos métodos son similares, sin embargo difieren principalmente en los accesorios que van en el extremo de la manguera de presión. Es necesario considerar que la presión que genera el hidrosuccionador puede llegar hasta los 2500 PSI.
- El retiro de material del área circundante al sumidero y de su interior, minimiza la posibilidad que el sumidero se obstruya ante la presencia de lluvia.
- El sistema de retiro de material con el vehículo hidrosuccionador permite llevar los desechos directamente del sumidero al tanque de almacenamiento del vehículo, a través del sistema de succión.
- El sistema de lavado del hidrosuccionador es más eficiente que el de la limpieza manual, debido a la presión de agua que genera el sistema VACCON del vehículo; esto facilita que todo el material de los sumideros y el área circundante sean desprendidos con facilidad.
- El uso de la varilla de flexicromo y sus accesorios, complementan la limpieza que se realiza con la manguera y agua a presión, ya que los desechos presentes principalmente en los tirantes, son de difícil extracción si se lo hace únicamente con agua.
- La verificación del flujo una vez que se realizó la limpieza, es necesaria para identificar si el mantenimiento fue efectivo o si la estructura presenta problemas de funcionamiento.

- Debido al uso de agua en el proceso de limpieza, los materiales extraídos deben ser depositados en una plataforma de secado, para disminuir la presencia de la parte líquida, luego este material puede ser depositado directamente en un botadero o relleno debidamente aprobado.
- El mantenimiento periódico de las estructuras de evacuación de agua lluvia, permite tenerlas en óptimas condiciones para cumplir la función para la cual fueron diseñadas.
- La periodicidad depende de factores como: la topografía del sitio donde están ubicados; el tipo de zona sea esta residencial, comercial, industrial; la cercanía a las laderas o vías en tierra; sin embargo, se recomienda que la limpieza se realice al menos tres veces al año, principalmente previo y durante la temporada invernal.
- La colaboración de la ciudadanía es fundamental, ya que las actividades humanas influyen directamente sobre la presencia de los desechos, que son los principales causantes de los taponamientos.
- Se recomienda que al construir los sumideros, se considere siempre la instalación del pico, ya que este accesorio permite la formación del sello hidráulico que evita el retorno de malos olores desde el sistema de alcantarillado.
- Se recomienda que de tratarse de una ciudad grande como lo es Quito, se creen Unidades Operativas en diferentes zonas, con el objetivo de optimizar los recursos y llegar a todos los barrios con la intervención.
- Se recomienda establecer un control periódico al correcto uso de equipos de protección individual y colectiva, en consideración a los riesgos a los que el personal se expone en el desarrollo de las actividades diarias.
- Se recomienda que todos los equipos, vehículos y herramientas que se utilizan en el proceso de limpieza de sumideros, sean inspeccionados periódicamente para garantizar su funcionalidad, a través del mantenimiento preventivo y correctivo que por su naturaleza tiene cada uno de ellos.
- Se recomienda que en el caso que se presente problemas con el flujo de agua en el tirante luego de realizar la limpieza, se verifique con una linterna desde el empate con el pozo de revisión, el estado de la tubería.
- Para la limpieza de sumideros con el hidrosuccionador, se recomienda evitar la presencia de transeúntes en el área de trabajo, ya que el sistema maneja altas



presiones con la manguera de agua, lo que constituye un riesgo para las personas.

- La concientización de las personas sobre los problemas que se presentan por las malas prácticas ciudadanas, es fundamental para evitar el taponamiento de los sumideros, por lo que, se recomienda que las campañas de difusión sean permanentes, especialmente en las reuniones de los barrios, ligas barriales, redes sociales, entre otros.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco Giraldo, M. Molina Fernández, R. (2015). Diagnóstico preliminar de las condiciones ambientales en las estructuras de sumideros ubicados en los barrios Granada y Girardot de la Ciudad de Bucaramanga, Santander (Tesis inédita de ingeniería Ambiental). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bucaramanga, Colombia.
- Cátedra PAVCO. (2009). Sumideros en alcantarillados de aguas lluvias. Diseños utilizados en Colombia y mecanismos de retención de sólidos. Bogotá: Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Medio Ambiente.
- Delidaise, R. (2012). Creta la floreciente civilización minoica. Recuperado de <http://masalladepangea.blogspot.com/2012/05/creta-la-floreciente-civilizacion.html>.
- Ecuador, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2015). Procedimiento para realizar el mantenimiento del sistema de alcantarillado por las Unidades Operativas.
- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. (2012). Matriz de Riesgos Laborales. Quito: Autor.
- EPMAPS, (2014). Indicadores de Gestión Recolección. Recuperado de <http://www.aguaquito.gob.ec/indicadores-de-gestion-0>
- EPMAPS, (2016a). Nuestra historia. Recuperado de <http://www.aguaquito.gob.ec/quienes-somos/nuestra-historia>.
- EPMAPS, (2016b). Recolección. Recuperado de <http://www.aguaquito.gob.ec/recoleccion>.
- Lorenzetti Lozano, C. (2012). Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la manutención, limpieza y recuperación hidráulica de las tuberías de alcantarillado sanitario y pluvial en las empresas sanitarias (Tesis inédita de Ingeniería Industrial). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Marques, J. M., Rabassò, J. M. V., & Omedas, F. C. (1996, octubre). Explotación activa integral de los sistemas de alcantarillado. Obras públicas, (3.358), 47-66.

- Ruiz Larrea, D. F. (2011). Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el barrio Panguintza cantón Centinela del Cóndor provincia de Zamora Chinchipe (Tesis inédita de Ingeniería Civil). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- SENPLADES, (2013). Mapa comparativo de la coberturas provinciales de alcantarillado. Recuperado de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>
- UNATSABAR. (2005). Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural. Lima: Organización Panamericana de la Salud.