

TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

INFORME

**Las redes de alcantarillado y acueducto en el Valle de Aburrá:
actualidad, retos e importancia en la planificación y el ordenamiento
territorial**

Corporación Universitaria Remington.

Nombre de la facultad: Ingeniería

Nombre del programa académico: Ingeniería Civil

Nombres de los estudiantes autores del trabajo de grado:

Natalia Tinoco Molina

Lisdey Tatiana Restrepo Salazar

Juan Camilo Yepes Alzate

Nombre del Tutor del trabajo de grado: Diego Alejandro Loaiza Ramírez

Año 2026

Tabla de Contenidos

Resumen.....	4
1. Introducción	5
2. Objetivos	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos	6
3. Marco conceptual y contextual.....	6
3.1 Conceptos de ingeniería sanitaria y de saneamiento básico	7
3.3 Instrumentos de gestión y financiación del ordenamiento territorial.....	9
3.4 Contexto institucional del ejercicio	10
4. Desarrollo.....	10
4.1 El Valle de Aburrá: contexto territorial y demográfico	10
4.2. El sistema de acueducto: fuentes de abastecimiento y potabilización	11
4.3. Marco normativo: el Reglamento Técnico del Sector (RAS).....	13
4.4 El sistema de saneamiento del río Aburrá-Medellín: una obra de más de tres décadas	13
4.5 Cobertura de acueducto y alcantarillado: una brecha urbano-rural persistente	15
4.6. El Valle de Aburrá frente al crecimiento urbano y el cambio climático	16
4.7. Inversión pública: el Plan de Acción 2025 del AMVA y el recurso hídrico	17
4.8. El rol de la ingeniería civil en la planificación y el ordenamiento territorial para la sostenibilidad de las redes.....	19
4.9. Herramientas de planeación y obligatoriedad normativa: MapGIS, perímetro de servicios y saneamiento básico en zonas sin cobertura.....	20
5. Conclusiones	22
6. Reflexiones sobre el quehacer profesional y su valor para el seminario de investigación	23
7. Referencias.....	24

Listado de tablas y figuras

<i>Tabla 1</i> Tratamientos urbanísticos del POT y su relación con las redes de servicios públicos.....	8
<i>Tabla 2</i> Instrumentos de gestión y financiación del ordenamiento territorial.	9
<i>Tabla 3</i> Sistema de potabilización de agua del Valle de Aburrá.	12
<i>Tabla 4</i> Hitos de la infraestructura de saneamiento del río Aburrá-Medellín.	14
<i>Tabla 5</i> Comparativo de coberturas de acueducto y alcantarillado.	16
<i>Tabla 6</i> Proyectos e inversión asociados al recurso hídrico en el Plan de Acción 2025 del AMVA (selección).	18
 <i>Figura 1.</i> Evolución de la capacidad de tratamiento de aguas residuales del sistema PTAR San Fernando-PTAR Aguas Claras (2000–2018).	15
<i>Figura 2</i> Distribución de la inversión del Programa 6 “Nuestro río Aburrá – Medellín”, Plan de Acción 2025 del AMVA.	19

Resumen

El Valle de Aburrá, conformado por diez municipios articulados alrededor del río Aburrá-Medellín, es la segunda aglomeración urbana más poblada de Colombia, con una población que pasó de 3.312.165 habitantes en 2005 a 4.055.296 en 2020, este crecimiento ha ejercido una presión creciente sobre las redes de acueducto y alcantarillado que sostienen la vida urbana de la región; el presente informe analiza la situación actual de dichas redes desde la perspectiva de la ingeniería civil, integrando el marco normativo vigente correspondiente al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, el estado de la infraestructura de saneamiento del río Aburrá-Medellín, liderada por EPM a través de plantas como San Fernando y Aguas Claras, las cifras de cobertura de acueducto y alcantarillado, y la inversión pública prevista en el Plan de Acción 2025 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA); el documento evidencia que el Valle de Aburrá cuenta con uno de los sistemas de saneamiento más avanzados del país, tratando más del 84 % de las aguas residuales generadas en la región, pero también identifica una brecha persistente entre el desempeño metropolitano y el resto del departamento de Antioquia, especialmente en zonas rurales, se aborda además la relación entre las redes de servicios públicos y los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el licenciamiento urbanístico y la certificación de disponibilidad de servicios de EP, así como el papel de herramientas para diagnosticar la brecha entre el perímetro de servicios formalmente definido y las redes físicamente construidas; el informe concluye que la ingeniería civil cumple un rol central no solo en el diseño y la construcción de estas redes, sino también en su articulación con la normativa de ordenamiento territorial, el cambio climático y la gestión del riesgo, constituyendo un caso de estudio valioso para procesos de formación en seminarios de investigación de la disciplina.

Palabras clave *Acueducto y alcantarillado, ordenamiento territorial, ingeniería civil, saneamiento básico, Valle de Aburrá.*

1. Introducción

El Valle de Aburrá, conformado por diez municipios articulados alrededor del río Aburrá-Medellín, es hoy la segunda aglomeración urbana más poblada de Colombia, su población pasó de 3.312.165 habitantes en el censo de 2005 a 4.055.296 en 2020, lo que ha significado una presión creciente sobre la infraestructura de servicios públicos, en particular sobre las redes de acueducto y alcantarillado que sostienen la vida urbana (DANE 2020).

Las redes de acueducto y alcantarillado no son solo tuberías enterradas: son la columna vertebral invisible que permite la salud pública, la protección del recurso hídrico y la habitabilidad del territorio. En el caso del Valle de Aburrá, estas redes conviven con un río que ha sido, durante más de tres décadas, el centro de un ambicioso programa de saneamiento liderado por Empresas Públicas de Medellín (EPM) en articulación con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), autoridad ambiental urbana de la región.

Este informe presenta una reflexión general sobre la actualidad de estas redes, su relación estrecha con la ingeniería civil como disciplina responsable de planear, diseñar, construir y mantener dicha infraestructura, y los retos que enfrenta la región frente al crecimiento urbano, el cambio climático y la necesidad de cerrar brechas entre lo urbano y lo rural. El documento se apoya en fuentes oficiales y periodísticas actuales, en el marco normativo vigente del sector de agua potable y saneamiento básico, y en el Plan de Acción 2025 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, adoptado mediante Resolución Metropolitana de enero de 2025.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Analizar la situación actual de las redes de acueducto y alcantarillado en el Valle de Aburrá, su importancia en la planificación y el ordenamiento territorial, en el ejercicio de la ingeniería civil como disciplina llamada a brindar soluciones frente a los derechos constitucionales a la salud, al saneamiento básico y al agua potable (Constitución Política

de Colombia, artículos 49 y 365 a 367), con el fin de generar una reflexión crítica sobre los retos técnicos, normativos y ambientales que enfrenta la región.

2.2 Objetivos específicos

- Describir el marco normativo colombiano vigente para el diseño, construcción y operación de sistemas de acueducto y alcantarillado, con énfasis en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).
- Caracterizar el estado actual de la infraestructura de saneamiento del río Aburrá-Medellín, incluyendo plantas de tratamiento, interceptores y coberturas de servicio.
- Identificar los principales retos que enfrenta el sistema hídrico metropolitano frente al crecimiento urbano, la variabilidad climática y la gestión del riesgo.
- Relacionar la inversión pública prevista en el Plan de Acción 2025 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá con los proyectos asociados al recurso hídrico y al saneamiento.
- Reflexionar sobre el papel de la ingeniería civil en la planificación y el ordenamiento territorial, y en la sostenibilidad de estos sistemas, así como su valor pedagógico para procesos de formación en seminario de investigación.

3. Marco conceptual y contextual

Antes de abordar el desarrollo temático de este informe, es necesario precisar el conjunto de conceptos que sustentan el análisis y describir el contexto institucional en el que estos operan, este marco recoge, de una parte, las definiciones técnicas propias de la ingeniería sanitaria y ambiental trabajadas en el seminario, y de otra, los conceptos de planificación y gestión urbana desarrollados en el módulo de ordenamiento territorial, con base en el material del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (s.f.) sobre normas urbanísticas, tratamientos, usos del suelo e instrumentos de gestión y financiación, utilizado como referencia formativa en este ejercicio.

3.1 Conceptos de ingeniería sanitaria y de saneamiento básico

Para efectos de este informe se entiende por acueducto el sistema de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua destinada al consumo humano, y por alcantarillado el conjunto de estructuras y tuberías empleadas para la recolección, conducción y disposición final de aguas residuales o pluviales; el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), adoptado mediante la Resolución 0330 de 2017, es el instrumento que define los parámetros técnicos mínimos caudales de diseño, materiales, pendientes, periodos de retorno que deben cumplir estos sistemas en cualquier proyecto de ingeniería civil en Colombia.

Otros conceptos centrales trabajados en el seminario incluyen el de Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), entendido como el conjunto de programas, proyectos y actividades con sus respectivos cronogramas e inversiones, necesarios para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos de un municipio; y el de disponibilidad de servicios públicos, es decir, la capacidad real de las redes existentes para atender la demanda adicional que generaría un nuevo desarrollo urbanístico, concepto que como se desarrollará más adelante articula directamente la ingeniería sanitaria con el licenciamiento urbanístico.

3.2 Conceptos de planificación y ordenamiento territorial

El segundo bloque conceptual proviene del módulo de ordenamiento territorial del seminario y se basa en la Ley 388 de 1997 y en el material de formulación del componente urbano del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) se define allí como el instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal, entendido como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, s,f)-

El POT se estructura en tres componentes el general, urbano y rural cada uno con vigencias y contenidos distintos, que a su vez dan lugar a normas urbanísticas de tres

tipos: estructurales (de largo plazo, para todo el territorio municipal), generales y complementarias (de corto y mediano plazo, para el suelo urbano y de expansión, y para el suelo rural, respectivamente). Dentro de las normas urbanísticas generales del componente urbano se definen los tratamientos urbanísticos —consolidación, mejoramiento integral, renovación urbana, conservación y desarrollo—, que atendiendo las características físicas de cada zona establecen un manejo diferenciado del suelo, y la norma de usos, que clasifica las actividades permitidas (residencial, comercial, de servicios, industrial e institucional) según su nivel de impacto físico, urbanístico, ambiental y social (Ley 388 de 1997, artículo 15, y el Decreto 3600 de 2007).

Tabla 1 *Tratamientos urbanísticos del POT y su relación con las redes de servicios públicos.*

Tratamiento urbanístico	Objetivo general	Relación con redes de servicios públicos
Consolidación	Mantener y completar el desarrollo de zonas ya construidas.	Requiere norma de redes secundarias de abastecimiento de servicios públicos domiciliarios.
Mejoramiento integral	Intervenir asentamientos de origen informal en zonas de ladera o riesgo.	Define zonas de reserva para infraestructura vial y de servicios públicos domiciliarios.
Renovación urbana	Transformar zonas subutilizadas o deterioradas mediante planes parciales.	Establece directrices para redes matrices y reparto de cargas de urbanización.
Conservación	Proteger valores históricos, arquitectónicos o ambientales.	Zonas de reserva de infraestructura vial y de servicios públicos domiciliarios.
Desarrollo	Habilitar suelo no urbanizado para su primera ocupación.	Exige licencia de urbanización con ejecución de redes matrices y locales.

Fuente: Elaboración propia con base en Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Formulación – Componente Urbano, s.f.

3.3 Instrumentos de gestión y financiación del ordenamiento territorial

El material de formulación del componente urbano distingue dos familias de instrumentos que la Ley 388 de 1997 pone a disposición de los municipios para materializar el POT como los instrumentos de gestión de reparto equitativo de cargas y beneficios, declaratoria de desarrollo y construcción prioritaria, declaratoria de utilidad pública y bancos inmobiliarios; y los instrumentos de financiación en cuanto a participación en plusvalía, derechos adicionales de construcción y desarrollo, y valorización, estos instrumentos resuelven, en últimas, una pregunta que es también de ingeniería y de gestión pública: cómo adquirir suelo y cómo financiar la infraestructura de transporte, espacio público y servicios públicos domiciliarios que una ciudad en crecimiento requiere (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Formulación , s,f)-

Tabla 2 *Instrumentos de gestión y financiación del ordenamiento territorial.*

Instrumento	Tipo	Función principal
Reparto equitativo de cargas y beneficios	Gestión	Distribuye entre propietarios los costos de redes matrices, vías y equipamientos.
Declaratoria de desarrollo o construcción prioritaria	Gestión	Obliga a urbanizar predios subutilizados aptos para vivienda o infraestructura.
Declaratoria de utilidad pública	Gestión	Habilita la adquisición de suelo para infraestructura de servicios públicos y VIS.
Bancos inmobiliarios	Gestión	Administran y adquieren suelo con derecho de preferencia para fines colectivos.
Participación en plusvalía	Financiación	Recauda parte del incremento del valor del suelo generado por decisiones del POT.
Derechos adicionales de construcción y desarrollo	Financiación	Permite mayor edificabilidad a cambio de aportes a infraestructura.

Fuente: Elaboración propia con base en Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Formulación- Componente Urbano, s.f.

3.4 Contexto institucional del ejercicio

Este informe no se desarrolla dentro de una organización privada en calidad de práctica o pasantía, sino que toma como caso de estudio el entramado institucional público que gestiona el territorio y los servicios públicos en el Valle de Aburrá, en este entramado convergen al menos cuatro tipos de entidades cuyas competencias se articulan en la práctica: los municipios y en particular el Distrito de Medellín, a través de su Departamento Administrativo de Planeación y la Secretaría de Gestión y Control Territorial, responsables de formular y adoptar el POT; las curadurías urbanas, encargadas de tramitar las licencias urbanísticas que materializan ese POT predio a predio; el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, autoridad ambiental urbana y ente de coordinación físico-territorial metropolitana; y Empresas Públicas de Medellín (EPM), prestador de los servicios de acueducto y alcantarillado y responsable de certificar la disponibilidad de dichos servicios ante cualquier solicitud de licencia.

Este contexto institucional es el que permite aplicar, en un caso real y verificable, los conceptos revisados en el seminario: cómo un tratamiento de mejoramiento integral asignado por el POT habilita jurídicamente un programa como Unidos por el Agua; cómo la declaratoria de disponibilidad de servicios públicos de EPM condiciona el otorgamiento de una licencia de urbanización; o cómo la concertación de determinantes ambientales entre el Distrito y el AMVA incorpora al POT la protección de las fuentes hídricas que abastecen los sistemas de acueducto descritos en este informe.

4. Desarrollo

4.1 El Valle de Aburrá: contexto territorial y demográfico

El Valle de Aburrá es una depresión geográfica alargada de sur a norte, atravesada por el río Aburrá-Medellín y rodeada por las cordilleras Central y Occidental de los Andes, en este territorio, de topografía angosta y laderas pronunciadas, se asientan diez municipios como Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas, articulados institucionalmente desde 1980 por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la primera figura de este tipo creada en Colombia.

Esta condición geográfica particular de un valle estrecho con alta densidad poblacional, especialmente en su tramo central ha determinado históricamente el trazado de las redes de acueducto y alcantarillado: la red troncal de recolección de aguas residuales sigue, en buena medida, el curso del río, mientras que la red de distribución de agua potable depende de sistemas de bombeo e interconexión de tanques capaces de vencer los desniveles entre las zonas bajas del valle y las laderas donde se ha expandido buena parte del crecimiento urbano informal. Esta combinación de relieve, densidad y expansión hacia las laderas es, como se verá más adelante, uno de los factores que explica tanto los logros como las vulnerabilidades del sistema hídrico metropolitano.

4.2. El sistema de acueducto: fuentes de abastecimiento y potabilización

Antes de referirse al alcantarillado, es necesario comprender de dónde proviene el agua que abastece al Valle de Aburrá, pues el sistema de acueducto es el otro gran componente de la infraestructura sanitaria regional y comparte con el alcantarillado buena parte de sus retos de ingeniería, según EPM, el 96 % de los clientes del Valle de Aburrá se abastecen del agua proveniente de tres embalses, la Fe, Riogrande II y Piedras Blancas, la cual es potabilizada en cinco plantas principales: La Ayurá, Manantiales, Villa Hermosa, La Montaña y San Nicolás. El 4 % restante de la población es atendido por plantas menores que captan agua directamente de quebradas, entre ellas Barbosa, San Antonio, Caldas, San Cristóbal, Palmitas, Aguas Frías y La Cascada, sistemas más vulnerables a la variabilidad climática por depender de fuentes superficiales de menor regulación (EPM, s.f.).

Las plantas La Ayurá y Manantiales concentran, en conjunto, cerca del 90 % del suministro de agua potable del área metropolitana. La Ayurá, abastecida por el embalse La Fe, atiende aproximadamente el 60 % de la población del valle; Manantiales, que entró en operación en 1992 y se nutre del embalse Riogrande II de mayor capacidad que La Fe, abastece entre el 30 % y el 45 % de la población, concentrada en el norte del valle (Girardota, Bello, Copacabana y Medellín), (El Colombiano, 2025).

Recientemente, EPM culminó un proceso de modernización de más de una década sobre estas dos plantas, que incluyó la construcción de nuevas líneas de producción —

como el Módulo de Flexibilidad Operativa (MOFLO) en Manantiales, que añadió 1.000 litros por segundo de capacidad— y la integración operativa de los embalses de La Fe y Riogrande, de modo que el suministro deje de depender de sectores aislados y pueda respaldarse mutuamente ante contingencias. Según cifras difundidas por la empresa, el plan de inversiones del sistema de acueducto, formulado hace 15 años, contempla recursos cercanos a los 14 billones de pesos en un horizonte de dos décadas, orientados tanto a ampliar la cobertura como a renovar infraestructura centenaria (DiariOriente, 2023).

Tabla 3 *Sistema de potabilización de agua del Valle de Aburrá.*

Planta de potabilización	Fuente de abastecimiento	Población / capacidad aproximada
La Ayurá	Embalse La Fe	≈ 60 % de la población del Valle de Aburrá
Manantiales	Embalse Riogrande II	30–45 % de la población (zona norte); hasta 6.000 L/s
Villa Hermosa, La Montaña, San Nicolás	Embalses interconectados	Complementan cerca del 96 % del sistema
Barbosa, San Antonio, Caldas, San Cristóbal, Palmitas, Aguas Frías, La Cascada	Quebradas y fuentes superficiales menores	≈ 4 % de la población; mayor vulnerabilidad climática

Fuente: Elaboración propia con base en EPM (s.f., 2023) y El Colombiano (2025).

Este sistema dual de grandes embalses interconectados frente a pequeñas plantas dependientes de quebradas ilustra un principio central de la ingeniería hidráulica aplicada al abastecimiento urbano: la resiliencia de un sistema no depende únicamente de su capacidad nominal, sino de su grado de interconexión y redundancia. Las plantas que dependen de una sola fuente superficial son, por diseño, más susceptibles a interrupciones por sequías, deslizamientos o contaminación aguas arriba, mientras que el sistema interconectado de embalses ofrece mayor seguridad de suministro ante eventos extremos como el fenómeno de El Niño.

4.3. Marco normativo: el Reglamento Técnico del Sector (RAS)

En Colombia, el diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura de acueducto, alcantarillado y aseo está regulado por el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), adoptado mediante la Resolución 0330 de 2017 del entonces Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Esta resolución derogó las anteriores normas del sector entre ellas la histórica Resolución 1096 de 2000 y unificó los requisitos técnicos aplicables a prestadores de servicios públicos, entidades formuladoras de proyectos, entes de control y entidades territoriales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Resolución 0330 de 2017; Aclima, s.f)

El RAS se complementa con títulos técnicos manuales de buenas prácticas de ingeniería que orientan a los diseñadores en aspectos como redes de recolección de aguas residuales y pluviales, estaciones de bombeo, sistemas de tratamiento y gestión del riesgo asociado a la infraestructura. En particular, el Título K, relativo a alcantarillados, y el manual de gestión del riesgo en sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo (versión RAS 2020), exigen que todo proyecto identifique condiciones de amenaza y vulnerabilidad conforme a la Ley 1523 de 2012 sobre gestión del riesgo de desastres (Minvivienda, 2020).

Este marco normativo es el punto de partida obligado para cualquier ingeniero civil que participe en el diseño o la interventoría de redes de saneamiento en el Valle de Aburrá, pues define parámetros mínimos de caudales de diseño, periodos de retorno, materiales, pendientes y criterios de resiliencia frente a eventos extremos.

4.4 El sistema de saneamiento del río Aburrá-Medellín: una obra de más de tres décadas

El saneamiento del río Aburrá-Medellín es uno de los proyectos de ingeniería sanitaria más relevantes del país. Desde hace más de treinta años, EPM ha liderado, junto con autoridades ambientales y otros actores del territorio, un programa progresivo de

recolección y tratamiento de aguas residuales que ha transformado la relación entre la ciudad y su río (EPM, s.f), la primera gran infraestructura de tratamiento, la PTAR San Fernando, ubicada en Itagüí, entró en operación en el año 2000 con una capacidad de tratamiento de 1,8 metros cúbicos por segundo, marcando el inicio de la recuperación de las condiciones fisicoquímicas del río en el sur del valle. Casi dos décadas después, en 2018, entró en funcionamiento la PTAR Aguas Claras, en el municipio de Bello, con una capacidad promedio de tratamiento de 5,0 metros cúbicos por segundo, recibiendo las aguas residuales de Medellín y Bello a través del interceptor Norte, un túnel de 7,7 kilómetros de longitud (EPM, s.f.; Sociedad Colombiana de Ingenieros, s.f).

Con la operación conjunta de ambas plantas, la cobertura de recolección de aguas residuales del Valle de Aburrá supera el 96 %, y la cobertura de tratamiento se ubica por encima del 84 % de los vertimientos generados por los usuarios de la región, cifras que sitúan al territorio muy por encima del promedio nacional en esta materia (EPM, s.f).

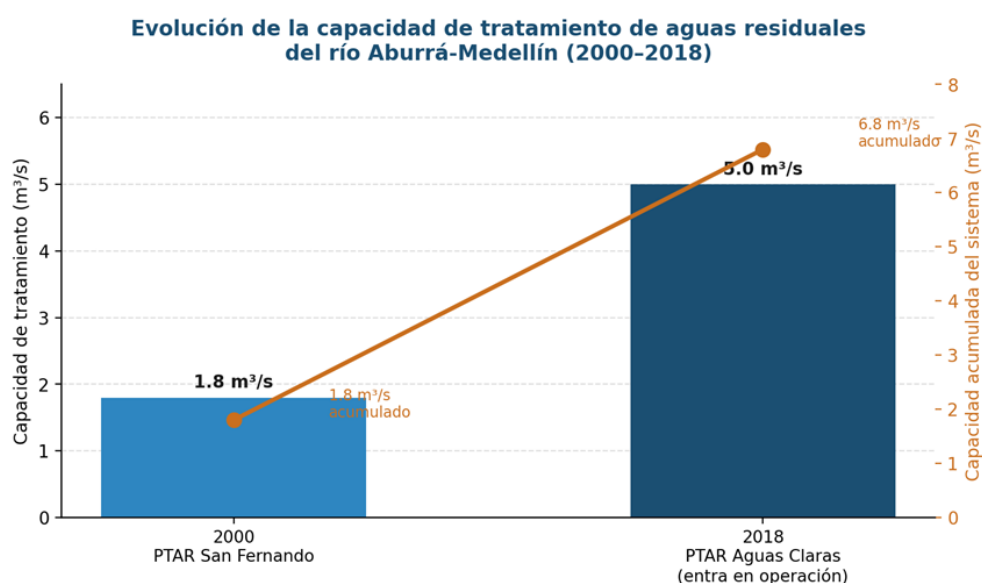
Tabla 4 *Hitos de la infraestructura de saneamiento del río Aburrá-Medellín.*

Hito	Año	Descripción técnica
PTAR San Fernando (Itagüí)	2000	Primera planta de tratamiento del programa; capacidad 1,8 m ³ /s; inicio de la recuperación del río en el sur del valle.
Interceptor Norte	2015–2018	Túnel de 7,7 km de longitud y diámetros de 2,2 a 2,4 m; conduce aguas residuales de Medellín y Bello hacia Aguas Claras.
PTAR Aguas Claras (Bello)	2018	Planta más grande y moderna del país; capacidad 5,0 m ³ /s; sirve a cerca de 2,2 millones de habitantes.
Programa Centro Parrilla	2015–actual	Modernización de redes de acueducto y alcantarillado del centro de Medellín.
Renovación interceptor Oriental	2023–2025	Rehabilitación de tramos afectados por el aumento de caudales y sedimentos asociados a la variabilidad climática.
Modelización hidráulica de redes (EPM–IDOM)	2023–2025	Modelación de más de 1.000 km de redes de saneamiento para optimizar operación e inversión futura.

Fuente: Elaboración propia con base en EPM (s.f.), Sociedad Colombiana de Ingenieros (s.f.) e IDOM (2025).

Pese a estos avances, el propio proceso ha enfrentado dilaciones, el seguimiento realizado por Medellín Cómo Vamos advirtió que el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del río ha tenido retrasos constantes, lo que afecta la calidad del agua y, en consecuencia, la sostenibilidad metropolitana; en su momento, solo una minoría de las estaciones de monitoreo del río reportaban niveles aceptables de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno, con mayor contaminación en el tramo urbano central del valle (Medellín Cómo Vamos, s.f).

Figura 1. *Evolución de la capacidad de tratamiento de aguas residuales del sistema PTAR San Fernando-PTAR Aguas Claras (2000–2018).*



Fuente: Elaboración propia con base en EPM (s.f.), Sociedad Colombiana de Ingenieros (s.f.) e IDOM (2025).

4.5 Cobertura de acueducto y alcantarillado: una brecha urbano-rural persistente

A escala nacional, la cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado sigue siendo desigual. Según cifras de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y del Ministerio de Vivienda, en 2024 solo el 79 % de los municipios del país reportó avances adecuados en cobertura urbana de acueducto, y apenas el 9,7 % de los

municipios garantizaba agua apta para consumo humano en zonas rurales, frente a un 56 % en zonas urbanas (Minvivienda, 2025).

En Antioquia, la cobertura promedio departamental de acueducto es del 91,9 % y la de alcantarillado del 82,9 %, cifras que según analistas del sector están fuertemente impulsadas por el desempeño de los municipios del Valle de Aburrá. En contraste, subregiones como el Bajo Cauca registran coberturas de apenas 29,2 % en acueducto y 21,5 % en alcantarillado, evidenciando una brecha estructural entre el área metropolitana y el resto del departamento (Infobae, 2024).

Tabla 5 *Comparativo de coberturas de acueducto y alcantarillado.*

Territorio	Cobertura acueducto	Cobertura alcantarillada
Medellín (zona urbana)	≈ 98 %	≈ 97 %
Antioquia (promedio departamental)	91,9 %	82,9 %
Bajo Cauca antioqueño	29,2 %	21,5 %
Zonas rurales del país (promedio nacional)	Agua apta: 9,7 % de municipios	N.D.

Fuente: Elaboración propia con base en Infobae/El Colombiano (2024) y Minvivienda (2025).

Esta comparación evidencia que el Valle de Aburrá funciona como un polo de excelencia relativa dentro del panorama antioqueño y nacional, resultado de más de cuatro décadas de inversión sostenida por parte de EPM y de la articulación institucional con el AMVA, sin embargo, ello no exime a la región de retos importantes, como se expone a continuación.

4.6. El Valle de Aburrá frente al crecimiento urbano y el cambio climático

El Plan de Gestión 2024-2027 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá identifica el sistema regional del agua como una de sus temáticas críticas. Entre las causas que agravan la problemática del recurso hídrico se señalan el saneamiento insuficiente en zonas rurales y periurbanas, la baja prioridad social otorgada al cuidado de

las cuencas y el deterioro de la vegetación, factores que incrementan los movimientos en masa, las avenidas torrenciales y las inundaciones en las planicies del valle (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Plan de Gestión 2024).

Un reciente balance sobre el futuro de Medellín en relación con el río y las quebradas señaló que persisten retos relevantes: crecimiento urbano no planificado, conexiones erradas de aguas residuales a los sistemas pluviales, vertimientos informales y ocupación indebida de los cauces, factores que obligan a seguir fortaleciendo tanto la infraestructura de saneamiento como la gestión integral de las cuencas (Notas y Noticias, 2026).

A esto se suma la variabilidad climática: episodios de lluvias intensas han generado volúmenes de agua superiores a los previstos en el diseño original de algunos interceptores, arrastrando sedimentos que desgastan la tubería y comprometen la vida útil de la infraestructura, como ocurrió recientemente con el interceptor Oriental, el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), operado con apoyo del AMVA, es hoy una herramienta central para el monitoreo hidrometeorológico y la toma de decisiones frente a estos riesgos (EPM, s.f).

4.7. Inversión pública: el Plan de Acción 2025 del AMVA y el recurso hídrico

El Plan de Acción 2025 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, adoptado mediante Resolución Metropolitana del 31 de enero de 2025, contempla un presupuesto total cercano a \$533.168 millones de pesos para la vigencia, distribuido entre las cinco líneas estratégicas del Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2021-2032, dentro de la Línea 2 «Aburrá sostenible y sustentable», el Programa 6 «Nuestro río Aburrá – Medellín» concentra buena parte de los proyectos directamente relacionados con redes de saneamiento, monitoreo hídrico y atención de cauces (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Resolución Metropolitana, Plan de Acción 2025).

Tabla 6 *Proyectos e inversión asociados al recurso hídrico en el Plan de Acción 2025 del AMVA (selección).*

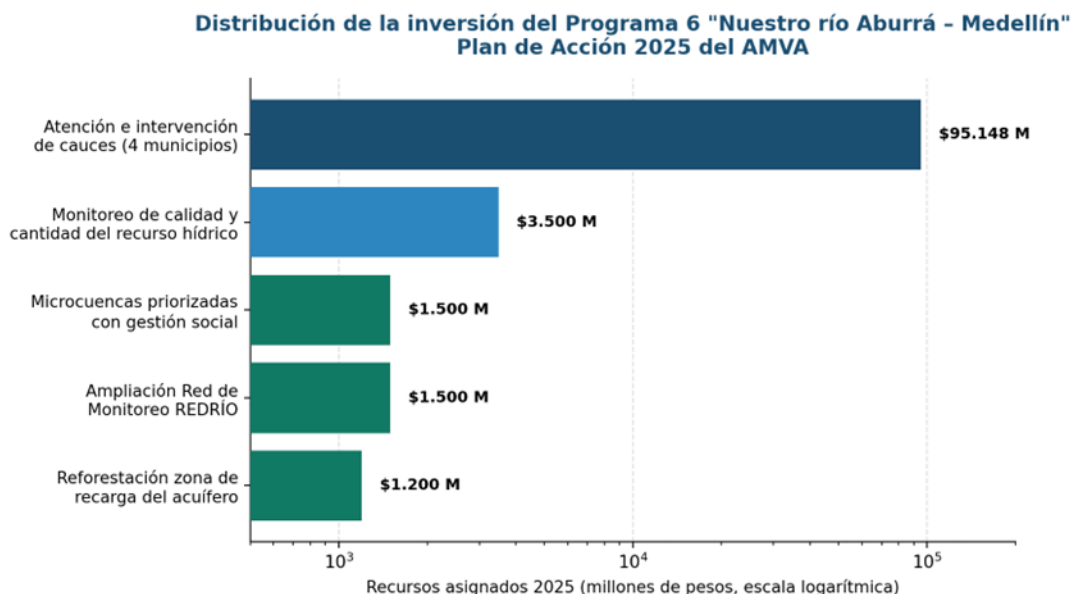
Proyecto / meta	Meta cuantitativa 2025	Recursos asignados
Monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico superficial y subterráneo	2 informes	\$3.500.000.000
Microcuencas priorizadas con modelo de gestión y apropiación social	27 microcuencas	\$1.500.000.000
Ampliación de la Red de Monitoreo Ambiental REDRÍO (componente automático)	1	\$1.500.000.000
Reforestación de la zona de recarga directa del acuífero del Valle de Aburrá	10 ha	\$1.200.000.000
Atención e intervención de cauces del territorio urbano	4 municipios	\$95.148.000.000
Apoyo a la construcción del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado municipal	1	Sin apropiación específica

Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Acción 2025, Programa 6 «Nuestro río Aburrá- Medellín».

La magnitud del rubro destinado a la atención de cauces más de \$95.000 millones de pesos, la partida más alta de esta selección confirma que la gestión hídrica del valle no se limita a la red de alcantarillado convencional: exige intervenir de manera integral las quebradas y corrientes naturales que hacen parte del sistema hídrico regional, un componente donde la ingeniería civil, la ingeniería ambiental y la geotecnia trabajan de manera interdisciplinaria.

A este esfuerzo institucional del AMVA se suma la inversión directa de EPM en sus sistemas de acueducto y alcantarillado en el área que atiende, la cual, según reportes recientes, ronda cerca de un billón de pesos anuales, distribuidos entre el fortalecimiento de los sistemas de agua potable y el mejoramiento de infraestructura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, con cifras crecientes respecto a la vigencia anterior (La Prensa Oriente, 2026).

Figura 2 Distribución de la inversión del Programa 6 “Nuestro río Aburrá – Medellín”, Plan de Acción 2025 del AMVA.



Fuente: Elaboración propia con base en el Plan de Acción 2025, Programa 6 «Nuestro río Aburrá- Medellín».

4.8. El rol de la ingeniería civil en la planificación y el ordenamiento territorial para la sostenibilidad de las redes

Todo lo descrito hasta aquí como la normativa, infraestructura, coberturas, riesgo climático e inversión converge en un mismo punto: la ingeniería civil es la disciplina que traduce estas necesidades en soluciones construibles, seguras y duraderas. En el caso del Valle de Aburrá, el ejercicio profesional se despliega en frentes concretos:

- a) Diseño hidráulico de redes de alcantarillado sanitario y pluvial conforme al RAS, incluyendo el cálculo de caudales de diseño bajo escenarios de cambio climático.
- b) Modelación numérica de redes existentes como el proyecto adelantado por EPM e IDOM sobre más de 1.000 km de tubería para priorizar inversiones y anticipar fallas.

- c) Rehabilitación y renovación de interceptores y colectores sometidos a esfuerzos crecientes por el aumento de caudales extremos.
- d) Gestión del riesgo en infraestructura, articulando estudios de amenaza por movimientos en masa y avenidas torrenciales con el diseño estructural e hidráulico.
- e) Interventoría y supervisión de obras financiadas con recursos públicos, como los contemplados en el Plan de Acción del AMVA y los planes maestros de acueducto y alcantarillado municipales.

Estas actividades exigen del ingeniero civil no solo dominio técnico, sino capacidad de trabajo interdisciplinario con ingenieros ambientales, sanitarios, geólogos y planificadores urbanos, así como comprensión del marco institucional en el que operan entidades como EPM, el AMVA y los municipios.

4.9. Herramientas de planeación y obligatoriedad normativa: MapGIS, perímetro de servicios y saneamiento básico en zonas sin cobertura

Un instrumento fundamental para el ingeniero civil que participa en procesos de planificación y ordenamiento territorial es el geoportal corporativo de EPM, cuyo visor MapGIS permite consultar en línea el área de prestación efectiva y el perímetro de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como la localización de las redes existentes y su estado. La superposición de estas capas donde el perímetro o la cota de servicios, de un lado, y las redes físicamente construidas, del otro constituye un ejercicio diagnóstico esencial: en numerosos municipios del área metropolitana, y de forma más marcada en el resto de Antioquia, el perímetro de servicios se encuentra definido y aprobado, pero la red no alcanza a cubrirlo en su totalidad, o la cota de servicios se ubica muy por encima de la cota real de la red existente, lo que evidencia una deficiencia de cobertura que debe traducirse en proyectos concretos de extensión, reposición o construcción de redes (Geoportal EPM, s.f.; EPM, s.f).

Esta lectura no es solo técnica, sino normativa, a ello la Constitución Política, en sus artículos 365 a 367, consagra la universalidad y la eficiencia en la prestación de los

servicios públicos domiciliarios como deberes del Estado, y la Ley 142 de 1994 asigna a los municipios la responsabilidad primigenia de asegurar dicha prestación dentro de su jurisdicción. En consecuencia, dentro del perímetro urbano definido por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), las empresas prestadoras están en la obligación de expedir la certificación de viabilidad y disponibilidad inmediata de los servicios de acueducto y alcantarillado cuando les sea solicitada, y de habilitar o extender las redes correspondientes; solo fuera de dicho perímetro, o en suelo rural disperso, resulta admisible acudir a soluciones alternativas o individuales. Reconocer con precisión, mediante herramientas como el MapGIS, en qué casos existe esta obligatoriedad dentro del perímetro urbano es, por tanto, un insumo indispensable para la formulación de proyectos, la expedición de licencias urbanísticas y la revisión de los instrumentos de ordenamiento territorial (Constitución Política de Colombia, arts. 365-367; Ley 142 de 1994; EPM, instructivo para la referenciación de los sistemas de acueducto y alcantarillado, s.f).

De ahí la importancia de llevar proyectos de saneamiento básico de agua potable y de aguas residuales a las porciones del suelo urbano que, pese a estar dentro del perímetro de servicios, todavía no cuentan con redes: dejar estas áreas sin atención perpetúa soluciones precarias de abastecimiento y vertimiento, contraviene el mandato constitucional de priorizar el gasto público social en saneamiento ambiental y agua potable (artículo 366 de la Constitución Política) y compromete la salud pública y la calidad ambiental del territorio, el ingeniero civil, en su rol de planificador y diseñador, debe identificar estas zonas a través de los programas de ejecución de los planes de ordenamiento territorial (Ley 388 de 1997) y traducirlas en proyectos de infraestructura debidamente priorizados (Constitución Política de Colombia, art. 366; Ley 388 de 1997).

La misma lógica se extiende, con matices, a los centros poblados rurales, el Decreto 1077 de 2015 que es el Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, adicionado por el Decreto 1898 de 2016 y desarrollado por la Resolución 0844 de 2018 del entonces Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, estableció esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en

zonas rurales, distinguiendo entre los centros poblados rurales o núcleos de población donde resulta viable implementar sistemas colectivos de acueducto y alcantarillado y la vivienda rural dispersa, para la cual se privilegian soluciones individuales de saneamiento básico, en los términos del artículo 99 de la Ley 1753 de 2015; para el ingeniero civil, esto significa que la planificación del saneamiento básico en el suelo rural no puede limitarse a extender el modelo convencional de redes: exige clasificar correctamente el territorio conforme a las categorías de suelo rural definidas en el POT, PBOT o EOT municipal, y diseñar la solución técnica tanto colectiva o individual que corresponda a cada asentamiento (Decreto 1077 de 2015; Decreto 1898 de 2016; Resolución 0844 de 2018, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio 2015, art. 99).

En síntesis, la ingeniería civil es la profesión que, dentro de sus competencias propias, ejerce el diseño, la interventoría, la supervisión y la construcción de los sistemas de saneamiento básico, y que, por esa vía, participa directamente en la formulación de proyectos, políticas públicas y requisitos técnicos que orientan la planificación y el ordenamiento territorial de los municipios del Valle de Aburrá y de Antioquia en general. Cerrar la brecha entre el perímetro de servicios formalmente definido y la red físicamente construida —tanto en el suelo urbano sin cobertura como en los centros poblados rurales— es, en esa medida, tanto un reto técnico como una responsabilidad social y normativa del ingeniero civil contemporáneo.

5. Conclusiones

El Valle de Aburrá cuenta con uno de los sistemas de saneamiento más avanzados del país, resultado de más de tres décadas de inversión continua materializada en plantas como San Fernando y Aguas Claras, que hoy tratan más del 84 % de las aguas residuales generadas en la región, persiste sin embargo, una brecha entre el desempeño del área metropolitana y el resto del departamento de Antioquia, especialmente en zonas rurales, lo que confirma que los logros del Valle de Aburrá no son representativos del panorama regional ni nacional.

El cambio climático y la variabilidad en los regímenes de lluvia están exigiendo una revisión permanente de los criterios de diseño hidráulico originalmente empleados,

así como inversiones crecientes en rehabilitación de infraestructura existente, por lo que el crecimiento urbano no planificado, las conexiones erradas, la ocupación de cauces continúan siendo desafíos estructurales que trascienden la ingeniería y requieren articulación con la planificación territorial y la cultura ciudadana.

El marco normativo vigente en el RAS y la Resolución 0330 de 2017 provee las bases técnicas necesarias pero su aplicación efectiva depende de la capacidad institucional y financiera de los municipios, evidenciada en las diferencias de cobertura entre territorios, finalmente, la inversión pública metropolitana, reflejada en el Plan de Acción 2025 del AMVA, demuestra una apuesta sostenida por la gestión integral del recurso hídrico, más allá de la red de alcantarillado convencional, incorporando monitoreo, reforestación y atención de cauces.

6. Reflexiones sobre el quehacer profesional y su valor para el seminario de investigación

Al abordar la situación de las redes de acueducto y alcantarillado del Valle de Aburrá desde la perspectiva de la ingeniería civil permite comprender que la infraestructura urbana no es un fin en sí misma, sino un medio para garantizar salud pública, calidad ambiental y desarrollo territorial, en el contexto actual de Medellín, donde conviven una infraestructura de saneamiento de referencia nacional con retos persistentes de crecimiento urbano y variabilidad climática, el ingeniero civil se enfrenta a la necesidad de pensar sus diseños no como soluciones estáticas, sino como sistemas que deben adaptarse a condiciones cambiantes.

Para los procesos de formación en seminario de investigación, este ejercicio resulta particularmente valioso por varias razones, en primer lugar, obliga al estudiante a integrar fuentes de naturaleza distinta de normativa técnica, la información institucional, la prensa especializada, los datos oficiales y a contrastarlas críticamente, una competencia central en cualquier trabajo investigativo; en segundo lugar, permite identificar vacíos de información y de gestión como la brecha urbano-rural en cobertura o los retrasos en la ejecución de planes de saneamiento que pueden convertirse en

preguntas de investigación concretas y pertinentes para un trabajo de grado en ingeniería civil.

En tercer lugar, el caso del Valle de Aburrá ofrece un laboratorio real y cercano para explorar líneas de investigación aplicada tales como la modelación hidráulica de redes existentes, la evaluación de la resiliencia de interceptores frente a eventos extremos, el diseño de soluciones no convencionales de saneamiento para zonas rurales o periurbanas, o el análisis costo-beneficio de estrategias de adaptación climática en infraestructura hídrica; finalmente, este tipo de análisis fortalece en el futuro ingeniero una mirada ética y territorial de su profesión al diseñar y construir redes de acueducto u alcantarillado en el Valle de Aburrá lo que no es solo un ejercicio técnico, es más una contribución directa a la calidad de vida de millones de personas, a la recuperación de un río que durante décadas fue sinónimo de contaminación y hoy es un símbolo de transformación urbana en construcción.

7. Referencias

- Aclima. (2024, octubre 2). Nueva Resolución 0330 de 2017 - Reglamento Técnico - RAS (Colombia). <https://aclima.eus/en/noticia/nueva-resolucion-0330-de-2017-reglamento-tecnico-ras-colombia/>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2025, enero 31). Resolución Metropolitana por la cual se adopta el Plan de Acción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá para la vigencia 2025.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2024). Anexos del Plan de Gestión 2024-2027. https://www.metropol.gov.co/Transparencia/06%20Participa/01%20DiagnosticoIdentificacionProblemas/1.1%20PublicacionTemasInteres/PlanGestion2024_2027/ANEXOS%20PLAN%20DE%20GESTI%C3%93N.pdf
- Constitución Política de Colombia [Const.]. (1991). Artículos 49, 365, 366 y 367.
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios.

Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997, por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y se dictan otras disposiciones (Ley de Ordenamiento Territorial).

Congreso de Colombia. (2015). Ley 1753 de 2015, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, artículo 99.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). Decreto 1898 de 2016, por el cual se adiciona el Título 7 a la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en relación con los esquemas diferenciales de prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas rurales.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2018). Resolución 0844 de 2018, por la cual se establecen los esquemas diferenciales de prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas rurales.

EPM. (s.f.). Geoportal EPM. <https://www.epm.com.co/clientesyusuarios/geoportal/>

EPM. (s.f.). Instructivo para la referenciación de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

EPM. (s.f.). EPM renueva el interceptor Oriental como gran contribución al saneamiento del río Aburrá – Medellín. <https://www.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-renueva-el-interceptor-oriental-como-gran-contribucion-al-sa.html>

EPM. (s.f.). EPM inauguró Aguas Claras, la planta de tratamiento de aguas residuales más grande y moderna del país. <https://www.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-inauguro-aguas-claras-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-mas-grande-y-moderna-del-pais/>

EPM. (s.f.). Saneamiento del río Aburrá-Medellín, una estrategia de desarrollo de región. <https://www.epm.com.co/institucional/linkedin/saneamiento-del-rio-aburra-medellin-una-estrategia-de-desarrollo-de-region/>

- Grupo EPM. (s.f.). Preguntas y respuestas frecuentes — Aguas Nacionales.
<https://www.grupo-epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/preguntas-y-respuestas-frecuentes/>
- IDOM. (2025, junio 9). Modelización de redes de saneamiento en el Valle de Aburrá.
<https://www.idom.com/proyecto/modelizacion-de-redes-de-saneamiento-en-el-valle-de-aburra/>
- Infobae. (2024, octubre 7). Crisis en Antioquia por falta de acueducto y alcantarillado: solo 4 de cada 10 habitantes de zonas rurales tienen agua potable.
<https://www.infobae.com/colombia/2024/10/07/crisis-en-antioquia-por-falta-de-acueducto-y-alcantarillado-solo-4-de-cada-10-habitantes-de-zonas-rurales-tienen-agua-potable/>
- La Prensa Oriente. (2026). Rionegro y el Valle de Aburrá recibirán millonarias obras de acueducto y alcantarillado de EPM.
<https://www.laprensaoriente.info/actualidad/rionegro-y-el-valle-de-aburra-recibiran-millonarias-obras-de-acueducto-y-alcantarillado-de-epm/>
- Medellín Cómo Vamos. (2016, agosto 25). Retrasos en la ejecución del Plan de Saneamiento del Río Aburrá nublan la ejecución de la Planta Bello y Centro Parrilla. <https://www.medellincomovamos.org/node/25377>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).
<https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, Título K.
https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-k_18-septiembre-2020.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). 280 municipios de Colombia registraron en 2024 un riesgo alto en el uso de recursos del Sistema General de

- Participación para Agua Potable y Saneamiento. <https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/280-municipios-de-colombia-registraron-en-2024-un-riesgo-alto-en-el-uso-de-recursos-del-sistema-general-de-participacion-para-agua-potable-y>
- Notas y Noticias. (2026). Medellín se juega su futuro entre el río, las quebradas y riesgos invisibles. <https://notasynoticiasenred.com/medellin-se-juega-su-futuro-entre-el-rio-las-quebradas-y-riesgos-invisibles/>
- Sociedad Colombiana de Ingenieros. (s.f.). Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales «Aguas Claras», proyecto postulado al Premio Nacional de Ingeniería. <https://sci.org.co/disenio-de-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-aguas-claras-proyecto-postulado-al-premio-nacional-de-ingenieria/>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024, diciembre). Informe nacional de coberturas de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Coberturas-AAA-2023.pdf>
- Wikipedia. (s.f.). Área metropolitana del Valle de Aburrá. https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_metropolitana_del_Valle_de_Aburr%C3%A1