

**Análisis documental desde un enfoque de gestión de activos, para mitigar pérdidas reales
en la red de distribución de agua de Neiva (Huila)**

Juan Camilo Velandia Laguna

Luis Felipe Campos Cardenas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de ciencias administrativas, contables, económicas y de negocios - ECACEN

Especialización en Gestión de Proyectos

Neiva

2026

Resumen

Este estudio analiza alternativas para mitigar las pérdidas reales en la red de distribución de agua potable de Neiva, Huila, mediante una revisión documental orientada por gestión de activos. El trabajo integra literatura científica, lineamientos regulatorios y evidencia institucional obtenida a través de requerimientos formales al prestador. La disponibilidad de información delimita el análisis territorial, debido a restricciones para acceder a cartografía de sectorización y a la delimitación de zonas de presión. En términos de desempeño, el Índice de Agua No Contabilizada reporta 55,05 por ciento en 2020 y 51,85 por ciento en 2022, lo que sugiere variaciones que requieren explicación operativa y consistencia en la trazabilidad del dato. El estudio examina registros UCO correspondientes a enero a agosto de 2025 y consolida 713 eventos clasificados como FUGA RDP y 737 como FUGA ACO, junto con 151 entradas asociadas a excavación y 12 a reparacheo. Estos recuentos provienen del bloque del archivo con texto legible, limitado a 33 páginas, por lo que representan un recorte verificable del conjunto documental disponible. El análisis identifica vacíos de información y valores anómalos en campos críticos, como magnitudes negativas o registros incompletos, lo cual afecta la estimación de pérdidas y la priorización de intervenciones. En respuesta, se propone fortalecer el control de calidad del dato con reglas de rango y validaciones, mejorar la trazabilidad entre incidentes y activos, y consolidar un inventario operativo que soporte decisiones de inspección, reparación y monitoreo. Se describe un piloto de telemetría en Palermo como insumo para aprendizaje operativo.

Palabras clave: agua no contabilizada, pérdidas reales, gestión de activos, calidad del dato, telemetría.

Abstract

This study examines alternatives to mitigate real water losses in the drinking water distribution network of Neiva, Huila, through a document-based review guided by asset management. The analysis integrates peer-reviewed literature, regulatory guidance, and institutional evidence obtained through formal requests to the local service provider. Data availability constrains spatial assessment because the provider reports restrictions on access to sectorization mapping and pressure-zone delineation. Regarding performance, the Non-Revenue Water index registers 55.05 percent in 2020, according to the reviewed institutional table. In 2022, the indicator reaches 51.85 percent, which calls for operational explanations and consistent data traceability. This approach frames losses as observable events linked to assets, enabling prioritization based on risk, service impact, and operational feasibility for local utilities. The study reviews UCO records from January to August 2025 and consolidates 713 entries classified as FUGA RDP and 737 entries classified as FUGA ACO. The dataset includes 151 entries associated with excavation and 12 entries associated with patching, based on extraction from 33 pages with readable text. Therefore, these counts represent a verifiable subset of the available documentation. The review detects missing fields and anomalous values in critical variables, including negative magnitudes and incomplete records, which affect loss estimation and intervention prioritization. In response, the study proposes data-quality controls through range rules and validation checks, together with traceability between incidents and assets. In this way, an operational inventory can support decisions on inspection, repair, and monitoring. Finally, the document describes a telemetry pilot in Palermo as input for operational learning.

Keywords: non-revenue water, real losses, asset management, data quality, telemetry, ajsndasdasdasd

Tabla de contenido

Introducción	14
Planteamiento del problema.....	17
Objetivos	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos	20
Justificación	21
Marco referencial	24
Marco teórico	24
Gestión de activos basada en riesgo.....	24
Relación presión-fuga y gestión de presiones.....	25
Teoría de confiabilidad y análisis de supervivencia de activos (modelos de riesgo) aplicada a tuberías.....	26
Teoría de análisis de decisión multicriterio (MCDA/MCDM) para priorizar intervenciones	27
Marco conceptual.....	29
Infraestructura de redes.....	30
Integridad y renovación de activos	31
Distribución de agua	32
Sectorización y distritos de medida (DMAs).....	33

Marco normativo.....	34
Ley 142 (1994).....	34
Ley 373 (1997).....	35
Ley 1755 de 2015.....	37
Metodología	39
Tipo de investigación.....	39
Enfoque de investigación.....	40
Instrumentos.....	41
Estrategia de análisis y presentación de resultados.....	41
Resultados.....	43
Propósito y ruta de presentación de resultados	43
Objetivo específico: Cambios tecnológicos y estructurales.....	44
Medición y modernización tecnológica	45
Reposición de micromedición.....	47
Medición y digitalización	49
Telemetría y lectura remota	53
Operación hidráulica.....	54
Gestión de presiones y sectorización	59
Objetivo específico: Causas técnicas operativas e institucionales asociadas a pérdidas ..	59
Pérdidas reales tipología de falla	62

Fugas en acometidas	65
Fugas en red principal.....	66
Integridad de activos.....	67
Material y diámetro en eventos.....	68
Eficiencia operativa	70
Tiempos de reparación y maniobras	71
Calidad del dato y registro	72
Gobernanza institucional	72
Acceso a información y limitaciones.....	74
Objetivo específico: Oportunidades de mejora y portafolio.....	74
Línea base y metas	75
IANC histórico.....	77
Trazabilidad operativa y gestión de activos.....	78
Sistema UCO 2023 a 2025.....	79
Integración UCO con inventario de activos.....	81
Síntesis integradora.....	82
Discusiones	88
Propósito y ruta de la discusión	88
Objetivo específico. Cambios tecnológicos y estructurales.....	89
Medición y modernización tecnológica.....	90

Reposición de micromedición.....	91
Medición y digitalización	92
Telemetría y lectura remota	93
Operación hidráulica.....	94
Gestión de presiones y sectorización	95
Objetivo específico: Causas técnicas, operativas e institucionales asociadas a pérdidas .	96
Pérdidas reales y tipología de falla	96
Fugas en acometidas	97
Fugas en red principal.....	98
Integridad de activos.....	99
Material y diámetro en eventos.....	101
Eficiencia operativa	102
Tiempos de reparación y maniobras	103
Calidad del dato y registro	104
Gobernanza institucional	105
Acceso a información y limitaciones.....	106
Objetivo específico: Oportunidades de mejora y portafolio.....	107
Línea base y metas	107
IANC histórico.....	108
Trazabilidad operativa y gestión de activos.....	109

Sistema UCO (2023–2025).....	109
Integración UCO con inventario de activos.....	110
Síntesis integradora de la discusión	111
Conclusiones	114
Referencias.....	117
Apéndices.....	125

Lista de figuras

Figura 1	<i>Duración de reparación (horas) según UCO</i>	55
Figura 2	<i>Indicadores de calidad del dato en UCO</i>	61
Figura 3	<i>Limitaciones del registro UCO y control de calidad de datos</i>	65

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Balance hídrico reportado por el prestador y aproximación del volumen no contabilizado, 2015–2024 y sep. 2025.....</i>	47
Tabla 2 <i>Soportes de medición y digitalización reportados para el seguimiento del sistema</i>	51
Tabla 3 <i>Indicadores operativos y evidencia numérica disponible en el registro UCO para seguimiento hidráulico.....</i>	57
Tabla 4 <i>Indicadores cuantitativos de calidad del dato en registros UCO.....</i>	62
Tabla 5 <i>Recuento de tipologías y acciones operativas registradas en UCO ene–ago 2025</i>	63
Tabla 6 <i>Síntesis de resultados de la revisión documental sobre pérdidas de agua en redes de distribución de Neiva</i>	83

Lista de Apéndices

Apéndice A. <i>Matriz de extracción y análisis de evidencia</i>	125
Apéndice B. <i>Matriz de trazabilidad (objetivos-categorías-fuentes)</i>	143
Apéndice C. <i>Derecho de petición</i>	151
Apéndice D. <i>Registro UCO 2025</i>	159

Introducción

La gestión eficiente del agua potable se ha convertido en un reto para ciudades de distintos tamaños, debido a presiones asociadas al crecimiento urbano, la variabilidad climática y la necesidad de reducir consumos energéticos en captación, tratamiento y bombeo. En ese escenario, la reducción de pérdidas en redes de distribución se relaciona con la sostenibilidad del recurso y con el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, que orienta a garantizar disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento. Esta discusión sitúa la eficiencia de redes como un asunto técnico, operativo y de planeación, cuyo impacto trasciende la infraestructura y alcanza la continuidad del servicio y la seguridad hídrica urbana.

En Colombia, el sector de acueducto opera bajo exigencias de calidad, continuidad y eficiencia que demandan decisiones trazables de inversión y mantenimiento. La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2021) y el esquema de supervisión sectorial han promovido la medición, el control de pérdidas y el fortalecimiento del balance hídrico como prácticas necesarias para sostener desempeño y transparencia. En este marco, la gestión de activos aporta un enfoque para organizar decisiones sobre operación, mantenimiento y renovación, con criterios verificables de condición, criticidad y riesgo. Esta perspectiva resulta pertinente cuando la red combina envejecimiento de componentes, expansión de cobertura y presiones operativas que incrementan probabilidad de fugas y roturas.

El estudio se desarrolla en Neiva, capital del departamento del Huila, donde la prestación del servicio urbano se analiza a partir de la evidencia documental reportada por Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. La serie revisada del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) ubica valores altos que oscilan entre 53% y 61% en el periodo examinado, lo cual sustenta la existencia de un problema operativo y financiero que demanda priorización de

intervenciones. La magnitud del indicador sugiere pérdidas reales y aparentes que presionan costos de producción, reducen ingresos por facturación y obligan a operar con mayores volúmenes para sostener niveles de servicio. Este escenario también incrementa exposición a fallas de mayor impacto cuando el control de presiones y la renovación de tramos se retrasan, con efectos sobre continuidad y atención de emergencias.

Desde la óptica de la Especialización en Gestión de Proyectos, la mitigación de pérdidas se vincula con la optimización de recursos y con la necesidad de convertir diagnósticos en decisiones comparables de inversión. La gestión por portafolio permite organizar alternativas, definir criterios de priorización y establecer metas escalonadas con indicadores antes y después. Este enfoque beneficia al prestador al mejorar trazabilidad y disciplina de seguimiento; también favorece a los usuarios al reducir recurrencias de interrupciones y mejorar eficiencia; a su vez, ofrece lecciones transferibles a ciudades intermedias con restricciones de información y presupuesto.

En coherencia con lo anterior, la pregunta de investigación se formula así; ¿Cuáles son las alternativas de mitigación documentadas para reducir pérdidas reales en la infraestructura y la operación de la red de distribución de agua de Neiva, a partir de evidencia histórica, tecnológica y normativa disponible para el prestador local? En función de esta pregunta, el trabajo busca identificar los cambios tecnológicos y estructurales que han incidido en el control de pérdidas, analizar las causas técnicas, operativas e institucionales asociadas a las fugas y proponer una ruta de decisión sustentada en experiencias documentadas a nivel nacional e internacional.

La metodología corresponde a una revisión documental cualitativa. El estudio analiza fuentes secundarias como artículos científicos, normas e informes sectoriales; también incorpora evidencia institucional obtenida mediante Peticiones, Quejas y Reclamos (PQR) dirigidas al

prestador, con insumos como series del IANC, registros operativos y reportes de proyectos. La información se organiza con instrumentos de extracción y trazabilidad para sostener consistencia entre objetivos, categorías y fuentes directas consultadas. El documento se estructura en secciones que presentan el marco referencial, la metodología, los resultados y su discusión, y culmina con conclusiones y un portafolio de alternativas de mitigación, junto con referencias y anexos que soportan el análisis.

Planteamiento del problema

Las pérdidas de agua en redes de distribución limitan la sostenibilidad operativa y financiera de los prestadores, al tiempo que afectan la continuidad y la calidad del servicio urbano. En Colombia, los reportes sectoriales han evidenciado rezagos en eficiencia y brechas entre el agua producida y la facturada, situación que exige orientar acciones sistemáticas de control de pérdidas, fortalecimiento de la medición y gestión de presiones (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD], 2023).

En el contexto local de Neiva, la empresa prestadora Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. reportó un Índice de Agua No Contabilizada (IANC) de 55,1% en 2020, 53,0% en 2021 y 51,0% en 2022. Aunque se observa una reducción, los valores continúan por encima del parámetro máximo del 30% de agua no contabilizada que la regulación ha señalado como referencia para el reconocimiento tarifario de pérdidas, lo cual evidencia la persistencia de un reto técnico y comercial para la eficiencia del sistema de distribución (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2023; Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014).

De acuerdo con los informes institucionales, la mitigación del IANC se ha abordado mediante intervenciones que incluyen la sectorización de redes, la instalación de macromedidores y válvulas de regulación de presión, la reposición masiva de micromedidores por vida útil y la identificación de fraudes, además de la renovación puntual de redes. Por ejemplo, entre 2020 y 2022 el programa de sectorización fase II subdividió la red en 10 sectores y 52 circuitos e incorporó elementos de control (p. ej., válvulas y macromedición), mientras que la micromedición instaló 26.188 medidores y reportó detección de 48 fraudes, medidas asociadas con la reducción del indicador (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2023).

El fenómeno integra componentes físicos y comerciales; no obstante, la literatura reciente subraya el rol de la gestión de presiones y la sectorización en distritos de medida (DMAs) para reducir fugas y focalizar intervención. De acuerdo con Tian et al. (2023), el control optimizado mediante válvulas reductoras de presión reduce caudales de fuga y estabiliza el régimen hidráulico, mientras que el diseño de DMAs con criterios de particionamiento mejora el balance hídrico y la detección activa. En consecuencia, la articulación entre control de presiones, macro/micromedición y mantenimiento programado se configura como eje técnico para disminuir el agua no contabilizada (Wei et al., 2025).

La transición digital aporta herramientas para acelerar el hallazgo de fugas y acotar tiempos de respuesta. Estudios recientes reportan esquemas basados en aprendizaje profundo y procesamiento de señales acústicas y de presión que elevan la precisión de detección y la localización en escenarios reales (Yu et al., 2024). Estos enfoques emplean imágenes de distribución de presión, interpolación espacial y modelos convolucionales o generativos para identificar anomalías bajo condiciones variables, lo que habilita priorización de sectores y mejora del control operativo. El reto para ciudades intermedias radica en madurar estas capacidades sobre datos de campo y telemetría confiable, asegurando trazabilidad y análisis reproducible.

Pese a estos avances, persiste una brecha entre las soluciones descritas en la literatura y su adopción sostenida en contextos locales con restricciones de información, presupuesto y gobernanza. El marco estratégico de economía circular del agua en América Latina y los diagnósticos nacionales del recurso advierten tensiones de disponibilidad que demandan eficiencia en redes urbanas y decisiones basadas en evidencia (IDEAM, 2023). A pesar de la existencia de evidencia técnica y normativa sobre estrategias eficaces para la reducción de

pérdidas de agua en redes de distribución, en ciudades intermedias como Neiva persiste una brecha entre el conocimiento disponible y su aplicación sistemática en la planeación, operación y gestión de la infraestructura, lo que limita la toma de decisiones basada en evidencia.

Con base en lo expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación; ¿Cuáles son las alternativas de mitigación documentadas para reducir pérdidas reales en la infraestructura y la operación de la red de distribución de agua de Neiva, a partir de evidencia histórica, tecnológica y normativa?

Objetivos

Objetivo general

Analizar, a partir de fuentes documentales históricas, tecnológicas y normativas, alternativas de mitigación para mejorar la infraestructura y la operación de la red de distribución de agua de Neiva (Huila), desde un enfoque de gestión de activos, orientadas a la reducción de pérdidas reales.

Objetivos específicos

Identificar los principales cambios tecnológicos y estructurales en las redes de distribución de agua a lo largo del tiempo que han afectado el control de pérdidas en la ciudad de Neiva mediante revisión documental.

Examinar las causas técnicas, operativas e institucionales asociadas a las pérdidas reales en redes de distribución, a partir de evidencia documental y literatura especializada.

Determinar alternativas de mitigación aplicables al sistema actual, con base en lecciones aprendidas de casos documentados a nivel nacional e internacional.

Justificación

La reducción de pérdidas en redes urbanas se fortalece cuando la operación se organiza por sectores medidos y con control de presiones, dado que ello acorta los tiempos de detección y focaliza la intervención. Experiencias documentadas muestran mejoras al aplicar sectorización con válvulas reguladoras y balance por entradas; en un sub-sistema de la Ciudad de México, la división en DMAs basada en topografía y el uso de PRVs redujeron el porcentaje de fugas en escenarios de simulación verificados con datos locales, al pasar de valores cercanos al 45% hacia configuraciones por debajo del 34% (Santonastaso et al., 2020). Para Neiva, la lección práctica es replicable, sectorizar donde las diferencias de cota son altas y ajustar set-points nocturnos permite estabilizar presiones y disminuir caudales de fuga sin requerir obra mayor inmediata.

En ciudades intermedias latinoamericanas, la adopción de dispositivos de presión diferencial (PDV) dentro de DMAs ha mostrado estabilización de presiones y ahorro hidráulico con relación costo-beneficio favorable frente a esquemas convencionales, como reporta el estudio en Chihuahua (México) con tres PDV instaladas en dos sectores monitorizados (Hernández-Samaniego et al., 2025). Por tal razón estos resultados apoyan para Neiva una estrategia gradual; primero, consolidar sectores con macromedición y puntos de presión; luego, implementar control de presiones en horario valle; finalmente, evaluar tecnologías complementarias según desempeño y factibilidad. El uso disciplinar de indicadores antes-después por sector (mínimo nocturno, variabilidad de presión, roturas) permite verificar mejoras sin depender de grandes campañas instrumentales.

El control de presiones se justifica como una medida preventiva orientada a reducir el riesgo de fallas catastróficas en la red principal. Las presiones elevadas aumentan la probabilidad de roturas en tuberías y aceleran el deterioro por fatiga en uniones y accesorios, lo que

incrementa la exposición a daños de gran efecto y a interrupciones prolongadas del servicio. Por ende, Moslehi y Jalili (2020) documentaron, mediante análisis estadístico con datos de operación, una asociación entre presión máxima y tasas de rotura en redes de distribución. Esta evidencia respalda que la gestión de presiones se trate como una intervención de gestión de activos, ya que reduce eventos de emergencia, acota costos de reparación correctiva y protege la continuidad del servicio. En el caso de Neiva, esta lógica permite priorizar sectores con mayor carga hidráulica y fragilidad de infraestructura.

En este sentido, la justificación también se vincula con la sostenibilidad del recurso hídrico en la región y con la agenda pública de seguridad hídrica. Organización de las Naciones Unidas (2015) planteó en el ODS 6 el compromiso de asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua; por ello, la reducción de pérdidas reales contribuye a disminuir la presión sobre las fuentes, debido a que reduce el volumen que requiere captación, tratamiento y bombeo para sostener niveles de servicio comparables. Esta relación es adecuada para ciudades intermedias, donde las restricciones operativas tienden a intensificarse en periodos secos y los costos energéticos pueden aumentar cuando el sistema necesita producir más agua para compensar fugas. En consecuencia, el estudio respalda decisiones de intervención que favorecen la eficiencia del servicio y conservación del recurso, con criterios coherentes con la gestión de proyectos y la gestión de activos.

Desde la disciplina de la gestión de proyectos, la justificación integra la evidencia técnica con una ruta de trabajo que alinee diagnóstico, priorización y decisiones de intervención. En este sentido, el alcance del estudio es analítico-documental y aplicado; se centra en la infraestructura de redes y en la gestión operativa del sistema de distribución como la sectorización, gestión de

presiones, macro y micromedición, mantenimiento y renovación puntual, incorporando el marco normativo como criterio de trazabilidad y cumplimiento.

El estudio no corresponde a una auditoría operativa ni a un diagnóstico hidráulico instrumentado en campo, y los aspectos económicos se delimitan a una discusión cualitativa de costos de implementación y beneficios operativos reportados en la literatura, sin modelación financiera o tarifaria detallada. Esta delimitación evita dispersión analítica y permite concentrar el análisis en oportunidades técnicas documentadas y transferibles al contexto de Neiva (Özdemir et al., 2021). Desde el punto de vista académico, este estudio contribuye a sistematizar y analizar críticamente la evidencia reciente sobre reducción de pérdidas de agua desde un enfoque de gestión de activos y proyectos, aplicada a ciudades intermedias latinoamericanas, un contexto poco documentado de manera integrada en la literatura.

En síntesis, la justificación articula evidencia comparada y enfoque disciplinar para orientar una ruta aplicable a Neiva: conformar DMAs con fronteras hidráulicas completas, reforzar la macromedición por sector, instrumentar puntos de presión y operar con consignas diferenciadas en horario valle, midiendo impactos con indicadores estándar. El estudio se inscribe en la línea de Desarrollo sostenible y competitividad y la sublínea de Gestión integral de proyectos, al analizar decisiones de infraestructura que impactan eficiencia operativa y sostenibilidad del servicio. Como apoyo metodológico, el pronóstico del mínimo nocturno mediante técnicas de aprendizaje profundo aporta señales tempranas de desviaciones que facilitan la priorización de búsqueda activa y el ajuste fino de presiones, práctica compatible con utilidades que avanzan hacia la digitalización gradual (Lee et al., 2022). Con ello, el estudio sustenta que la sectorización y la gestión de presiones, integradas a la gestión de activos, representan un camino viable para reducir pérdidas en el contexto local.

Marco referencial

Marco teórico

El marco teórico integra enfoques de gestión de activos, teoría hidráulica presión–fuga, modelos de confiabilidad de tuberías y métodos de decisión multicriterio, con el fin de sustentar la identificación y priorización de intervenciones orientadas a la reducción de pérdidas de agua en redes de distribución.

Gestión de activos basada en riesgo

Desde la perspectiva disciplinar de la ingeniería, la gestión de activos basada en riesgo ofrece el marco para decidir, con criterios trazables, dónde intervenir primero en una red de distribución que pierde agua. El enfoque define el contexto de servicio, los niveles de desempeño, los riesgos tolerables y los planes de ciclo de vida, integrando decisiones de mantenimiento, renovación y operación bajo un sistema de gestión verificable. En este sentido, la norma ISO 55002 detalla cómo traducir la política en procesos, indicadores y planes de mejora continua, lo cual habilita priorizaciones transparentes sobre tramos de tubería, sectorización y control de presiones orientados a reducir pérdidas físicas con evidencia documental y auditoría técnica (International Organization for Standardization, 2018).

Para operacionalizar ese marco, la literatura reciente propone esquemas de inversión por etapas que conectan objetivos de desempeño, análisis de fallas y asignación presupuestal. Ramos-Salgado et al. (2022) presentan un marco de cinco pasos que articula diagnóstico, modelación, escenarios y portafolios de intervención, con seguimiento por indicadores y realimentación al plan maestro de activos; su aplicación en una empresa de agua ilustra cómo convergen la priorización de renovación y las acciones operativas para contener pérdidas y roturas bajo restricciones de costo. Esta lógica permite que la revisión histórica documental se

traduzca en rutas de decisión reproducibles y verificables dentro del sistema de gestión de activos

En los últimos años se ha consolidado un componente analítico que fortalece la toma de decisiones; indicadores hidráulicamente consistentes y modelos predictivos de falla. Giustolisi et al. (2024) proponen el Asset Management Support Indicator (AMSI) para orientar inversiones en reducción de pérdidas, superando sesgos de indicadores porcentuales y conectando hidráulica, presión media y deterioro. De forma complementaria, Hu et al. (2025) integran rasgos de topología vial-tubería mediante grafos neuronales para apoyar calendarios de sustitución y control de presiones orientados al riesgo.

Relación presión-fuga y gestión de presiones

La teorización físico-hidráulica que conecta presión y fuga se expresa mediante modelos de área fija y variable (FAVAD) y extensiones que incorporan condiciones geométricas e hidráulicas de la fuga. Estos desarrollos permiten representar las fugas de fondo de manera no lineal y explicar la variación observada de exponentes presión-fuga en redes reales, aspecto clave para estimar beneficios de la gestión de presiones antes de intervenir. Uchôa et al. (2023) analizan factores geométricos, hidráulicos e hidrodinámicos que inciden en el flujo inducido por fugas, mientras que Tricarico et al. (2024) modelan el caudal mínimo nocturno en distritos de medida, ofreciendo parámetros útiles para evaluar escenarios de operación.

La operacionalización de dicha teoría en gestión cotidiana usa dos pilares; caracterización del caudal mínimo nocturno (MNF) y válvulas reductoras de presión (PRV). La estimación probabilística reciente del MNF a escala de DMA facilita separar consumo residencial nocturno de fuga y, al cruzarla con curvas presión-fuga, se obtiene una línea base para medir ahorro hidráulico atribuible a control de presiones (Tricarico et al., 2024). Por su parte, la optimización

conjunta de presión y edad del agua demuestra que es posible reducir presiones sin degradar la calidad, mediante la adecuada localización y definición de set-points de válvulas reductoras de presión (PRV), resueltos a través de modelos de programación no lineal entera mixta (MINLP, por sus siglas en inglés: Mixed-Integer Nonlinear Programming), lo que permite reducir las fugas esperadas y limitar efectos adversos en la renovación del agua.

Las implementaciones recientes incluyen dispositivos de válvula diferencial de presión (PDV) que estabilizan tramos con alta variabilidad transitoria, mostrando reducciones de fuga y viabilidad costo-beneficio frente a PRV convencionales en zonas sectorizadas; este tipo de evidencia amplía el menú de control para redes con topografías complejas (Hernández-Samaniego et al., 2025). En paralelo, marcos de pronóstico de caudal y alerta de eventos, evaluados frente al método de MNF, han probado capacidad para anticipar comportamientos anómalos y apoyar estrategias proactivas de presión, lo que cierra el ciclo entre teoría presión-fuga y operación basada en datos (McMillan et al., 2023).

Teoría de confiabilidad y análisis de supervivencia de activos (modelos de riesgo) aplicada a tuberías

La confiabilidad de tuberías se modela mediante análisis de supervivencia y modelos de riesgo proporcional que estiman la probabilidad de falla según edad, material, diámetro, condiciones del suelo, clima y régimen de presiones. Esta incluye formulaciones de Cox y Weibull y permite tratar truncamientos y censura en series históricas, produciendo curvas de riesgo y horizontes de intervención replicables en planeación de renovación. En una revisión dirigida, se clasifican los enfoques en determinísticos, probabilísticos y de aprendizaje automático. Al respecto, Barton et al. (2022) demuestran las ventajas de los modelos de supervivencia cuando se requiere inferir el comportamiento futuro a partir de roturas registradas

y variables físico-operativas; en términos aplicados, la predicción a nivel de tramo puede integrarse con análisis de consecuencia para formar mapas de riesgo y priorizar la reposición en redes urbanas. Continuando con esta línea de perfeccionamiento, Balekelayi y Tesfamariam (2023) incorporan efectos espaciales y actualización bayesiana secuencial para reducir la incertidumbre ante registros limitados o heterogéneos. Su modelo geo-aditivo bayesiano integra covariables lineales y no lineales con autocorrelación espacial, optimizando el periodo de actualización de parámetros; los resultados muestran mejoras de ajuste y bandas de incertidumbre más estrechas, aptas para programar revisiones de riesgo en ventanas de 2 a 10 años. Por ende, para Neiva, esta lógica permite actualizar probabilidades de falla por sectores en función de nuevas evidencias documentales (roturas, reposiciones, cambios operativos) y coordinar intervenciones de sectorización derivadas del diagnóstico histórico. La adopción de esta teoría exige trazabilidad institucional y alineación con lineamientos técnicos nacionales. La Resolución 0799 de 2021 del Ministerio de Vivienda, que ajusta el RAS, reconoce el uso de modelos de envejecimiento y la articulación con gestión de activos para soportar decisiones de intervención y mantenimiento; su aplicación favorece que los resultados de supervivencia se expresan como carteras de renovación y metas de desempeño coherentes con seguimiento operativo (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021). En ese marco, un portafolio por riesgo puede vincular ítems de alta probabilidad-consecuencia con gestión de presiones y DMAs, y reservar tramos de riesgo medio para monitoreo reforzado, combinando análisis de confiabilidad con señales de desempeño hidráulico y analítica reciente de fallas (Hu et al., 2025).

Teoría de análisis de decisión multicriterio (MCDA/MCDM) para priorizar intervenciones

El análisis de decisión multicriterio organiza problemas donde conviven criterios técnicos, operativos y económicos, permitiendo clasificar y jerarquizar alternativas de

intervención en redes de distribución bajo pesos explícitos y reglas de superación. En una aplicación a una red real, Caetano et al. (2022) muestran cómo ELECTRE TRI-C y FlowSort asignan cada tramo de tubería a categorías de prioridad de rehabilitación, integrando variables como condición, riesgo y costo; el trabajo complementa la clasificación con agrupamiento de tramos para conformar paquetes ejecutables, acercando el resultado a la lógica de obra. Para un estudio documental como el de Neiva, este marco permite transformar hallazgos de archivo (roturas, materiales, presiones, longitudes) en una lista priorizada con trazabilidad de criterios y sensibilidad de pesos, conservando consistencia metodológica entre sectores (Caetano et al., 2022).

Las decisiones tecnológicas también se benefician de MCDA cuando se requiere escoger materiales de tubería o dispositivos de control bajo restricciones de desempeño, costo y seguridad. Siguiendo la idea de Wei et al. (2025), un esquema AHP-EWM-TOPSIS que combina pesos subjetivos (AHP) con información objetiva (entropía) y ordena alternativas por cercanía a la solución ideal, ofreciendo una clasificación robusta frente a conflictos entre criterios; el método se muestra útil para decidir entre materiales y diámetros en redes urbanas con necesidades de renovación. En el caso de Neiva, una adaptación de este enfoque serviría para comparar tuberías sustitutas o válvulas de control a instalar en DMAs, documentando los supuestos de ponderación y la coherencia con metas de operación por sector.

La integración de priorización por tramos y selección tecnológica exige verificar estabilidad de resultados frente a cambios de pesos o escenarios, tarea para la que la literatura reciente explora comparaciones entre métodos y análisis de sensibilidad de los rankings. Las diferentes técnicas MCDM alteran la ordenación de soluciones óptimas de red y propone procedimientos para evaluar la robustez del ranking antes de decidir, práctica transferible a

carteras de rehabilitación y control de presiones (Ramani y Umamahesh, 2024). Para Neiva, el flujo reproducible sería; estructurar criterios con actores técnicos, estimar pesos, aplicar ELECTRE TRI-C/FlowSort para priorizar tramos, usar AHP-EWM-TOPSIS para escoger materiales/dispositivos, y revisar sensibilidad antes de cerrar el portafolio por DMA.

Marco conceptual

El marco conceptual presenta las definiciones operacionales que orientan la lectura, comparación y síntesis de la evidencia. Estas definiciones buscan asegurar que los términos técnicos sean comprensibles y consistentes a lo largo del documento, facilitando la trazabilidad entre conceptos, indicadores y recomendaciones.

Agua no contabilizada e IANC. El agua no contabilizada se entiende como la diferencia entre el volumen de agua que ingresa al sistema de distribución y el volumen de consumo autorizado que es efectivamente facturado; por tanto, integra consumos autorizados no facturados, pérdidas aparentes (v. gr., errores de medición, fraudes o inconsistencias de facturación) y pérdidas reales (fugas y roturas en redes, conexiones o almacenamiento). En Colombia, esta lógica se operacionaliza a través del Índice de Agua No Contabilizada (IANC), indicador que permite monitorear la eficiencia del prestador y orientar programas de recuperación y control de pérdidas (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014; Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2023).

Toma de decisiones basada en evidencia. La toma de decisiones basada en evidencia se concibe como un enfoque de gestión que prioriza alternativas a partir de la mejor evidencia disponible investigación, información operativa, estadísticas y evaluaciones, mediante criterios explícitos y verificables, con el propósito de mejorar la calidad de las decisiones y reducir la dependencia de intuiciones o preferencias no sustentadas (Head, 2010). En esta monografía, el

enfoque se operacionaliza mediante la trazabilidad entre fuentes, categorías analíticas y recomendaciones, así como por el uso de indicadores comparables para contrastar el desempeño de estrategias de mitigación de pérdidas.

Ciudades intermedias. En la literatura urbana, el término ciudad intermedia refiere a centros urbanos que, sin alcanzar la escala de las metrópolis, cumplen funciones de articulación territorial y provisión de servicios a su región de influencia. En estos contextos, la gestión de infraestructura enfrenta retos combinados de crecimiento urbano, limitaciones presupuestales y necesidad de modernización operativa, lo que hace relevante disponer de criterios de intervención transferibles y basados en evidencia (Llop, 2019). Para efectos del presente estudio, Neiva se considera una ciudad intermedia por su escala y función regional, condición que incide en la disponibilidad de información y en las capacidades institucionales para reducir pérdidas de agua.

Infraestructura de redes

La infraestructura de redes comprende los activos y la configuración hidráulica que conducen el agua desde la salida de planta hasta los usuarios. Su análisis exige evaluar condición y priorizar renovación para mitigar pérdidas reales y costos asociados a interrupciones del servicio. Cabral et al. (2024) señalan que la evaluación de condición puede apoyarse en algoritmos heurísticos y de regresión que, a partir de datos de instalación, material y roturas, clasifican tramos y orientan planes de rehabilitación sin recurrir a inspecciones invasivas, lo cual facilita decisiones en utilidades con recursos limitados. En paralelo, la programación de renovaciones se beneficia de enfoques de analítica predictiva que estiman el estado futuro y comparan alternativas de intervención bajo criterios de desempeño y costo. Por ello, el diagnóstico de la infraestructura se vincula con metas operativas verificables y con el

seguimiento sectorial a través de indicadores oficiales reportados por los prestadores en el Sistema Único de Información, SUI (SSPD, 2023).

Integridad y renovación de activos

La integridad de los activos en redes de distribución exige un diagnóstico sistemático del estado de tuberías, accesorios y estructuras asociadas, sustentado en evaluación de condición y monitoreo no destructivo. Desde una perspectiva técnica, esta evaluación combina inspecciones acústicas y ultrasónicas, cámaras de alta resolución, corrientes inducidas y perfiles térmicos para localizar deterioros estructurales, pérdidas y bloqueos, lo que facilita priorizar intervenciones preventivas en tramos vulnerables. Latif et al. (2022) describen estas técnicas y sus limitaciones según material, diámetro y entorno operativo, lo que orienta la selección de métodos adecuados para cada tramo. En complemento, las revisiones sobre técnicas acústicas y ultrasónicas muestran que la caracterización de señales, el guiado de ondas y la instrumentación especializada permiten ganar precisión en la detección temprana de defectos en tuberías enterradas, con potencial de reducir costos de mantenimiento correctivo cuando se integran a planes de gestión de activos (Yu et al., 2021).

Para decidir la renovación y programar reposiciones, la práctica reciente converge en esquemas de priorización basados en riesgo que articulan probabilidad y consecuencias de falla en indicadores comparables entre segmentos. Nunes et al. (2023) proponen un modelo que integra parámetros hidráulicos y mecánicos con consecuencias cualitativas y financieras, produciendo un índice de riesgo que jerarquiza acciones de reparación, rehabilitación o reemplazo en horizontes plurianuales. Esta lógica es coherente con las exigencias regulatorias de planeación, operación, mantenimiento y rehabilitación establecidas por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico en Colombia, que demanda programar

intervenciones y documentar criterios técnicos para asegurar continuidad y calidad del servicio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). En este sentido, la priorización por riesgo permite alinear decisiones de inversión con metas de integridad estructural y control de pérdidas reales en la red.

La renovación eficiente se robustece al incorporar analítica predictiva que anticipe fallas y extienda la ventana de planeación. De acuerdo con Robles et al. (2023) la clasificación multietiqueta en horizontes de uno a tres años mejora la programación estratégica de reposiciones al estimar tramos con mayor probabilidad de ruptura, mientras que enfoques recientes basados en grafos integran rasgos de la red vial y la topología hidráulica para refinar la predicción sobre dónde ocurrirán fallas y cuándo intervenir de forma preventiva (Hu et al., 2025). La combinación de estas predicciones con los puntajes de riesgo y la evidencia de condición permite organizar ciclos de renovación orientados a integridad de activos, reducción de agua no contabilizada y disminución de costos por reparación de emergencias, favoreciendo reposiciones oportunas frente a rehabilitaciones localizadas cuando el deterioro es avanzado.

Distribución de agua

La distribución de agua se concibe como el conjunto de procesos hidráulicos y operativos que transportan caudales desde la salida de planta hasta los usuarios, lo que exige gestionar presiones, caudales y continuidad por sectores para contener pérdidas y estabilizar el servicio. En esta línea, la gestión de presiones mediante válvulas reguladoras y esquemas de control por zonas reduce fugas, modera roturas y prolonga la vida útil de los activos, con mejoras observadas en indicadores como flujo nocturno mínimo y consumo específico (Mathye et al., 2022). En el contexto colombiano, la Resolución 0799 de 2021 del RAS actualiza lineamientos técnicos para el diseño y la operación de sistemas de acueducto, lo que refuerza la necesidad de sectorizar,

medir y documentar criterios de operación compatibles con la planeación del prestador. De este modo, la distribución se organiza como una arquitectura controlada por zonas con metas verificables, donde el seguimiento de presiones y caudales guía decisiones de mantenimiento y reposición orientadas a la mitigación de pérdidas.

Sectorización y distritos de medida (DMAs)

La sectorización en DMAs organiza la red en áreas con fronteras hidráulicas y puntos de control que permiten cerrar balances por sector, gestionar presiones y detectar fugas con mayor precisión. El diseño requiere combinar topología, desempeño hidráulico y costo de implementación, definiendo el número de sectores, sus límites, y la ubicación de válvulas y macromedidores. En esta línea, Vasilic et al. (2024) presentan mejoras al método DeNSE que integran algoritmos genéticos para ubicar dispositivos considerando válvulas existentes y preservando indicadores de operación como presión media, resiliencia y edad del agua. Por su parte, un enfoque de clustering espectral con optimización mediante algoritmos evolutivos permite planificar DMAs en fases, equilibrando inversión y estabilidad hidráulica en escenarios reales (Fang et al., 2023). Estas propuestas ofrecen criterios reproducibles para seleccionar configuraciones viables y reducir interconexiones innecesarias entre sectores.

En operación, los DMAs facilitan la vigilancia de caudal nocturno mínimo (MNF) como señal para priorizar búsqueda activa de fugas y ajustar set-points de presión. El pronóstico de MNF mediante arquitecturas BiLSTM acelera la identificación de desviaciones frente a métodos tradicionales, acortando el tiempo entre la aparición de pérdidas y la intervención. A la par, la gestión de presiones coordinada con válvulas reductoras (PRVs) no solo reduce fugas, también puede optimizarse considerando de forma conjunta presión y edad del agua, manteniendo condiciones hidráulicas compatibles con la calidad (Tian et al., 2023). La combinación de

monitoreo por sector, analítica predictiva y control de presiones permite establecer umbrales operativos y rutinas de intervención con trazabilidad entre datos, decisiones y resultados (Tornyeviadzi y Seidu, 2023).

Para documentar resultados y orientar decisiones en Neiva, la sectorización debe apoyarse en indicadores comparables y en guías institucionales. El marco de gestión de activos de la ISO 24516-2 ofrece lineamientos para mantener el valor de la infraestructura y organizar planes de intervención con criterios técnicos verificables, lo que contribuye a priorizar DMAs considerando riesgo y costos de instalación y operación. En complemento, Alegre et al. (2016) provee una taxonomía estandarizada para reportar aportes, consumos y pérdidas, de utilidad al cerrar balances por sector y evaluar el impacto de la sectorización sobre el agua no contabilizada. Con estas referencias, la utilidad podrá reportar avances de manera reproducible y comparar escenarios de creación o ajuste de DMAs antes de ejecutar inversiones.

Marco normativo

Ley 142 (1994)

La Ley 142 (1994) establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios en Colombia y fija principios, responsabilidades y reglas para la prestación del acueducto, incluida la gestión de la infraestructura y la calidad del servicio. Define el papel de las empresas prestadoras, la regulación a cargo de una comisión especializada, los derechos de los usuarios y la inspección, vigilancia y control, elementos que inciden en decisiones sobre operación de redes, continuidad y eficiencia. En el contexto de esta monografía, la ley proporciona el marco para articular obligaciones técnicas y económicas con metas de reducción de pérdidas y sostenibilidad operativa del sistema de distribución (Congreso de la República de Colombia, 1994, art. 1).

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) adoptado por la Resolución 0330 de 2017 detalla requisitos para diseño, construcción, operación y mantenimiento de redes, incluyendo criterios sobre sectorización, control de presiones, medición y protección sanitaria. La Resolución 0799 de 2021 ajusta y actualiza varias disposiciones del RAS, y se acompañó de un régimen de transición que precisó la aplicación paulatina de los cambios (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017, art. 1; Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021). Estos instrumentos orientan la configuración de distritos de medida, la ubicación de válvulas de control y las especificaciones de materiales y equipos, lo que habilita lineamientos verificables para intervenir infraestructura y contener pérdidas reales.

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) define reglas económicas y de calidad para la prestación, con metodologías tarifarias que buscan eficiencia, cobertura y sostenibilidad financiera, y con instrumentos para seguimiento de desempeño. Esta función regulatoria condiciona la priorización de inversiones en renovación, micromedición y sectorización, ya que conecta costos, niveles de servicio e incentivos para la reducción de agua no contabilizada. En el marco del estudio, la CRA constituye la referencia para evaluar la coherencia entre propuestas técnicas y señales económicas aplicables al prestador local (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2021).

Ley 373 (1997)

La Ley 373 (1997) establece que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar un Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), entendido como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar los usuarios del recurso hídrico, incluidas las empresas prestadoras de acueducto. El contenido del PUEAA se articula con la planificación local, la aprobación por la autoridad ambiental y la obligación de reportar avances,

lo que la convierte en un marco transversal para orientar iniciativas de sectorización, micromedición, control de pérdidas y uso responsable en los sistemas urbanos (Congreso de la República de Colombia, 1997, art. 1). Para el caso de Neiva, esta ley permite vincular el objetivo de mitigación de pérdidas con una obligación programática verificable, inscrita en los instrumentos de gestión territorial y ambiental.

El desarrollo normativo reciente precisa estructura y contenido del PUEAA y refuerza el alcance de la Ley 373. El Decreto 1090 de 2018 (compilado en el DUR 1076/2015) señala que el Ministerio de Ambiente definirá, mediante resolución, los componentes del PUEAA y habilita una versión simplificada para ciertos usuarios; a su vez, el portal SIRH del Ministerio resume líneas estratégicas frecuentes del programa; reducción de consumos y pérdidas, reúso y ahorro, con metas, indicadores y seguimiento ante la autoridad competente. Para esta monografía, el PUEAA funciona como vehículo para organizar acciones de renovación de activos, gestión de presiones y balance hídrico por sectores, con soporte documental y trazabilidad institucional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018, art. 1; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La ley incorpora señales económicas al ordenar a la CRA definir una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y desestime consumos irracionales (art. 8) bajo vigilancia de la SSPD. Este mandato habilitó que medidas como DMAs, PRVs y reposición de micromedidores se integren a planes de inversión y a la gestión tarifaria, siempre que cuenten con sustento técnico y metas de desempeño (Congreso de la República de Colombia, 1997, art. 8). En términos de política pública, la literatura reciente sugiere que los incentivos tarifarios y los programas de gestión de la demanda logran mayor impacto cuando se alinean con instrumentos

regulatorios y de gobernanza, lo que respalda la articulación entre PUEAA, RAS y decisiones operativas del prestador local.

Ley 1755 de 2015

La Ley 1755 de 2015, expedida por el Congreso de la República de Colombia, desarrolla el artículo 23 constitucional y organiza el derecho a presentar peticiones respetuosas ante autoridades y, en supuestos definidos, ante particulares que ejercen funciones públicas o prestan servicios públicos. Su diseño articula objeto, modalidades, contenido mínimo y criterios de respuesta de fondo, completa y oportuna. En perspectiva comparada, la doctrina reciente sostiene que el acceso a la información actúa como presupuesto para otros derechos y que los marcos legales deben traducirse en procedimientos claros y trazables, lo que refuerza la utilidad metodológica del derecho de petición en investigación aplicada (Moncayo, 2022). En este marco, la norma colombiana fija un andamiaje operativo que el investigador puede activar para requerir datos administrativos, series estadísticas y copias de actuaciones (Congreso de la República de Colombia, 2015).

La estructura procedimental de la ley define clases de peticiones —información, consulta y queja/reclamo/denuncia—, plazos diferenciados para su resolución y reglas sobre radicación, silencio y constancia de envío. Los artículos sobre términos, reparto interno y decisión exigen a cada entidad organizar responsables y canales formales, lo que facilita verificar cumplimiento y documentar cadenas de custodia de datos. La literatura empírica sobre cumplimiento de leyes de acceso muestra que, aun con textos claros, la respuesta estatal depende de capacidades organizacionales y asignación de responsabilidad; de allí la importancia de invocar normas sobre trámite y prueba de radicación en cada solicitud (Nkwe y Ngoepe, 2021). Para fines de

investigación, este entramado permite programar cronogramas de solicitud–réplica y activar mecanismos de insistencia cuando los plazos se agotan sin respuesta.

El estatuto prevé también escenarios frente a particulares, por ejemplo, cuando administran servicios públicos domiciliarios o ejercen funciones públicas, y contempla causales de reserva compatibles con la Ley 1712 de 2014 y el régimen de datos personales. La gestión de excepciones exige motivación, prueba del daño y test de proporcionalidad; en caso de negativa, la persona solicitante puede insistir o acudir a controles administrativos y judiciales. La evidencia comparada advierte que la efectividad del acceso descansa en cerrar brechas entre transparencia “de jure” y “de facto”, donde la oportunidad y calidad de respuesta condicionan la utilidad de la información para control social y análisis (Trautendorfer et al., 2025). En consecuencia, la solicitud debe precisar finalidad, desagregaciones y formato para reducir márgenes de discrecionalidad en la respuesta.

Para proyectos académicos, la Ley 1755 funciona como técnica de recolección de datos administrativos cuando no existe publicación proactiva ni portal de datos abiertos. La práctica recomendada incluye identificar la autoridad competente, formular preguntas cerradas con variables y periodos definidos, solicitar copias íntegras en formato reutilizable y dejar constancia de envío y recepción; la bibliografía reciente describe cómo las solicitudes FOI se integran a diseños mixtos y replicables en educación e investigación en políticas públicas (Yale et al., 2025). Esta aproximación incrementa la trazabilidad de insumos y la auditabilidad del proceso, a la vez que genera un archivo verificable para anexos metodológicos.

Metodología

Tipo de investigación

El estudio se enmarca en una investigación documental de carácter analítico y aplicada, orientada a la revisión, sistematización e interpretación crítica de fuentes secundarias relacionadas con el fenómeno de pérdidas en redes de distribución de agua en Neiva. Conforme expone Creswell J. W. (2018) este tipo de estudio organiza el corpus mediante criterios explícitos de inclusión y exclusión, define categorías de análisis y garantiza trazabilidad entre problema, objetivos y hallazgos. En tal sentido, el corpus considerará literatura científica reciente, normativa sectorial, informes de supervisión, documentos técnicos del prestador y respuestas a requerimientos formales de información, con registro en matrices de extracción. No se manipulan variables ni se realiza trabajo de campo; por lo tanto, la unidad de análisis está conformada por documentos y registros que describen prácticas de gestión de presiones, sectorización, medición y mantenimiento, así como sus resultados reportados en el contexto local.

Desde la lógica de diseño de estudios basada en fuentes documentales, Hernández et al. (2014) proponen avanzar por etapas, delimitación del problema y preguntas guía; protocolos de búsqueda reproducibles; organización temática del material; análisis y síntesis integradora; y reporte con criterios de calidad coherencia, confirmabilidad y transparencia metodológica. En correspondencia con este proceso, el estudio articulará categorías relacionadas con infraestructura y operación de redes, y conectará la evidencia con la Gestión de Proyectos para derivar oportunidades de mejora alineadas con alcance, riesgos, interesados e indicadores de desempeño. De este modo, el “tipo” elegido resulta congruente con los objetivos definidos y con

la disponibilidad de información institucional, permitiendo construir conclusiones verificables sin requerir intervención experimental ni mediciones en campo.

Enfoque de investigación

El estudio adopta un enfoque cualitativo orientado a comprender e interpretar el fenómeno de las pérdidas en redes de distribución desde su contexto técnico, histórico y organizacional. Bajo esta perspectiva, el análisis se centra en significados, relaciones y procesos documentados, priorizando categorías temáticas que permitan explicar cómo la infraestructura y la operación condicionan los resultados del sistema de acueducto en Neiva. De acuerdo con Creswell J. W. (2018) la investigación cualitativa organiza y depura el corpus mediante criterios explícitos, aplica procedimientos de codificación y triangula fuentes para lograr coherencia entre problema, objetivos y hallazgos. Esta lógica posibilita derivar lecciones utilizables por la Gestión de Proyectos en términos de alcance, interesados, supuestos y riesgos de futuras intervenciones, sin requerir mediciones de campo ni manipulación de variables.

El proceso analítico seguirá etapas compatibles con diseños cualitativos basados en documentos; delimitación del problema y preguntas guía; protocolos de búsqueda reproducibles; codificación abierta y axial de contenidos; integración de categorías en temas; y síntesis argumentada con evidencias trazables. Hernández et al. (2014) plantean que la calidad del enfoque descansa en la transparencia metodológica, la confirmabilidad del rastro analítico y la alineación entre interpretación y datos, principios que aquí se aseguran con matrices de extracción y reglas de citación. En consecuencia, el enfoque seleccionado permite construir comprensiones situadas y transferibles al ciclo de vida de proyectos, articulando criterios técnicos y organizacionales para proponer oportunidades de mejora documentadas.

Instrumentos

Los instrumentos principales para la recolección y organización de la información serán: la matriz de extracción y análisis de evidencia. Esta sistematiza variables descriptivas y analíticas de cada fuente (tipo de documento, contexto, estrategias de intervención, indicadores reportados, resultados, limitaciones y aplicabilidad a Neiva), incorporando un campo de calidad y pertinencia para asegurar consistencia en la síntesis.

Como instrumento complementario, se empleará una matriz de trazabilidad que vincule objetivos específicos, categorías analíticas y fuentes, con el fin de garantizar que cada hallazgo y recomendación se apoye en evidencia identificable. Adicionalmente, para el acceso a información institucional del prestador local, se utilizarán requerimientos formales (derecho de petición) orientados a obtener series e insumos técnicos (por ejemplo, reportes del IANC, planos de sectorización, registros de reparaciones y reposición de micromedidores). Este mecanismo se considera una vía de acopio de documentos administrativos y su tratamiento se realizará bajo los mismos criterios de análisis documental definidos para el corpus principal.

Los formatos de extracción y de trazabilidad se presentan en los anexos A y B, con el propósito de que el proceso de revisión sea auditable, transparente y replicable. Nota. Para el caso del Anexo A, el formato de extracción y análisis de evidencia se presenta en formato horizontal y tamaño de página A3 para garantizar la legibilidad de la información. Para el Anexo B, el formato de trazabilidad de objetivos, categorías y fuentes se presenta en formato vertical.

Estrategia de análisis y presentación de resultados

Los resultados se organizarán en categorías analíticas alineadas con los objetivos específicos; cambios tecnológicos y estructurales de las redes de distribución, causas técnicas, operativas e institucionales asociadas a pérdidas y oportunidades de mejora y portafolio de

intervenciones para mitigación. Para cada categoría se realizará una síntesis narrativa y comparativa, seguida de una discusión crítica sobre aplicabilidad al contexto de Neiva, requerimientos de información, costos relativos, riesgos y coherencia con el marco normativo. El cierre del documento se realizará mediante conclusiones fundamentadas y recomendaciones priorizadas, derivadas de la evidencia sintetizada.

Resultados

El apartado de resultados presenta la evidencia obtenida en la revisión documental sobre pérdidas de agua en redes de distribución de Neiva, organizada mediante los instrumentos diligenciados. La exposición conserva correspondencia entre hallazgos, categorías de análisis y fuentes consultadas, con el propósito de sostener trazabilidad entre el registro y la síntesis. A partir de esa ruta, el texto concentra la presentación en medición, control hidráulico y priorización de intervenciones, articulando operación, planificación y control del sistema. En continuidad con lo anterior, los resultados se ordenan por objetivos específicos y se integran con una revisión de calidad del dato, para delimitar alcances y orientar la síntesis final hacia alternativas de intervención y portafolio.

Propósito y ruta de presentación de resultados

La organización de los resultados se estructura por objetivos específicos y categorías analíticas, con una secuencia homogénea que conserva trazabilidad entre evidencia y síntesis. Cada bloque integra la descripción del hallazgo, su registro en el contexto del sistema y una identificación de elementos asociados con iniciativas y acciones, considerando alcance, dependencias operativas, requerimientos de información, riesgo y seguimiento. De igual forma, se incorpora una revisión de calidad del dato a partir de vacíos de registro, estimaciones empleadas y consistencias internas de los reportes disponibles, debido a que estos aspectos condicionan el nivel de precisión alcanzable. La sección concluye con una síntesis integradora orientada a consolidar los resultados en relación con alternativas de intervención y criterios para la estructuración del portafolio.

Objetivo específico: Cambios tecnológicos y estructurales

El objetivo específico orienta el análisis hacia los cambios tecnológicos y estructurales que inciden en el control de pérdidas de agua en la red de distribución. La lectura se centra en el estado de la medición, la modernización de componentes asociados al registro de consumos y la disponibilidad de información para seguimiento operativo. En este marco, la medición se entiende como un soporte para el balance hídrico y para la identificación de variaciones entre el agua entregada al sistema y la facturada, con implicaciones directas en el control de pérdidas aparentes y en la detección de comportamientos anómalos. Por ende, los cambios tecnológicos se revisan como decisiones de inversión que requieren criterios de priorización, trazabilidad y compatibilidad con los registros existentes, con el fin de sostener comparabilidad a través del tiempo y permitir análisis por sectores del sistema.

La discusión también aborda transformaciones estructurales en la operación hidráulica que se relacionan con sectorización y gestión de presiones, debido a que estas medidas modifican la forma en que el sistema se controla y se monitorea. La sectorización permite delimitar zonas de control y organizar rutinas de medición y seguimiento, mientras que la gestión de presiones se analiza por su relación con la frecuencia de fallas y con la dinámica de fugas en redes y acometidas. Por otra parte, la incorporación de telemetría y lectura remota se examina como una vía para mejorar oportunidad de información y capacidad de respuesta, siempre que exista integración entre datos, procesos operativos y responsables de análisis. En consecuencia, el objetivo específico se desarrolla articulando condiciones técnicas de implementación, requerimientos de información, riesgos operativos y necesidades de seguimiento para conectar las oportunidades identificadas con decisiones de gestión de activos y formulación de proyectos.

Medición y modernización tecnológica

Este apartado delimita la medición como soporte del balance hídrico del prestador. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025) define el Índice de Agua No Contabilizada como la diferencia entre el agua producida enviada a la red de distribución y el agua facturada, y vincula su lectura con la necesidad de clasificar pérdidas reales y aparentes. Con base en la serie institucional, el indicador se mantiene alto y variable durante 2015 a 2024, con un máximo de 61,10 por ciento en 2016 y un valor de 56,30 por ciento en 2024; el corte sep-25 registra 49,48 por ciento y corresponde a un dato parcial. La misma fuente reporta volúmenes anuales que permiten dimensionar la magnitud del desbalance, por ejemplo 46.502.301 metros cúbicos producidos y 18.090.980 metros cúbicos facturados en 2016, y 48.702.445 metros cúbicos producidos y 21.281.002 metros cúbicos facturados en 2024.

La modernización del parque de medición aparece documentada como una línea estratégica que combina micromedición y macromedición. Según Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. en 2025, el recambio responde a novedades operativas, entre ellas medidor frenado, ausencia de medidor con conexión directa a la red, medidor ilegible y medidor averiado. La fuente reporta que durante 2024 y 2025 los usuarios realizaron el cambio voluntario del dispositivo de medición en una cifra aproximada de 26.000 medidores, mientras el prestador cambió alrededor de 5.000 unidades. Con base en estos valores, el recambio reportado para 2024–2025 corresponde a 31.000 medidores. El documento no informa el universo total de medidores instalados en la ciudad ni una serie anual de recambio por vigencia, por lo que el porcentaje del parque total no puede calcularse con la evidencia disponible. En consecuencia, el resultado se limita a registrar la magnitud reportada y sus condiciones de ejecución.

La escala del sistema puede describirse con el balance hídrico agregado reportado por el prestador. En 2024, la fuente institucional reporta 48.702.445 metros cúbicos producidos y 21.281.002 metros cúbicos facturados, con un IANC de 56,30 por ciento. Para sep-25, el reporte registra 3.691.766 metros cúbicos producidos y 1.865.000 metros cúbicos facturados, con un IANC de 49,48 por ciento y carácter parcial. Esta línea base dimensiona el desbalance sin desagregar por sectores hidráulicos, debido a las restricciones documentales sobre cartografía y sectorización.

En relación con el monitoreo, la evidencia institucional registra un plan piloto de telemetría en el sector industrial de Palermo. La fuente indica que el proyecto se estructura mediante el contrato 288 de 2024 y que los equipos permiten lecturas diarias de manera remota en el sector intervenido. El reporte precisa que la comparación se realiza entre las lecturas de los usuarios y la medición del micromedidor ubicado en la única red de ingreso, y vincula ese contraste con labores de identificación de pérdidas y seguimiento a la red. La evidencia revisada no reporta otros pilotos o zonas intervenidas con telemetría, por lo que el alcance territorial verificable queda circunscrito al sector documentado.

La Tabla 1 organiza los datos cuantificables que la fuente aporta para este componente, incluyendo el balance histórico de volúmenes e IANC y los hitos documentados de recambio y monitoreo. La misma fuente describe la prestación directa de acueducto y alcantarillado en la zona urbana de Neiva; sin embargo, la comunicación institucional declara improcedente la entrega de planos o mapas de sectorización, zonas de presión y macro o micromedición, con sustento en reserva legal. Esta condición limita la desagregación del análisis por unidades tipo distrito de medida y condiciona la comparación espacial. El estudio incorpora la respuesta oficial como anexo verificable para respaldar las cifras y las descripciones reportadas por el prestador.

Tabla 1

Balance hídrico reportado por el prestador y aproximación del volumen no contabilizado, 2015–2024 y sep. 2025

Año	Agua producida (m³)	Agua facturada (m³)	Agua no contabilizada (m³)	IANC (%)
2015	40.208.797	18.801.973	21.406.824	53,24%
2016	46.502.301	18.090.980	28.411.321	61,10%
2017	43.739.442	18.197.118	25.542.324	58,40%
2018	45.451.895	18.921.450	26.530.445	58,37%
2019	44.368.788	20.426.835	23.941.953	53,96%
2020	45.618.269	20.505.365	25.112.904	55,05%
2021	44.557.323	21.092.019	23.465.304	52,66%
2022	44.347.653	21.351.316	22.996.337	51,85%
2023	48.685.817	22.593.187	26.092.630	53,59%
2024	48.702.445	21.281.002	27.421.443	56,30%
sep-25	3.691.766	1.865.000	1.826.766	49,48%

Nota. Elaboración propia. El agua no contabilizada corresponde a la diferencia entre agua producida y agua facturada, calculada a partir del cuadro institucional Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025).

Reposición de micromedición

La reposición se interpreta aquí como un insumo para mejorar la consistencia del consumo registrado y, por esa vía, reducir incertidumbre en el seguimiento del indicador agregado. El oficio explica que el Índice de Agua No Contabilizada corresponde a la diferencia entre el agua producida enviada a la red de distribución y el agua facturada, y relaciona las pérdidas aparentes con intervenciones indebidas de medidores, conexiones fraudulentas y lecturas inexactas cuando los contadores se encuentran en mal estado u obstruidos. La misma

fuelle anexa un cuadro comparativo para 2015 a 2024 y un corte a sep-25, donde el IANC pasa de 53,24 por ciento en 2015 a 61,10 por ciento en 2016; luego desciende a 51,85 por ciento en 2022 y retorna a 56,30 por ciento en 2024. Esta trayectoria sostiene que el indicador varía en el tiempo y exige un seguimiento que conecte medición, registro comercial y control operativo para explicar sus cambios.

La evidencia disponible también permite ubicar una condición de análisis que es necesario hacer explícita. La comunicación institucional no reporta el total de medidores instalados en la ciudad ni una serie anual de recambio por vigencia, por lo que la comparación del recambio frente al universo total de micromedición queda fuera de lo verificable con esta fuente. En cambio, el documento sí describe el esquema de trazabilidad operativa que acompaña el control de fugas y reparaciones, al indicar que la Unidad de Control Operativa registra fechas y horas de reporte y reparación, y gestiona cada evento mediante órdenes de trabajo con número único. El formato UCO de 2025 evidencia ese nivel de detalle al consignar tipologías como FUGA RDP y FUGA ACO, junto con material, barrio, sector y marcas de tiempo de inicio y fin de la intervención.

En el bloque con texto legible del registro UCO correspondiente a enero a agosto de 2025, se observan 713 eventos clasificados como FUGA RDP y 737 como FUGA ACO, lo que suma 1.450 eventos de fuga en el periodo cuantificado por la revisión. En el mismo bloque se identifican 151 registros asociados con excavación y 12 con reparcho, lo que permite describir acciones complementarias dentro de la atención reportada. La Figura 1 presenta la duración de reparación en horas calculada a partir de la hora de inicio y la hora final registradas en UCO, lo que habilita un indicador cuantitativo de control operacional con base en marcas de tiempo del mismo soporte (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

La conexión entre reposición de micromedición y seguimiento del IANC queda respaldada en la forma en que la fuente institucional articula medición con rutinas de control y con registro operativo. El documento reporta que en 2024 se creó el Comité de Gestión de Pérdidas y precisa que este se reúne una vez al mes para evaluar el comportamiento del agua suministrada, producida y facturada, e identificar pérdidas técnicas y comerciales, consumos no autorizados e inexactitud de medidores, entre otros componentes. En paralelo, el texto indica que la entidad anexa en PDF el cuadro operativo UCO de 2023, 2024 y 2025 para consolidar fechas, ubicaciones, tipologías, caudales estimados y tiempos de reparación. Con esa evidencia, la monografía incorpora la respuesta oficial y sus anexos como soporte verificable del recambio reportado y del modo en que la empresa estructura su control documental.

Medición y digitalización

Este apartado caracteriza la medición y la digitalización como soportes de información para el seguimiento del sistema de distribución. En este estudio, la digitalización se entiende como la disponibilidad oportuna de datos y su organización para observar el balance hídrico y respaldar decisiones operativas. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. define el Índice de Agua No Contabilizada como la diferencia entre el agua producida enviada a la red de distribución y el agua facturada, y relaciona su lectura con la clasificación entre pérdidas reales y pérdidas aparentes (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). La misma fuente indica que el prestador reporta periódicamente índices y volúmenes ante los entes de control mediante el Sistema Único de Información, lo que sitúa el dato como parte de un circuito institucional de seguimiento.

La evidencia documental ofrece datos para describir la evolución agregada del indicador en una ventana amplia. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. presenta un cuadro

comparativo de los últimos diez años con volúmenes producidos, volúmenes facturados e IANC, y lo propone como insumo para control, seguimiento y evaluación del comportamiento del sistema (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). En esa serie, el IANC alcanza 61,10 por ciento en 2016, desciende a 51,85 por ciento en 2022 y registra 56,30 por ciento en 2024; el corte de sep-25 reporta 49,48 por ciento y corresponde a un dato parcial (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Este apartado remite a la tabla ya presentada con la serie completa para evitar duplicación y mantener una sola línea base cuantitativa en el apartado.

El seguimiento operativo se apoya en el registro digital de eventos mediante la Unidad de Control Operativa, que gestiona cada caso a través de órdenes de trabajo con número único. La fuente institucional señala que este registro consolida datos de localización, tipología del daño, atributos del activo y marcas de tiempo, con el fin de sostener trazabilidad de fugas y reparaciones y apoyar evaluación operativa (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). El formato UCO disponible en los anexos evidencia esa estructura al incluir variables como tipología de fuga, material, sector, barrio y horas de inicio y cierre, lo que permite construir indicadores de tiempos y frecuencias con base en el registro (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

La digitalización también aparece asociada con lectura remota en un piloto territorial específico. La fuente institucional reporta un plan piloto de telemetría en la zona industrial de Palermo, vinculado al contrato 288 de 2024, y señala que los equipos habilitan lecturas diarias remotas para contrastar consumos registrados con la medición ubicada en la única red de ingreso del sector (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Sin embargo, el mismo documento indica improcedente la entrega de planos o mapas de infraestructura por reserva

legal, condición que restringe el análisis espacial por sectores hidráulicos con la documentación disponible (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)

Tabla 2

Soportes de medición y digitalización reportados para el seguimiento del sistema

Soporte de información	Propósito de seguimiento	Datos numéricos y evidencia documentada en la fuente
Reporte institucional en Sistema Único de Información	Registrar y comunicar índices y volúmenes ante vigilancia y regulación; observar balance hídrico agregado	La fuente define el Índice de Agua No Contabilizada como diferencia entre agua producida enviada a la red y agua facturada, con lectura asociada a pérdidas reales y aparentes. La serie reporta IANC de 61,10 por ciento en 2016; 51,85 por ciento en 2022; 56,30 por ciento en 2024; el corte sep-25 reporta 49,48 por ciento y corresponde a dato parcial. La fuente presenta cuadro de diez años con volúmenes producidos, volúmenes facturados e IANC.
Registro UCO con órdenes de trabajo	Trazar eventos para control de fugas y reparaciones; sostener evaluación operativa con datos por evento	El registro se gestiona por órdenes de trabajo con número único y consolida localización, tipología del daño, atributos del activo y marcas de tiempo, con variables como material, diámetro, sector, barrio y horas de inicio y cierre. En el bloque con texto legible del PDF UCO ene–ago 2025, limitado a 33 páginas, se observan 713 entradas FUGA RDP y 737 entradas FUGA ACO; se identifican 151 entradas asociadas con EXCAVACIÓN y 12 con REPARCHEO.

Soporte de información	Propósito de seguimiento	Datos numéricos y evidencia documentada en la fuente
		En el mismo bloque se registran 13 entradas con #N/D; se observan 558 entradas con valores negativos en el campo X, con X mínimo -29044619,73 y X máximo -1,79.
Piloto de telemetría en Palermo	Contrastar caudal de entrada con consumos registrados e identificar desbalances; apoyar priorización operativa	<p data-bbox="675 506 1409 594">La fuente reporta plan piloto de telemetría en zona industrial Palermo vinculado al contrato 288 de 2024.</p> <p data-bbox="675 688 1409 840">Los equipos habilitan lecturas diarias remotas para contrastar consumos registrados con la medición ubicada en la única red de ingreso del sector.</p> <p data-bbox="675 934 1409 1081">La fuente reporta improcedencia de entrega de planos o mapas de infraestructura por reserva legal, lo que restringe análisis espacial por sectores hidráulicos con la documentación disponible.</p>

Nota. Elaboración propia.

Por consiguiente, la tabla 2 evidencia tres niveles de seguimiento con alcances diferentes. El reporte en SUI permite observar el balance hídrico en términos agregados mediante índices y volúmenes, mientras el UCO documenta cada evento con localización, tipología, atributos del activo y tiempos de atención, lo que habilita análisis operativos a partir de registros. El piloto de telemetría en Palermo incorpora lecturas diarias y contraste entrada–consumo, aunque la evidencia revisada lo acota a esa zona. En conjunto, la tabla muestra capacidad de seguimiento agregado y trazabilidad por eventos, con limitaciones para análisis por sectores hidráulicos debido a la reserva de cartografía reportada por el prestador.

Telemetría y lectura remota

El oficio PQR-2025-0007685-01, emitido por Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025) reporta un plan piloto de telemetría y lectura remota en la zona industrial Palermo, asociado al contrato 288 de 2024. El reporte indica que el piloto busca medir el sector intervenido mediante equipos electrónicos y obtener lecturas diarias a distancia para seguimiento operativo. La fuente describe un punto de control de entrada ubicado en la única red de ingreso del sector, cuya medición se contrasta con los consumos registrados por los usuarios. Este diseño permite detectar desbalances persistentes entre caudal de entrada y consumos facturados, y orientar búsquedas de fugas con criterios de priorización. De este modo, la telemetría se entiende como un recurso de control operacional que vincula medición de ingreso, lecturas remotas y toma de decisiones sobre pérdidas reales en un territorio delimitado.

El diseño reportado permite contrastar la medición ubicada en la única red de ingreso del sector con las lecturas de los usuarios, lo cual establece una lógica de verificación basada en diferencias entre entradas y consumos registrados (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Este enfoque delimita salidas observables para el análisis documental, que se expresan en la frecuencia diaria de lectura remota y en el criterio de seguimiento entrada versus consumos como señal para orientar la identificación de pérdidas. Bajo este marco, el apartado se concentra en describir el alcance, el propósito y el tipo de contraste que habilita el piloto, sin atribuir resultados cuantitativos que la fuente no consigna (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

A partir del hallazgo, el estudio plantea una implicación metodológica orientada a una posible expansión gradual del esquema hacia sectores priorizados con lógica tipo DMA, siempre que existan fronteras hidráulicas y medición de entrada que permitan cerrar balances

comparables. Esta implicación propone definir un protocolo de uso que incluya umbrales de alerta, reglas de verificación y una rutina de corrección, de modo que la lectura remota se traduzca en decisiones operativas reproducibles. De este modo, la recomendación se formula como elaboración del análisis documental y se mantiene diferenciada del contenido reportado por la fuente.

La misma evidencia institucional revisada documenta restricciones de acceso a información que condicionan el análisis espacial. La fuente señala que la remisión de cartografía, sectorización y zonas de presión resulta improcedente por reserva legal, debido a su relación con planes estratégicos y con información sensible de infraestructura bajo custodia del prestador (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Esta condición limita la verificación independiente por sectores hidráulicos y restringe la posibilidad de contrastar el piloto con otras zonas o con configuraciones alternativas de sectorización mediante la documentación disponible. Por ello, el resultado queda circunscrito a la descripción del piloto y a las condiciones de disponibilidad de insumos reportadas por la misma fuente (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

Operación hidráulica

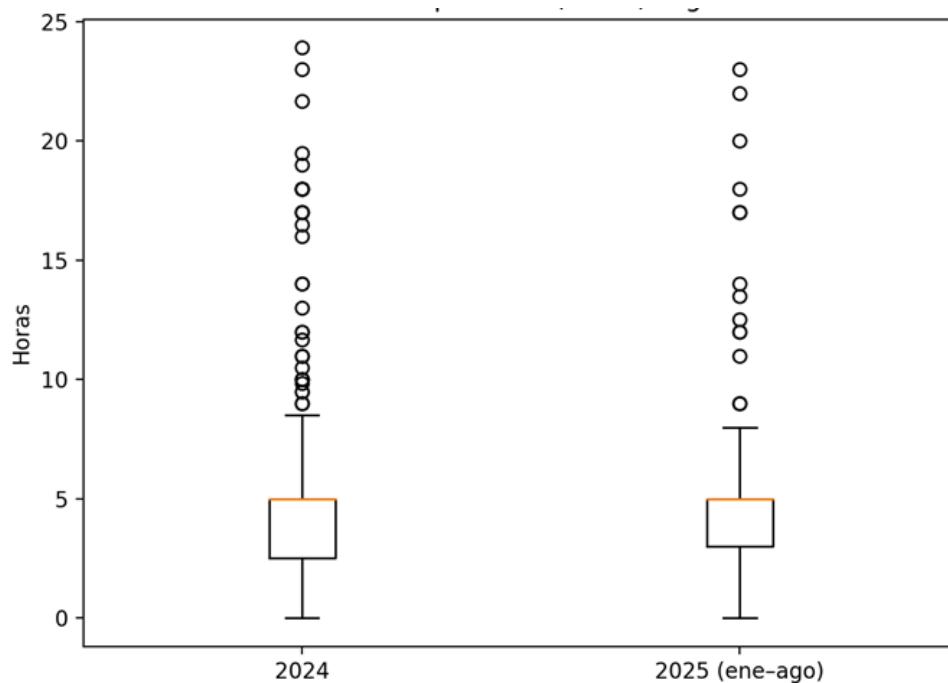
La operación hidráulica se examina como el conjunto de decisiones que regulan presiones y caudales en la red de distribución y que inciden en la ocurrencia de fugas y en la estabilidad del servicio. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. Describe estrategias de control y regulación de presión apoyadas en modelos de sectorización hidráulica y sistemas de monitoreo de caudales, los cuales permiten seguimiento en tiempo real de variaciones de presión en diferentes zonas del municipio (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Esta evidencia ubica la operación por zonas como una lógica de control que depende de puntos de

seguimiento y de consignas que ordenan la lectura del comportamiento hidráulico. De este modo, el control operativo queda condicionado por la disponibilidad de mediciones y por la continuidad del registro para comparar variaciones en el tiempo.

La fuente institucional también reporta la creación del Comité de Gestión de Pérdidas en 2024 como parte del soporte organizacional de la operación hidráulica. El prestador señala que este comité avanza en la estructuración del modelo hidráulico y del balance hídrico, con el fin de identificar debilidades de la red y posibles pérdidas del recurso a partir del análisis de sectores y estrategias a ejecutar. El documento indica que el comité se reúne una vez al mes para evaluar el comportamiento del agua suministrada, producida y facturada en red; este seguimiento incorpora pérdidas técnicas y comerciales, consumos no autorizados e inexactitud de medidores, junto con fugas en conducción, distribución, tanques de almacenamiento y acometidas domiciliarias. Esta descripción aporta una evidencia verificable sobre periodicidad y sobre variables de análisis declaradas por el prestador.

Figura 1

Duración de reparación (horas) según UCO



Nota. Elaboración propia.

El soporte operativo de la operación hidráulica se expresa en el registro de la Unidad de Control Operativa, que gestiona eventos mediante órdenes de trabajo con identificación única. La fuente institucional indica que el registro consigna ubicación con dirección, barrio, comuna y zona; también incluye tipología de fuga, diámetro, material y clasificación de red matriz y acometida, información que se usa para calcular un caudal estimado de agua derramada y para dimensionar el impacto técnico de la contingencia (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Por otra parte, el documento señala que el registro incorpora horas de inicio y finalización de trabajos y el periodo diario de cierre de válvulas, lo que permite calcular tiempo total de reparación y construir indicadores de eficiencia operativa. La Tabla 3 organiza los indicadores que el registro permite derivar a partir de los campos descritos.

La revisión de los registros evidencia desafíos de calidad del dato que condicionan el análisis por zonas y el uso de estimaciones. En UCO enero–agosto de 2025 aparecen campos

como #N/D en variables territoriales y registros con valores negativos en un campo identificado como X, lo que introduce incertidumbre cuando se usa en cálculos o comparaciones. Asimismo, el formato UCO señala que el caudal derramado aproximado corresponde a un cálculo basado en supuestos técnicos, como coeficiente y altura de carga, y no equivale a una medición directa del volumen real (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2023). Estos hallazgos evidencian el funcionamiento del registro y sus límites para comparaciones territoriales sin depuración previa.

Tabla 3

Indicadores operativos y evidencia numérica disponible en el registro UCO para seguimiento hidráulico

Indicador	Campo del registro UCO que lo soporta	Evidencia disponible en la revisión	Descripción operativa
Tiempo de reparación	Hora de inicio y hora de finalización	La duración en horas se calcula con las marcas de tiempo reportadas en UCO. La Figura 1 presenta la distribución de duración para los eventos analizados.	Permite calcular duración total de la intervención por evento y comparar desempeño entre periodos cuando el registro conserva coherencia.
Afectación por maniobra	Periodo diario de cierre de válvulas	El campo se registra por evento y permite construir el indicador, aunque el documento no consolida una estadística agregada para el periodo revisado.	Permite estimar duración de cierres durante la atención y describir su posible efecto sobre continuidad del servicio.
Frecuencia de eventos por tipología	Tipología de fuga	En UCO ene–ago 2025 se observan 713 entradas FUGA RDP y 737 entradas FUGA ACO, lo que suma 1.450 eventos	Permite consolidar conteos por tipo de evento y comparar patrones en el tiempo, con

Indicador	Campo del registro UCO que lo soporta	Evidencia disponible en la revisión	Descripción operativa
		clasificados como fugas en el bloque con texto extraíble.	lectura por componente atendido.
Eventos por atributos del activo	Material, diámetro y clasificación de red	El registro incorpora material y diámetro en las órdenes de trabajo, lo que permite segmentar los 1.450 eventos de fuga por características del activo cuando la captura mantiene consistencia.	Permite agrupar eventos por características de la infraestructura y orientar priorización de inspecciones y recambios por componente.
Proxy de magnitud del evento	Caudal derramado aproximado	En el bloque UCO ene–ago 2025 se registran 13 entradas con #N/D y 558 entradas con valores negativos en un campo numérico identificado como X, con rango de -29044619,73 a -1,79, lo que exige depuración antes de usar estimaciones en cálculos.	Registra un cálculo estimado y requiere validación de supuestos y consistencia del dato antes de sostener comparaciones internas o decisiones de priorización.

Nota. Elaboración Propia.

De esta forma, la tabla muestra que el registro UCO permite construir indicadores que conectan la operación hidráulica con evidencias de campo. Los tiempos de reparación y los periodos de cierre de válvulas entregan una base para describir eficiencia operativa y afectación del servicio en cada evento. Por otra parte, la tipología y los atributos del activo permiten organizar frecuencias por tipo de falla, material y diámetro, lo que facilita comparaciones entre periodos cuando el dato conserva consistencia. El caudal derramado aproximado aporta un proxy de magnitud del evento, aunque requiere lectura cuidadosa porque depende de supuestos y de la calidad del registro.

Gestión de presiones y sectorización

La gestión de presiones y la sectorización se registran como una estrategia operativa orientada a delimitar zonas de control con seguimiento medible y reglas de operación diferenciadas. En esa línea, La Empresa reporta estrategias de control y regulación de presión soportadas en sectorización hidráulica y monitoreo de caudales con seguimiento en tiempo real, lo que orienta el control por zonas en la evidencia revisada. En coherencia con lo anterior, el análisis consolida esa evidencia y la vincula con gestión por sectores tipo DMA, con un cronograma de implementación organizado en el Anexo B. En continuidad con esa organización institucional, el prestador documenta la creación del Comité de Gestión de Pérdidas en 2024 y menciona como productos un balance hídrico y un modelo hidráulico, que se presentan como soporte para orientar acciones por zonas (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

La evidencia revisada también registra condiciones que limitan el alcance verificable del control por sectores con los documentos disponibles. En ese sentido, la entidad documenta reserva para la entrega de cartografía, sectorización y zonas de presión, lo que restringe la verificación independiente de fronteras de sector y de puntos de control requeridos para análisis por zonas. En correspondencia, la serie del IANC aparece reportada de manera agregada y sin desagregación por DMA o sector hidráulico, lo que reduce el nivel de detalle disponible para comparar periodos equivalentes por zona en la revisión documental (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

Objetivo específico: Causas técnicas operativas e institucionales asociadas a pérdidas

La revisión de la calidad del dato constituye un resultado de este objetivo específico, debido a que la identificación de causas técnicas y operativas depende de registros consistentes y comparables. En este estudio, la calidad del dato se entiende como el grado de completitud,

coherencia y estabilidad de los campos que permiten ubicar el evento, clasificar la falla y describir la intervención. Esta condición incide en la comparación por sectores, porque las variables territoriales sostienen la lectura espacial y la priorización por zonas. Cuando el registro pierde completitud o presenta valores incoherentes, el análisis reduce su capacidad para describir patrones territoriales y para construir criterios de criticidad basados en evidencia.

Los registros operativos muestran campos incompletos que afectan la lectura espacial. En el UCO 2024 se observan 83 apariciones de la marca #N/D en variables territoriales, principalmente en comuna y sector, lo que impide asignar de forma consistente el evento a una unidad geográfica de análisis (UCO, 2024). Esta ausencia de información limita la comparación por zonas y restringe la identificación de concentraciones de fallas en sectores específicos. El resultado sugiere una necesidad de mejora verificable en el proceso de captura, que consiste en definir campos obligatorios para ubicación y sector, junto con criterios de validación que reduzcan el registro incompleto y sostengan comparaciones entre periodos.

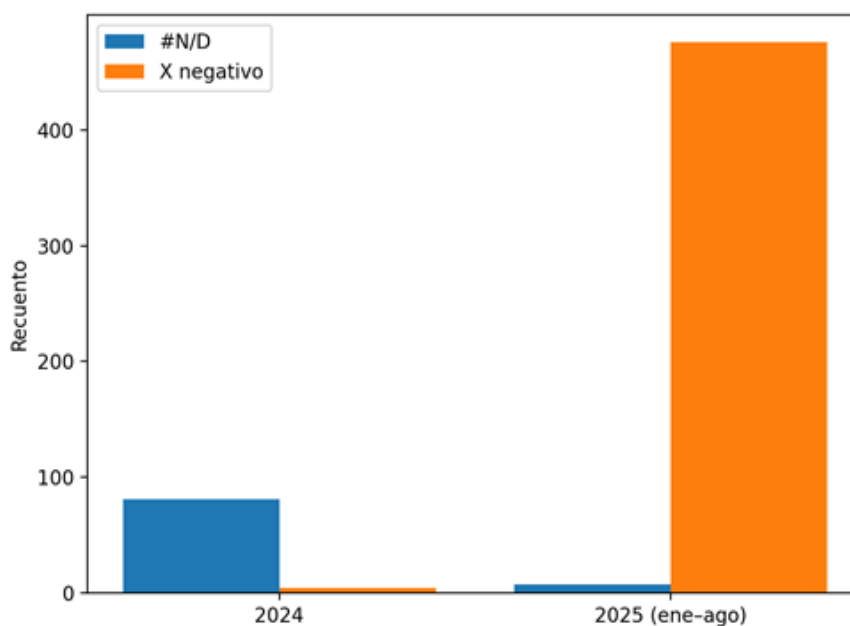
Los registros también presentan valores anómalos que introducen incertidumbre cuando se usan como base para indicadores. En el UCO 2024 aparecen valores negativos en el campo X, con un ejemplo de alta magnitud como -307701,55, lo que indica un problema de consistencia del dato cuando el campo se interpreta como medida asociada al evento (UCO, 2024). En el UCO enero–agosto 2025 se observan valores negativos en ese mismo campo, con registros como -69,5 y -49,23, lo que refuerza la presencia de inconsistencias en la serie operativa. Este resultado no atribuye causas al error; sin embargo, evidencia la necesidad de depuración antes de utilizar el campo para comparaciones o estimaciones.

La Figura 2 presenta dos indicadores de calidad del dato en los registros UCO para 2024 y 2025 (enero–agosto). La gráfica compara la frecuencia de campos con #N/D frente a registros

con valores negativos en el campo X. El contraste permite identificar diferencias en la consistencia del registro entre periodos y dimensionar la necesidad de depuración previa al cálculo de indicadores. Esta síntesis apoya la trazabilidad del análisis al mostrar dónde se concentran las anomalías antes de realizar comparaciones por zona o tipología.

Figura 2

Indicadores de calidad del dato en UCO



Nota. Elaboración propia.

Estos hallazgos delimitan oportunidades de mejora medibles sin salir del alcance documental del estudio. La completitud territorial requiere estandarizar catálogos de comuna y

sector, definir reglas de diligenciamiento y aplicar revisiones periódicas de consistencia en la captura del UCO (UCO, 2024). La coherencia de campos numéricos demanda validaciones de rango y de signo, de tal manera que el sistema no acepte valores incompatibles con el significado operativo del campo. En conjunto, la evidencia respalda una recomendación técnica concreta para el prestador, que consiste en formalizar un control de calidad del dato con indicadores de registros incompletos y registros anómalos como insumos para la priorización por zonas.

Tabla 4

Indicadores cuantitativos de calidad del dato en registros UCO

Documento	Periodo	Páginas totales	Páginas con texto extraíble	Apariciones de #N/D	Valores negativos en X	Mínimo valor negativo	Máximo valor negativo
UCO 2024	2024	11	11	83	4	-307701,55	-106,21
UCO ene– ago 2025	ene–ago 2025	9376	33	13	557	-29044619,73	-1,79

Nota. Elaboración Propia. #N/D corresponde a campos incompletos; los valores negativos en X se contabilizan sobre el texto extraíble del PDF.

La Tabla 4 cuantifica dos hallazgos de calidad del dato identificados en los registros UCO; la presencia de campos incompletos marcados como #N/D y la aparición de valores negativos en el campo X. El conteo permite dimensionar la magnitud del problema y ubicar una oportunidad de mejora verificable, orientada a fortalecer el diligenciamiento territorial y la validación de campos numéricos antes de usar el registro para comparaciones por sectores.

Pérdidas reales tipología de falla

La tipología de pérdidas reales se describe con base en los registros operativos de órdenes de trabajo UCO, donde cada evento queda clasificado por tipo de daño y por componente

intervenido. En este estudio, la tipología se entiende como la etiqueta operativa que identifica el origen del evento y orienta su tratamiento en campo. El formato UCO integra este criterio con información territorial mediante dirección del daño, barrio, comuna y sector de servicio, lo que permite ordenar la lectura por zonas cuando el diligenciamiento conserva consistencia (UCO, 2024). El mismo soporte incorpora variables del activo, tales como material y diámetro, de modo que cada evento queda asociado con atributos físicos de la infraestructura intervenida. Esta estructura habilita comparaciones por componente y por característica del tramo atendido, con trazabilidad dentro del registro.

El registro UCO enero–agosto 2025 diferencia eventos como FUGA RDP para red principal y FUGA ACO para acometida, categorías que permiten separar el componente atendido y consolidar recurrencias por tipo de intervención. La Tabla 5 sintetiza un recuento de estas tipologías en el bloque de registros con texto legible del archivo, donde se observan 713 entradas clasificadas como FUGA RDP y 737 como FUGA ACO. En el mismo bloque aparecen actividades complementarias registradas en el campo de acciones adelantadas; se identifican 151 entradas asociadas con excavación y 12 con reparcho, lo que amplía el contexto operativo de la atención documentada. Esta evidencia cumple una función descriptiva y ordena la lectura de pérdidas reales por componente y por tipo de acción reportada.

Tabla 5

Recuento de tipologías y acciones operativas registradas en UCO ene–ago 2025

Categoría registrada en UCO	Recuento de entradas
FUGA RDP	713
FUGA ACO	737
EXCAVACIÓN	151
REPARCHEO	12

Categoría registrada en UCO	Recuento de entradas
Registros con #N/D	13
Registros con X negativo	558
Valor mínimo observado en X	-29044619,73
Valor máximo observado en X	-1,79

Nota. Elaboración Propia.

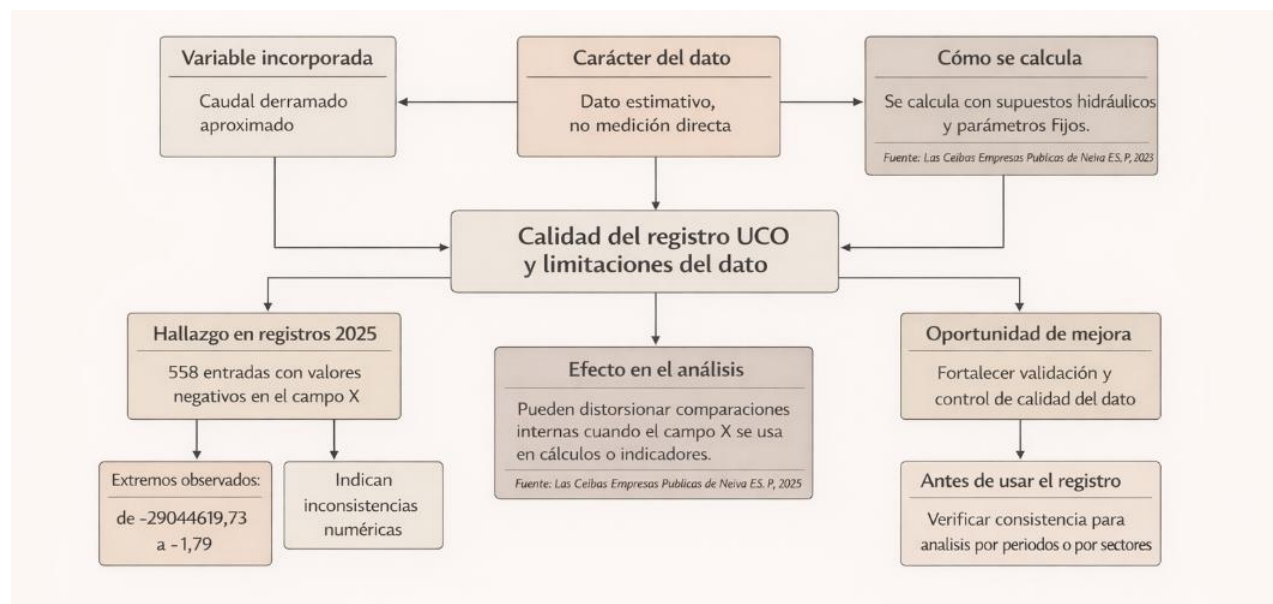
La tipología de falla se complementa con atributos del activo que facilitan una lectura técnica del registro. En UCO, cada orden de trabajo incorpora material y diámetro de tubería, por lo que el análisis puede agrupar eventos por características físicas y sostener comparaciones por componente intervenido cuando el campo se encuentra diligenciado (UCO, 2024). Por otra parte, la información territorial permite revisar concentraciones por barrio, comuna y sector, siempre que esos campos conserven completitud. En el bloque cuantificado del registro 2025 se identifican 13 entradas con la marca #N/D, situación que impide asignar el evento a una unidad territorial específica y reduce la comparabilidad espacial. Este resultado ubica la completitud territorial como condición necesaria para análisis por zonas.

El registro también incorpora una variable de caudal derramado aproximado y deja explícito su carácter estimativo. El formato UCO documenta que el caudal se calcula con supuestos hidráulicos y parámetros fijos, por lo que el dato no corresponde a una medición directa del volumen real derramado (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2023). En el mismo bloque de registros 2025 se observan 558 entradas con valores negativos en el campo X, con extremos entre -29044619,73 y -1,79, lo que indica inconsistencias numéricas que pueden distorsionar comparaciones internas cuando ese campo se utiliza en cálculos o indicadores (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Este hallazgo define una oportunidad de

mejora verificable en validación y control de calidad del dato antes de usar el registro en análisis por periodos o por sectores.

Figura 3

Limitaciones del registro UCO y control de calidad de datos



Nota. Elaboración Propia.

Fugas en acometidas

Las fugas en acometidas se analizan como una tipología de pérdida real registrada de forma sistemática en las órdenes de trabajo del Grupo Acueducto, con eventos clasificados como “Fuga en red acometida” dentro del registro UCO-2024-01 (UCO, 2024). En este contexto, UCO (2024) por su parte, delimita el periodo revisado entre enero y septiembre de 2024 e incorpora campos de localización y caracterización del evento, como dirección del daño, barrio, comuna y sector de servicio, junto con variables operativas que describen la atención.

El registro operativo UCO (2024) consigna variables del activo como diámetro y material, lo que permite asociar cada reporte de acometida con atributos físicos registrados en la orden de trabajo. Con esa estructura, el análisis diferencia eventos por componente intervenido y ordena la

revisión por recurrencia y por sector, con apoyo en la localización por barrio, comuna y sector consignada en el mismo formato. En continuidad con lo anterior, el análisis organiza estos registros para examinar causas técnicas y operativas asociadas a pérdidas reales en acometidas. El Anexo A organiza los campos del registro y el Anexo B vincula esa evidencia con los objetivos del estudio.

El análisis reconoce que el registro UCO incluye, junto con fugas, actividades operativas complementarias como excavación, demolición y reparcho, mantenimiento y visita, por lo que la lectura por tipología requiere depuración previa cuando se comparen recurrencias de acometidas. UCO (2024) incorpora el caudal derramado aproximado como estimación calculada con supuestos hidráulicos y parámetros fijos, por lo que el dato funciona como señal comparativa y no como medición directa del volumen perdido. En el mismo sentido, el registro consigna tiempos asociados a la intervención, aunque esos tiempos no representan necesariamente la duración total del evento desde su inicio. El análisis exige validaciones del dato antes de sostener comparaciones temporales.

Fugas en red principal

Las fugas en red principal se presentan como una tipología identificable dentro del registro UCO-2024-01, el cual clasifica intervenciones como “Fuga en red principal / fuga red principal” y las vincula con atributos del activo y localización para ordenar la evidencia por componente intervenido y por territorio (UCO, 2024). En continuidad con lo anterior, el análisis organiza registros rotulados como FUGA RED PRINCIPAL con referencias de diámetro y material, por ejemplo 3 PVC, asociadas a barrio y sector, lo que habilita revisar concentraciones de eventos cuando los campos se mantienen estables.

En términos de salidas observables del registro, UCO (2024) por su parte, delimita el periodo revisado entre enero y septiembre de 2024 e incorpora campos que describen la atención operativa y el activo intervenido. El registro integra fecha y hora de reporte, número de OT, dirección del daño, acciones adelantadas, diámetro de tubería, material, distinción red matriz o acometida, caudal derramado aproximado, barrio, comuna, sector de servicio, fecha y hora de reparación, y registro de cierre y apertura, lo que permite revisar recurrencia por evento y contrastarla por barrio, comuna o sector, dado que el mismo soporte reúne tipología y ubicación. El Anexo A organiza estos campos para facilitar verificación y lectura del registro.

La evidencia delimita el alcance analítico del apartado porque UCO (2024) incorpora un caudal derramado aproximado calculado con supuestos hidráulicos, por lo que su uso admite comparación con cautela metodológica. En el mismo sentido, el registro presenta tiempos de reparación que no capturan el tiempo total de fuga desde su inicio, lo cual condiciona lecturas temporales si no se realizan validaciones previas del dato.

Integridad de activos

La evidencia documental empleada para este apartado proviene de los registros UCO-2024-01 y UCO ENERO–AGOSTO 2025, sistematizados en el Anexo A y el Anexo B, y permite relacionar eventos de fuga con atributos del activo y con localización territorial. En ese soporte, las intervenciones se concentran en eventos clasificados como “fuga en redes principales” o “fuga en red principal”, con registro de diámetro y material y con ubicación por barrio, comuna y sector, lo que habilita lecturas comparativas por componente y por territorio cuando los campos se diligencian con estabilidad. En consecuencia, la integridad se registra como un elemento que condiciona la magnitud de pérdidas reales y la carga operativa asociada

con la atención de daños, en la medida en que el mismo formato permite revisar recurrencias por tipo de evento y por zona.

El registro operativo incorpora variables de gestión que amplían la lectura del evento más allá de la reparación ejecutada. En continuidad con lo anterior, UCO (2024) integra campos de fecha y hora de reporte, identificación de la orden de trabajo, dirección, acciones adelantadas, distinción entre red matriz y acometida, barrio, comuna y sector de servicio, junto con información de cierre y apertura, lo que permite seguir decisiones operativas asociadas con la atención del daño. De esta forma, el análisis puede contrastar tipología y ubicación con trazabilidad temporal de la intervención, dado que el formato también incorpora tiempos de reparación y maniobras de cierre y apertura

El alcance analítico queda delimitado por condiciones explícitas del mismo registro y por aspectos de calidad del dato descritos en los instrumentos. Por su parte, el “caudal derramado aproximado” se consigna como estimación basada en supuestos hidráulicos y no como medición directa, lo que exige control de consistencia antes de emplearlo en comparaciones de volumen perdido. En la misma evidencia, se reportan campos incompletos identificados como #N/D en comuna y sector en los registros 2024 y 2025, lo que condiciona lecturas espaciales cuando se pretende comparar recurrencia entre zonas. Con ello, la integridad de activos se presenta como un resultado sustentado en trazabilidad entre evento, atributos del activo y localización, sin extender atribuciones por tramo específico cuando el registro permanece anclado a una intervención asociada a dirección y sector.

Material y diámetro en eventos

El análisis de material y diámetro se apoya en los campos consignados en los formatos UCO, los cuales permiten ordenar la evidencia por características físicas del componente

intervenido. En esa línea, UCO (2024) registra diámetro de tubería y material dentro de cada orden de trabajo, junto con la clasificación del evento y su ubicación por barrio, comuna y sector, lo que habilita revisar recurrencia por rangos de diámetro y por territorio. A su vez, el Anexo B consigna ejemplos de reportes con material PVC y diámetros que varían entre eventos, incluidos registros como 3 PVC, 4 PVC y 6 PVC, utilizados para describir la presencia de estos atributos en el formato

La evidencia 2025 amplía el tipo de atributos consignados en el registro y refuerza la trazabilidad operativa del evento. En continuidad con lo anterior, UCO (2025) mantiene la clasificación por tipología, con etiquetas como FUGA RDP y FUGA ACO, e incorpora variables operativas y del activo que incluyen fecha y hora de reporte, barrio, comuna, sector, inicio y fin de reparación, cierre y apertura, horas diarias, y un campo adicional para material de abrazadera. De esta manera, material y diámetro funcionan como variables de clasificación presentes en el soporte documental, con potencial para agrupar eventos por atributos comunes cuando se requiere priorizar verificaciones por zona.

El mismo conjunto de documentos introduce condiciones que deben quedar explícitas en resultados para no sobreinterpretar los campos del activo. Por un lado, el registro documenta el uso de un caudal derramado aproximado y muestra formulaciones asociadas al cálculo, por lo que el dato debe tratarse como aproximación y no como medición del volumen perdido. Por otro lado, en 2025 se observan valores negativos en un campo asociado a “X”, dentro del bloque donde se registra la estimación, lo que obliga a validación previa antes de utilizar ese componente del registro en comparaciones. En continuidad con lo anterior, la presencia de #N/D en comuna y sector limita comparaciones espaciales consistentes cuando el diligenciamiento no

conserva estabilidad, por lo que el análisis de material y diámetro se sostiene como ordenamiento descriptivo de la evidencia, condicionado por depuración y control de captura

Eficiencia operativa

La eficiencia operativa se documenta a partir de los tiempos y maniobras consignados en los registros UCO, los cuales permiten reconstruir la atención de eventos asociados con pérdidas reales. El soporte institucional reporta el inicio y fin de trabajos y periodos de cierre de válvulas como base para aproximar la eficiencia operativa (véase el Anexo B). En concordancia con ello, el registro UCO integra campos de fecha y hora de reporte, fecha y hora de reparación, cierre y apertura, y horas diarias, junto con la identificación de la orden y la ubicación, lo que habilita comparaciones entre eventos por tipología y por sector cuando la captura mantiene coherencia interna (véase el Anexo A). Por su parte, el documento institucional que sustenta el análisis reconoce el uso del sistema UCO para el control operativo de fugas, con registro de tipología y tiempos como parte del seguimiento operativo (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

En el mismo soporte, la eficiencia operativa queda asociada a la secuencia de actividades registradas en cada intervención. UCO (2024) consigna acciones adelantadas y actividades complementarias vinculadas con la atención del daño, como excavación, demolición y reparcho, mantenimiento y visita, lo que permite describir la carga operativa que acompaña el cierre de un evento y diferenciar el tipo de intervención reportada. En continuidad con lo anterior, UCO (2024) incorpora un caudal derramado aproximado como estimación calculada con supuestos hidráulicos y parámetros fijos, por lo que el dato se interpreta como señal comparativa dentro del registro y no como medición directa del volumen perdido.

La aplicación de los instrumentos también delimita el alcance de los tiempos registrados cuando se utilizan para lectura de eficiencia. El registro muestra tiempos de reparación y maniobras de cierre y apertura, UCO (2024) consigna tiempos asociados a la intervención; sin embargo, el análisis delimita que esos tiempos representan la atención registrada y no garantizan el momento real de inicio del evento. En consecuencia, los resultados permiten sostener que la eficiencia operativa puede analizarse con base en la trazabilidad temporal de la intervención consignada en UCO, manteniendo la interpretación en el marco de lo que el registro documenta y controlando los supuestos asociados a las estimaciones incluidas.

Tiempos de reparación y maniobras

El registro UCO consolida una secuencia temporal por evento que permite reconstruir la atención operativa. UCO (2024) incorpora fecha y hora de reporte, fecha y hora de reparación, y campos de cierre y apertura, junto con la identificación de la orden, la ubicación y la tipología del evento. De este modo, la comparación entre casos puede sustentarse en marcas de tiempo registradas en el mismo soporte. El análisis vincula estos tiempos con la lectura de eficiencia operativa y organiza su trazabilidad en el Anexo B.

El mismo registro delimita el alcance de los tiempos cuando se interpretan como proxy del comportamiento de la fuga. En este contexto, UCO (2024) consigna tiempos asociados a la intervención, aunque el análisis reconoce que esos tiempos describen la intervención registrada y no equivalen al tiempo total de fuga, ya que el evento puede iniciar antes del reporte. En consecuencia, los tiempos de reparación y las maniobras registradas permiten comparar capacidad de respuesta y ejecución entre eventos, mientras el análisis temporal del volumen perdido requiere cautela cuando se apoya en marcas de tiempo que representan la atención y no la duración real del daño.

Calidad del dato y registro

La aplicación de los instrumentos identifica condiciones de captura que afectan comparaciones por territorio y consistencia interna. En los registros operativos revisados aparecen campos incompletos marcados como #N/D, en particular para comuna y sector, lo que restringe análisis espaciales y lectura por zonas cuando el diligenciamiento no conserva estabilidad (UCO, 2024; UCO, 2025). En el mismo bloque de registros, el instrumento documenta valores anómalos negativos en un campo asociado a la estimación del evento, lo que introduce incertidumbre si ese dato se usa sin validación previa (UCO, 2025).

La calidad del registro queda condicionada por el tipo de variables incluidas y por su naturaleza de estimación. UCO (2024) incorpora el caudal derramado aproximado como un cálculo basado en supuestos y parámetros fijos, por lo que no representa una medición directa del volumen perdido. Por otra parte, el formato integra actividades operativas complementarias como excavación, demolición y reparcho, mantenimiento y visita, lo que exige filtrar y depurar eventos cuando el objetivo sea comparar recurrencia de fugas o construir tendencias por tipología.

Gobernanza institucional

La gobernanza institucional se analiza como el conjunto de arreglos internos asociados con la toma de decisiones, la coordinación operativa y la rendición de cuentas alrededor del control de pérdidas de agua. La evidencia documental registra la creación de un Comité de Gestión de Pérdidas durante 2024, orientado a organizar el balance hídrico y estructurar un modelo hidráulico para la identificación de debilidades del sistema. Bajo esta perspectiva, el comité se presenta como un mecanismo de articulación entre medición, operación y planeación, dado que concentra el análisis de información, define prioridades y vincula hallazgos técnicos

con acciones internas. En este marco, la gobernanza se describe como un habilitador de decisiones trazables, con continuidad de seguimiento y coherencia con los resultados del diagnóstico documental.

El desempeño de esta gobernanza depende de que el comité produzca resultados verificables que conecten metas, responsables y seguimiento. En ese sentido, la estructuración de un plan anual orientado al control de pérdidas permite ordenar intervenciones por zonas, definir fases de sectorización y establecer un calendario de implementación de dispositivos de control de presión donde aplique. De igual manera, la producción de indicadores operativos por zona contribuye a evaluar la evolución del desempeño y a sostener comparabilidad entre periodos, en la medida en que se integren entradas de agua, consumos registrados y eventos operativos documentados. Por consiguiente, la gobernanza se registra como un puente entre la evidencia acumulada y la ejecución de acciones, al establecer reglas de priorización y mecanismos de seguimiento que convierten la información en decisiones.

Desde la gestión de proyectos, la gobernanza institucional se relaciona con la capacidad para coordinar recursos, gestionar riesgos y dar continuidad a las iniciativas en el tiempo. Un esquema de responsabilidades definido favorece la articulación entre cuadrillas, áreas de medición, componentes comerciales y equipos de planeación, evitando fragmentación en intervenciones aisladas. La formalización de rutinas de reporte interno aporta control de avance, facilita la identificación de desviaciones y ordena la incorporación de aprendizajes derivados de la operación. Bajo este marco, la gobernanza institucional se presenta como una condición organizacional asociada con el control de pérdidas, al integrar información, coordinación operativa y planeación de intervenciones mediante productos de seguimiento que permiten evaluar resultados.

Acceso a información y limitaciones

El acceso a información técnica para análisis por zonas aparece condicionado por restricciones documentadas en las fuentes revisadas. En esa línea, el prestador del servicio registra reserva para la entrega de cartografía, sectorización y zonas de presión, restricción que limita la verificación independiente de fronteras de sector y de puntos de control necesarios para análisis espacial con los documentos disponibles. En continuidad con ello, el análisis registra esa barrera institucional como límite del corpus y mantiene el alcance en la información efectivamente entregada. El Anexo A organiza la evidencia para facilitar su revisión.

En el mismo sentido, la evidencia disponible delimita el nivel de desagregación con el que puede examinarse el indicador y sus variaciones por territorio. Por su parte, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025) reporta la serie del IANC de forma agregada y sin desagregación por DMA o sector hidráulico, condición que reduce la capacidad documental de comparar periodos equivalentes por zona dentro del material revisado. En concordancia con esa limitación, el análisis identifica la necesidad de contar con insumos estables de sectorización para sostener análisis por sectores. La revisión se mantiene restringida a lo consignado en las respuestas institucionales y a su organización en el Anexo B.”

Objetivo específico: Oportunidades de mejora y portafolio

El objetivo específico registra oportunidades de mejora a partir de la evidencia organizada en los instrumentos diligenciados, con base en la relación entre hallazgos documentales y posibles líneas de intervención. La presentación se apoya en la línea base del indicador de agua no contabilizada y en los registros operativos disponibles para identificar componentes del sistema asociados con necesidades de acción priorizada. En este marco, las oportunidades se organizan según patrones registrados en medición, control hidráulico, atención

de fallas y calidad del registro, manteniendo trazabilidad con la evidencia documental. Bajo este criterio, el objetivo específico consolida la transición desde los hallazgos registrados hacia un portafolio de iniciativas formulado con alcances verificables, responsables definidos y seguimiento por sectores.

El portafolio se plantea como un conjunto organizado de iniciativas que se ordena por fases, donde la secuencia depende de requisitos de información, capacidad operativa y condiciones de implementación por zona. La integración de registros del sistema de órdenes de trabajo con información de inventario de activos se considera una condición para sostener decisiones basadas en recurrencia de eventos y para evaluar el efecto de intervenciones en el tiempo. A su vez, la consolidación de medición por sectores y el control de presiones se articulan como líneas que permiten monitoreo continuo, ajustes operativos y focalización de inspecciones, con indicadores comparables por periodos. Por consiguiente, el objetivo específico culmina en una propuesta de organización del trabajo en iniciativas con productos verificables, criterios de priorización, tratamiento de calidad del dato y mecanismos de seguimiento que permitan sostener el control de pérdidas en la operación.

Línea base y metas

La línea base se construye a partir del indicador de agua no contabilizada reportado por el prestador como diferencia entre el agua producida enviada a la red y el agua facturada (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). La serie histórica disponible permite observar un comportamiento alto y variable durante la última década, con un registro de 61,10 por ciento en 2016 y 56,30 por ciento en 2024 (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Para septiembre de 2025 se reporta un valor parcial de 49,48 por ciento, lo que aporta una referencia reciente para seguimiento (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

Esta base se registra como un punto de partida agregado del sistema, útil para evaluar tendencias generales, con límites para atribuir cambios a zonas específicas porque la serie se presenta sin desagregación por DMA o sector hidráulico (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

La formulación de metas se orienta a traducir la línea base en objetivos medibles que puedan acompañarse de acciones verificables por componente de pérdida. En este enfoque, la meta global se descompone en metas operativas asociadas con medición, control hidráulico y gestión de fallas, de modo que el seguimiento muestre avances por frentes de trabajo y no quede concentrado en un único valor anual. La definición de metas se apoya en el potencial de intervención identificado en modernización de micromedición, incorporación gradual de telemetría y fortalecimiento de sectorización con control de presiones, articulando estas acciones con la atención de fugas en acometidas y en red principal (véase el Anexo B). De este modo, la meta global se convierte en un marco para priorizar inversiones y ordenar la implementación por fases, con responsables y productos de seguimiento.

El seguimiento de metas se organiza mediante un esquema de indicadores complementarios que permite registrar variaciones del indicador principal con mayor precisión operativa. Entre los indicadores se incluyen la relación entre agua producida y agua facturada por periodos, el comportamiento de caudales por zonas cuando exista medición de entrada, la recurrencia de fugas por tipología y sector, y los tiempos de intervención asociados con maniobras y cierre de eventos (véase el Anexo A). El desempeño del seguimiento depende de la calidad del registro, por lo cual se incorpora un control de consistencia en campos de ubicación, fechas, atributos del activo y variables estimadas, con reglas de validación orientadas a reducir vacíos y valores anómalos (Anexo A; Anexo B). Bajo este criterio, la línea base y las metas se

presentan como un eje de gestión que articula medición, operación y decisiones de intervención con trazabilidad y comparabilidad por periodos.

IANC histórico

El indicador de agua no contabilizada se analiza en su comportamiento histórico como referencia para describir la magnitud del desbalance entre el agua enviada a la red y el agua facturada, según la definición reportada por el prestador (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). La serie disponible registra niveles altos con variación a lo largo del tiempo, con un valor de 61,10 por ciento en 2016 y de 56,30 por ciento en 2024 (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). La cifra parcial reportada a septiembre de 2025, ubicada en 49,48 por ciento, corresponde a un dato de seguimiento de corte parcial que requiere cierre anual para comparabilidad completa (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Bajo este criterio, el IANC histórico se presenta como una línea de contexto para el seguimiento de metas y para el contraste de la evolución general del sistema, teniendo en cuenta que el reporte disponible se presenta de forma agregada (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

La lectura histórica del IANC se vincula con la forma en que el prestador organiza su seguimiento institucional del desbalance. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025) reporta el uso de clasificación de pérdidas como soporte para orientar acciones, diferenciando componentes asociados con pérdidas reales y pérdidas aparentes (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). En esa misma línea, el indicador se utiliza como señal agregada para orientar la planificación, sin atribuir por sí mismo el origen del cambio a una única causa, dado que la evidencia revisada no detalla una desagregación que permita aislar efectos por zona.

El uso del IANC histórico en el portafolio se relaciona con la traducción de la tendencia general en metas por periodos y en metas operativas por componentes del sistema. La evidencia organizada en los instrumentos diligenciados registra la necesidad de desagregar el seguimiento por zonas de control cuando exista medición de entrada y de vincular variaciones del indicador con eventos operativos consignados en órdenes de trabajo (Anexo A; Anexo B). En coherencia con ello, la combinación de sectorización, control de presiones y telemetría se incorpora como base para construir comparaciones por sector y registrar alertas ante desbalances persistentes, condicionada por la disponibilidad de información por zonas (véase el Anexo B).

Trazabilidad operativa y gestión de activos

El objetivo específico de oportunidades de mejora y portafolio incorpora la trazabilidad operativa como una opción sustentada en la evidencia institucional disponible. En la evidencia documental, el prestador anexa un cuadro operativo UCO 2023–2025 con tipologías, caudales estimados y tiempos, lo que permite organizar la lectura del desempeño operativo con base en registros comparables (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). En ese sentido, el formato UCO consolida variables realizadas en órdenes de trabajo, como tipología del evento, atributos del activo, localización por barrio–comuna–sector y registros de intervención, lo cual habilita reconstruir qué ocurrió y cómo se atendió cada evento a partir del mismo soporte (UCO, 2023, 2024, 2025).

Con base en esa estructura, la evidencia permite derivar salidas operativas que alimentan el seguimiento del portafolio. En la evidencia documental, la empresa consigna inicio y fin de trabajos, junto con periodos de cierre de válvulas, lo que abre la posibilidad de comparar tiempos de respuesta y reparación entre tipologías y zonas, y de relacionar estos tiempos con proxies de

impacto cuando el registro incorpora estimaciones asociadas al evento (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025; UCO, 2023, 2025).

A partir de ello, en la evidencia documental, se plantea definir KPIs de tiempo de respuesta y reparación, y vincularlos con volumen o impacto estimado, junto con la estandarización de rutinas de cierre y apertura para reducir afectaciones durante la atención (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). La evidencia también sustenta una oportunidad de mejora orientada a gestión de activos, al reconocer el límite del registro cuando queda anclado a la intervención y a la referencia territorial sin identificación técnica del componente. En esa línea, en la evidencia documental, se propone integrar el UCO con el inventario de activos en un esquema tipo GIS o gestión de activos, para sostener una trazabilidad “evento–tramo–intervención–costo–resultado”, con capacidad de seguimiento por ciclos de vida (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025).

Esta integración se apoya en el hecho de que el UCO ya registra atributos como material y diámetro y ubicación territorial, por lo que el ajuste requerido consiste en conectar esos campos con identificadores únicos del activo y reglas de actualización del inventario (UCO, 2023, 2024). En continuidad con lo anterior, la misma matriz señala que existen campos incompletos en comuna o sector, lo que confirma la necesidad de control de calidad del dato para sostener comparabilidad territorial cuando se implemente la integración (UCO, 2024, 2025).

Sistema UCO 2023 a 2025

El objetivo específico de oportunidades de mejora y portafolio incorpora el sistema UCO 2023 a 2025 como una oportunidad de mejora porque la evidencia institucional anexó un cuadro operativo con tipologías, caudales estimados y tiempos, lo que permite ordenar la operación con un mismo soporte (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). En esa línea, UCO

(2023–2025) consolida órdenes de trabajo con identificación del evento, registros de intervención y localización por barrio, comuna y sector, lo que habilita comparar recurrencias entre periodos cuando los campos mantienen consistencia.

A partir de esa estructura, el registro permite vincular tipología y territorio con atributos del activo como material y diámetro, lo cual aporta insumos para priorización por componente y por zona de servicio. En continuidad con los hallazgos del objetivo específico de causas técnicas, operativas e institucionales, esta base documental sostiene la lectura de fallas en acometidas y red principal con trazabilidad operativa, al conservar la clasificación del evento dentro de cada orden. En coherencia con el objetivo específico de Cambios Tecnológicos y estructurales, en la evidencia documental se ubica este registro como un puente para conectar control por zonas y seguimiento operativo, porque permite observar atención de eventos y asociarla con sectores cuando exista medición de entrada y control hidráulico.

El mismo conjunto de instrumentos delimita el alcance del UCO como fuente para el portafolio, porque el registro incluye un “caudal derramado aproximado” calculado con supuestos y no como medición directa, lo que obliga a tratarlo como referencia comparativa y no como volumen real perdido (UCO, 2024). En ese sentido, UCO (2024) reporta tiempos de reparación asociados a la intervención en campo, aunque esos tiempos no necesariamente capturan la duración total de la fuga desde su inicio, lo cual condiciona lecturas temporales si el análisis busca estimar pérdidas reales. Con base en esa limitación, en la evidencia documental, se plantea construir indicadores de tiempo de respuesta y reparación y relacionarlos con el impacto estimado, junto con rutinas estandarizadas de cierre y apertura para comparar desempeño operativo entre periodos (véase el Anexo B).

La evidencia también identifica vacíos de captura en comuna y sector en registros recientes, por lo que en la evidencia documental se sustenta la necesidad de validaciones, catálogos y campos mínimos para sostener comparabilidad territorial (UCO, 2024–2025). En continuidad con lo anterior, en la evidencia documental se propone integrar UCO con inventario de activos para vincular evento, tramo e intervención, con capacidad de seguimiento posterior por activo y por zona, lo que orienta una mejora operativa verificable dentro del objetivo específico de oportunidades de mejora y portafolio (véase el Anexo A).

Integración UCO con inventario de activos

En la evidencia documental se ubica como resultado del objetivo específico 3 una oportunidad de mejora centrada en integrar el sistema UCO con el inventario de activos, de modo que cada orden de trabajo quede asociada a un tramo o componente plenamente identificado y permita reconstruir la trazabilidad evento–tramo–intervención–costo–resultado para soportar gestión de activos y priorización por desempeño observado (véase el Anexo B).

En esa línea, el resultado articula los hallazgos previos, porque la sectorización y el control de presiones requieren unidades comparables por zona y la recurrencia de fugas por tipología, material y diámetro necesita un vínculo estable con el inventario para evitar lecturas basadas solo en direcciones o sectores. En continuidad con las limitaciones documentadas para cartografía y planes estratégicos, el mismo instrumento registra que la integración debe acompañarse de salidas agregadas o anonimizadas para sostener seguimiento por sector sin exponer información sensible, lo que introduce una condición de gobernanza del dato para el portafolio (véase el Anexo B).

Síntesis integradora

La pregunta de investigación formuló cuáles alternativas de mitigación documentadas permiten reducir pérdidas reales en la infraestructura y la operación de la red de distribución de agua de Neiva, a partir de evidencia histórica, tecnológica y normativa. La revisión documental, articulada por los tres objetivos específicos, permitió identificar seis líneas de acción que responden de forma conjunta a esa pregunta, la sectorización en los distritos de medida con balance de entrada y de salida por zona, la gestión de las presiones por medio de las válvulas reductoras con las consignas operativas diferenciadas en horario valle, la reposición de la micromedición con una trazabilidad de ciclo de vida del dispositivo, el fortalecimiento del registro UCO con las reglas de validación y los catálogos estandarizados, la integración entre las órdenes de trabajo e inventario de los activos por tramo y el escalamiento del piloto de la telemetría con el protocolo de los umbrales y de verificación, por ellos para estas alternativas emergen de la convergencia entre los hallazgos por objetivo y se conforman con el núcleo del portafolio de las intervenciones que aquí se propone.

El objetivo orientado a la base tecnológica aportó al describir los cambios en medición, digitalización y operación hidráulica, que condicionan la disponibilidad y calidad del dato para el control de pérdidas. A su vez, el objetivo enfocado en el análisis causal complementó esta base mediante la identificación de causas técnicas y operativas, al examinar las tipologías de falla en acometidas y en la red principal, considerando variables como material, diámetro, tiempos de atención y vacíos de registro que limitan la comparación territorial. Por su parte, el objetivo de formulación de mejoras tradujo estos insumos en oportunidades estructuradas por fases, con indicadores verificables y metas escalonadas, apoyadas en la línea base del IANC y en la trazabilidad de las órdenes de trabajo. De este modo, la articulación entre los objetivos produce

una respuesta integral en la que el diagnóstico tecnológico se delimita según las capacidades disponibles, el análisis causal focaliza las intervenciones y el portafolio orienta la toma de decisiones con criterios de priorización y seguimiento.

De igual forma para las categorías también se expuso que la calidad del registro condiciona el alcance de cada alternativa y los vacíos muestran los valores anómalos en los campos como la magnitud y los registros incompletos en el UCO que afectan la estimación de las pérdidas y la comparabilidad por periodos y zonas, por ello el fortalecimiento del dato se opera como una alternativa transversal que se acompaña de las demás líneas y que define la precisión alcanzable en la priorización por tramos y sectores, la eficiencia operativa y la capacidad de aislar las zonas dependen tanto del control hidráulico como de la disciplina de registro con implicaciones directas sobre la duración de la atención y el impacto en el sistema. En cuanto a la gestión institucional a través de instancias como el Comité de Gestión de Pérdidas y productos como el balance hídrico y el modelo hidráulico sostiene la continuidad del esfuerzo y se conecta con la información y con las decisiones operables, la Tabla 6 organiza la síntesis de hallazgos por bloques y se especifica la evidencia utilizada y explicita qué decisiones se habilita en cada resultado para construir el portafolio de mejora.

Tabla 6

Síntesis de resultados de la revisión documental sobre pérdidas de agua en redes de distribución de Neiva

Bloque	Hallazgos clave (síntesis)	Evidencia utilizada	Qué permite decidir / controlar
Estructura	Los resultados se presentan con trazabilidad entre instrumentos, objetivos, categorías y fuentes; se	Instrumentos diligenciados y	Sustentar conclusiones verificables y preparar la transición al portafolio.

Bloque	Hallazgos clave (síntesis)	Evidencia utilizada	Qué permite decidir / controlar
	explicita el alcance según disponibilidad y calidad del registro.	fuentes consultadas	
Obj. 1 – Cambios tecnológicos y estructurales	La medición y la modernización se asumen como base del balance hídrico y del control de pérdidas aparentes; se destacan avances en recambio de medidores y monitoreo gradual.	Registros institucionales y reportes de medición	Priorizar inversiones, sostener comparabilidad temporal y soportar análisis por sectores.
Medición y modernización tecnológica	Se registra recambio aproximado de 26.000 micromedidores (2024–2025); se enfatiza gestión por ciclo de vida, inventario actualizado y control de calidad en instalación.	Registros de recambio e información operativa	Mejorar facturación, reducir submedición y fortalecer la línea base para control de pérdidas.
Medición y digitalización	La digitalización se orienta a aumentar oportunidad del dato y consistencia temporal; se reporta piloto de telemetría para contrastar entradas con consumos por zona.	Documentos del piloto y registros asociados	Detectar desbalances por sector y orientar verificaciones/acciones con mayor oportunidad.
Telemetría y lectura remota	Se consolida como habilitador de series continuas y validaciones cruzadas; su utilidad depende de calibración, continuidad y roles claros para análisis/mantenimiento.	Evidencia del piloto y registros de operación	Escalar con criterios verificables y traducir datos en inspecciones, ajustes operativos y control.

Bloque	Hallazgos clave (síntesis)	Evidencia utilizada	Qué permite decidir / controlar
Operación hidráulica	La operación se lee como control de presiones/caudales con disciplina de registro; se resalta el seguimiento de tendencias y los umbrales para orientar inspección y ajustes.	Información operativa y registros de variables	Reducir exposición a presiones asociadas con fallas y sostener condiciones comparables entre sectores.
Sectorización y gestión de presiones	Delimitación de zonas con medición de entrada, aislamiento y maniobras estandarizadas; permite lectura comparativa (incluido caudal nocturno) y diagnóstico por zonas.	Requerimientos técnicos y registros por zona	Priorizar inspecciones e intervenciones en pérdidas reales y sostener control operativo diferenciado.
Obj. 2 – Causas técnicas, operativas e institucionales	Predominan tipologías de fallas en acometidas y red principal; la recurrencia se interpreta con apoyo de material/diámetro y localización, limitada por vacíos y atípicos del registro.	Órdenes de trabajo / UCO y reportes institucionales	Construir criterios de criticidad por zonas, activos y tipologías; orientar intervención focalizada.
Fugas en acometidas / red principal	Acometidas: vulnerabilidad por uniones, accesorios y ciclos de presión; Red principal: priorización por recurrencia, diámetro/material; el “tiempo” registrado refleja intervención, no inicio real del evento.	Órdenes de trabajo y campos asociados	Definir frentes operativos (estandarización, recambio focalizado, control de presión) y criterios de priorización.

Bloque	Hallazgos clave (síntesis)	Evidencia utilizada	Qué permite decidir / controlar
Integridad de activos (material/diámetro)	Los atributos físicos permiten clasificar patrones y apoyar renovación por desempeño; se requiere inventario técnico para ubicar eventos por tramo y sostener trazabilidad.	Registros operativos + necesidad de inventario	Pasar de atención reactiva a mantenimiento/renovación programada por desempeño y criticidad.
Eficiencia operativa (tiempos y maniobras)	Los tiempos y maniobras permiten comparar respuesta y complejidad; se identifican cuellos de botella y la necesidad de estandarizar registro y procedimientos.	Registros de inicio/fin, actividades y maniobras	Mejorar planeación de recursos, reducir reincidencias y construir indicadores operativos comparables.
Calidad del dato	Vacíos y valores anómalos limitan análisis espacial y comparaciones; se proponen campos mínimos, validaciones, depuración y cruces con bitácoras.	Revisión de consistencia del registro	Elevar confiabilidad del análisis y del seguimiento por sectores/periodos.
Gobernanza institucional	Se documenta comité (2024) y productos (balance hídrico y modelo hidráulico); se requiere plan anual, responsables y métricas por zona.	Evidencia institucional de gobernanza	Asegurar continuidad, priorizar por zonas y convertir información en decisiones operables.
Acceso a información y limitaciones	Restricciones de cartografía/insumos y agregación de indicadores limitan la atribución por zona; se plantea gestión de información e	Evidencia de acceso parcial y heterogeneidad del registro	Mejorar precisión territorial y habilitar modelación/seguimiento más robustos.

Bloque	Hallazgos clave (síntesis)	Evidencia utilizada	Qué permite decidir / controlar
	integración OT–inventario con anonimización.		
Obj. 3 – Oportunidades y portafolio	Se deriva un portafolio por fases apoyado en línea base IANC y trazabilidad UCO; se requieren indicadores complementarios y desagregación por zonas.	Serie IANC + registros operativos	Definir metas escalonadas, organizar iniciativas verificables y monitorear resultados por frentes.

Nota. Elaboración Propia.

Discusiones

El apartado de discusión articula los planteamientos del marco referencial con los resultados obtenidos en la revisión documental, con el propósito de interpretar el alcance de la evidencia y su sentido para el control de pérdidas. En esa ruta, el texto confronta los hallazgos con enfoques sobre medición, gestión de presiones, sectorización, gestión de activos y trazabilidad, para explicar coincidencias, vacíos y condiciones de aplicación. A partir de esa relación, la discusión delimita qué aspectos del fenómeno pueden sostenerse con el registro disponible y qué elementos quedan condicionados por calidad del dato y restricciones de información. Por consiguiente, los argumentos mantienen continuidad entre objetivos específicos y categorías analíticas, vinculando evidencia, interpretación y criterios de decisión.

Propósito y ruta de la discusión

La discusión interpreta los hallazgos sin repetir su descripción y delimita el alcance de la revisión documental. El Anexo A presenta el instrumento de extracción, que organiza cada documento según variables analíticas y condiciones de lectura. El Anexo B presenta el instrumento de trazabilidad, que vincula objetivos, categorías y fuentes para sostener una cadena de evidencia verificable. Con ese soporte, el análisis explica qué implican los resultados para el control de pérdidas y qué límites introduce la consistencia del registro.

La ruta argumentativa avanza por hallazgos centrales y mantiene un encadenamiento entre apartados. En primer lugar, la discusión aborda cambios tecnológicos y estructurales que habilitan decisiones comparables por sectores. Luego, examina causas técnicas, operativas e institucionales que orientan criterios de intervención. Por último, consolida oportunidades de mejora y un portafolio por fases, con seguimiento verificable organizado en el Anexo B. Esta

secuencia conecta la evidencia con decisiones de gestión y prepara la transición hacia el objetivo específico de cambios tecnológicos y estructurales.

Objetivo específico. Cambios tecnológicos y estructurales

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. en 2025 ubica la medición y la modernización como punto de entrada para ordenar el control de pérdidas, al reportar acciones recientes en micromedición y seguimiento por sectores (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Desde esa evidencia, la medición no actúa como un resultado en sí mismo, actúa como la condición que define qué parte del desbalance puede atribuirse a consumo registrado y qué parte queda en el campo de la incertidumbre operativa. Por ello, International Organization for Standardization (2018) ayuda a leer este hallazgo como un asunto de trazabilidad del activo y del dato, ya que, sin reglas de inventario y control, la inversión pierde comparabilidad en el tiempo.

El mismo oficio institucional vincula ese frente tecnológico con decisiones estructurales de operación, al reportar estrategias de regulación de presión soportadas en sectorización hidráulica y monitoreo en tiempo real, al registrar estrategias de regulación de presión soportadas en sectorización hidráulica y monitoreo en tiempo real (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Esa conexión sugiere que el cambio organizacional no depende solo de comprar equipos, depende también de convertir lecturas en rutinas, umbrales y responsabilidades que permanezcan cuando cambian los ciclos de reporte. En esa línea, Tian et al. (2023) permiten interpretar que el control de presiones exige coherencia hidráulica para no producir lecturas que parecen mejoras, pero que sólo trasladan el desbalance entre sectores. Con esa base, se puede transitar hacia la discusión de medición como columna de control y no como intervención aislada.

Medición y modernización tecnológica

El análisis identifica que el oficio PQR-2025-0007685-01 presenta la medición como parte de un paquete de gestión, al mencionar recambio masivo de medidores y un piloto de telemetría para contrastar entrada y consumos (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). A partir de ese soporte, la medición funciona como “columna vertebral” solo cuando mejora dos capacidades a la vez, la separación entre pérdidas aparentes y reales y la posibilidad de comparar sectores en periodos equivalentes. No obstante, el mismo tipo de evidencia abre un límite, porque la medición puede estabilizar el consumo registrado sin que eso se traduzca en reducción de fugas si la operación hidráulica mantiene presiones y transitorios sin control.

En términos de interpretación, el resultado sugiere que la modernización habilita decisiones por etapas, porque el dato no se vuelve útil en el momento de instalarlo, es útil cuando existe continuidad y validación en campo (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). En consecuencia, Ramos-Salgado et al. (2022) dialogan con este hallazgo al proponer rutas de decisión que conectan diagnóstico, escenarios e indicadores, lo cual encaja con la necesidad de pasar de acciones sueltas a portafolios verificables. Desde ese lente, una brecha crítica para Neiva no es únicamente tecnológica, también de inventario, porque sin trazabilidad de instalación, retiro y ubicación por sector, el recambio rompe series y dificulta atribuir cambios a una intervención.

La aplicabilidad local queda condicionada por tres tensiones derivadas del reporte institucional sobre contraste entre entrada y consumos y sobre escalamiento hacia sectores tipo DMA (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). Primero, la comparabilidad depende de que los sectores tengan puntos de control definidos y consistentes, lo cual obliga a resolver vacíos de cartografía operativa antes de prometer lectura fina. Segundo, la continuidad

de series requiere capacidad de instalación y aseguramiento de calidad, porque un medidor instalado sin control termina introduciendo sesgo en el indicador. Tercero, el cierre lógico de este apartado exige entrar al recambio de micromedición, ya que allí se define si el cambio corrige pérdidas aparentes o si solo reorganiza el error de medición hacia otro lugar del sistema.

Reposición de micromedición

La fuente institucional presenta el recambio de micromedición como parte de un programa y no como respuesta a solicitudes aisladas. Esta evidencia conduce a una lectura por ciclo de vida del parque de medidores, con criterios de criticidad y priorización territorial. International Organization for Standardization (2018) respalda que el recambio opere con inventario, roles y verificación.

Por otro lado, la evidencia que el prestador vincula el control operativo con registro de tipologías, tiempos y variables del evento, lo que permite contrastar consumos registrados con entradas cuando exista medición sectorial. El resultado abre un riesgo operativo concreto, porque calidad de instalación y trazabilidad del medidor condicionan sesgos de lectura que se reflejan en pérdidas aparentes y en estabilidad del indicador agregado. En términos de formulación de proyecto, la evidencia de recambio masivo exige un alcance por fases con criterios de priorización verificables, junto con rutinas de control de calidad en campo que queden registradas. Esa estructuración permite definir métricas de ejecución que no limiten las unidades instaladas, más bien que incluyan consistencia de lecturas y reducción de anomalías en zonas priorizadas. En esa línea, Caetano et al. (2022) apoyan que los criterios expresen reglas trazables para priorizar y para auditar resultados, lo que enlaza con digitalización.

Medición y digitalización

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025) reporta un plan piloto de telemetría y lectura remota en la zona industrial Palermo, asociado al contrato 288 de 2024. El reporte indica que el piloto mide el sector intervenido con equipos electrónicos y produce lecturas diarias a distancia. La fuente describe un punto de control de entrada ubicado en la única red de ingreso del sector y establece su contraste con consumos registrados. Este diseño permite identificar desbalances persistentes y orientar búsquedas de fugas con criterios de priorización. Así, Benidis et al. (2023) permiten interpretar que el valor del dato aumenta cuando se traduce en alertas y acciones repetibles.

La evidencia institucional describe una condición de implementación vinculada a la articulación entre telemetría, reporte institucional e identificación operativa de eventos. Esta relación introduce riesgo de islas de información cuando la telemetría no es integrada con procesos comerciales y operativos que validen coherencia y cierren desviaciones. En esa línea, Ramos-Salgado et al. (2022) ayudan a leer la integración como requisito de portafolio por etapas, con responsabilidades definidas.

La aplicabilidad en Neiva queda cruzada por una limitación documentada, debido a la reserva de cartografía, sectorización y zonas de presión reportada por el prestador, lo que restringe la explotación plena del dato por zonas. Esta condición afecta estandarización y continuidad, porque la lectura por sectores requiere identificadores estables de zona y de punto de entrada para comparar periodos equivalentes. Por ende, Tricarico et al. (2024) permiten sostener que la digitalización solo sostiene comparabilidad cuando se preservan definiciones de unidad de control, lo que conduce a telemetría.

Telemetría y lectura remota

El oficio PQR-2025-0007685-01, emitido por Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. en 2025, reporta un plan piloto de telemetría y lectura remota en la zona industrial Palermo, asociado al contrato 288 de 2024. El reporte indica que el piloto mide el sector intervenido mediante equipos electrónicos y produce lecturas diarias a distancia para seguimiento operativo. La fuente describe un punto de control de entrada y su contraste con consumos registrados por los usuarios, lo que permite identificar desbalances persistentes y orientar búsquedas de fugas por priorización. De este modo, la telemetría se entiende como recurso de control operacional que vincula medición de ingreso, lecturas remotas y decisiones sobre pérdidas reales en un territorio delimitado.

A partir del piloto, el análisis propone un protocolo de uso que defina umbrales, alarmas y rutina de verificación antes del escalamiento a otros sectores. Esta propuesta requiere capacidad institucional para revisar series, depurar lecturas y activar respuestas operativas ante anomalías. En este sentido, Barton et al. (2022) sostienen que el dato habilita priorización cuando se integra con variables operativas y de activos.

El paso de piloto a escalamiento exige criterios verificables antes de expansión, y la evidencia ya plantea indicadores de uso mediante protocolo y rutina. Con ello, los resultados permiten proponer que el éxito del piloto se valide por estabilidad de la serie, tasa de datos válidos y capacidad de cerrar brechas entre entrada y consumo con acciones documentadas. En esa línea, International Organization for Standardization (2018) apoya que la decisión de escalar conecte con métricas de desempeño, riesgos y responsabilidades, lo que enlaza con operación hidráulica.

Operación hidráulica

El oficio PQR-2025-0007685-01 reporta la operación hidráulica asociada a estrategias de control y regulación de presión, soportadas en modelos de sectorización y monitoreo de caudales con seguimiento en tiempo real. Este resultado sitúa la operación como disciplina de reglas y umbrales, porque la regulación requiere consignas por zona y registro de cambios para mantener comparabilidad entre periodos. En esa línea, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2021) permite conectar estas reglas con requerimientos técnicos de operación y mantenimiento documentados.

La evidencia abre una lectura sobre pérdidas reales, porque el control de presión se relaciona con frecuencia de fallas y con la dinámica de fugas cuando la red opera fuera de rangos estables (Uchôa et al., 2023). El soporte para explicar que la relación presión-fuga no es lineal y que el beneficio depende de cómo cambie el gradiente de presión en la zona intervenida. En esa línea, Hernández-Samaniego et al. (2025) refuerzan que dispositivos y consignas funcionan cuando la zona está realmente controlada y medida.

Para volver reproducible la toma de decisiones, los resultados sugieren requerimientos mínimos de instrumentación y bitácora, porque la operación ligada a monitoreo exige registrar consignas, cierres y verificación de tendencias. Ese registro permite diferenciar variaciones por demanda de variaciones asociadas con fallas, y sostiene el aprendizaje operativo cuando se comparan periodos equivalentes. En esa línea, International Organization for Standardization (2018) respalda que la disciplina de registro se vincule con indicadores y mejora continua, lo que conduce a gestión de presiones y sectorización.

Gestión de presiones y sectorización

Los instrumentos diligenciados registran la sectorización y la gestión de presiones como estrategia de control por zonas, con soporte en modelos de sectorización y en monitoreo de caudales en tiempo real. Este resultado ubica la sectorización como unidad operativa para diagnóstico y seguimiento, porque la evidencia propone formalizar set points, uso de PRVs donde aplique y vínculo con indicadores por zona. En esa línea, Tricarico et al. (2024) sostienen que la verificación de resultados depende de métricas por unidad controlable y comparables entre periodos.

La aplicabilidad local queda condicionada por una restricción documentada, ya que el registro reporta reserva de cartografía, sectorización y zonas de presión, junto con una serie agregada sin desagregación por DMA. Esta evidencia afecta dependencias de implementación, porque el control por zonas requiere fronteras, puntos de entrada y capacidad de ubicar activos como válvulas y macromedidores en un sistema de información. En esa línea, Ramos-Salgado et al. (2022) apoyan que el escalamiento sea organizado por fases, con definición explícita de dependencias y riesgos.

Los riesgos operativos que emergen del resultado se alinean con aislamiento incompleto, errores de medición y discontinuidades de registro, que deterioran comparabilidad y pueden distorsionar decisiones por zona. Con ello, el control formula como paquete de gestión que incluye validación de datos, estándares de operación y criterios de priorización para decidir dónde cerrar el primer balance por zona. En esa línea, Caetano et al. (2022) permiten justificar que la priorización se exprese como reglas trazables y auditables, cerrando el bloque de cambios tecnológicos y estructurales.

Objetivo específico: Causas técnicas, operativas e institucionales asociadas a pérdidas

Los instrumentos diligenciados muestran que el diagnóstico de causas se apoya en el registro operativo de órdenes de trabajo, donde distinguen intervenciones por tipología y incorporan campos del activo, como material y diámetro, junto con ubicación por barrio, comuna y sector. Esa estructura no se describe dónde se repara, también sugiere cómo se está interpretando el fenómeno dentro de la empresa, porque el formato permite separar lo que ocurre en acometidas y lo que ocurre en red principal, con posibilidades distintas de control y seguimiento. En ese sentido, el registro UCO se comporta como una fuente que organiza la evidencia para lectura territorial y para priorización por recurrencia, siempre que la captura conserve estabilidad en los campos operativos.

A partir de esa base, en la evidencia documental se advierte que el mismo registro incorpora tiempos de reparación, maniobras de cierre y apertura, y un caudal derramado aproximado que proviene de supuestos fijos, no de medición directa. Esa decisión metodológica puede orientar comparaciones internas, pero también introduce un riesgo de interpretación cuando el tiempo documentado corresponde a la intervención y no al inicio real de la fuga. En esa línea, ISO 55002 propone sostener decisiones trazables cuando la evidencia se vuelve parte del sistema de gestión, lo que obliga a tratar el dato como un insumo que también requiere control y auditoría (International Organization for Standardization [ISO], 2018).

Pérdidas reales y tipología de falla

La clasificación por tipología que aparece en los instrumentos no se limita a un orden administrativo, porque permite leer la “anatomía” de la pérdida real al separar eventos en red principal y en acometidas, con localización por sector de servicio. Cuando esa separación existe, el análisis deja de depender de indicadores agregados y puede construir hipótesis por zonas, por

componente y por patrón de repetición. Ese punto abre una diferencia práctica, ya que una política de intervención basada en acometidas tiende a privilegiar estandarización y control de uniones, mientras una política centrada en red principal exige criterios de criticidad por tramo.

En ese punto, Uchôa et al. (2023) ayudan a interpretar por qué la tipología importa, ya que el comportamiento presión–fuga no se expresa igual cuando el daño se ubica en elementos pequeños y numerosos, frente a tramos con condiciones tensionales y gradientes distintos. Si el registro muestra repetición en ambos frentes, la lectura técnica sugiere que la ciudad no enfrenta una sola causa dominante, es un conjunto de mecanismos que pueden coexistir y alternarse por sector. Esa coexistencia obliga a no tratar la tipología como una estadística aislada, más bien tratarla como un punto de partida para decidir qué variables faltan para confirmar causas.

El registro UCO advierte límites que afectan esa inferencia, porque el formato mezcla fugas con actividades complementarias y reporta estimaciones que requieren consistencia interna antes de sostener tendencias. También se registran inconsistencias de digitación que, si no se depuran, desplazan el análisis hacia conclusiones basadas en ruido y no en patrones. Por esa razón, el siguiente apartado entra en la tipología de acometidas, donde la recurrencia suele depender de detalles de instalación y de ciclos operativos que el registro no siempre describe de forma explícita.

Fugas en acometidas

Los instrumentos diligenciados documentan eventos rotulados como fuga en red acometida con referencias a diámetros menores y material PVC, lo que sugiere una concentración de daños en componentes de conexión y en puntos de unión. Ese hallazgo cambia la lectura del control de pérdidas reales, porque una alta frecuencia en acometidas suele asociarse con fallas repetibles, de escala local y con dependencia fuerte de prácticas de instalación y

reposición. En términos operativos, la empresa queda frente a un problema que exige repetición disciplinada de estándares en campo, más que intervenciones aisladas sin trazabilidad de la acometida intervenida.

En esa línea, Caetano et al. (2022) permiten sostener que la recurrencia documentada puede transformarse en reglas de priorización cuando el prestador define criterios verificables y categorías de intervención. La lectura por recurrencia y por zona no equivale a intervenir donde más se reporta, porque el registro puede estar sesgado por la facilidad de reporte o por accesibilidad del punto. Con ese cuidado, la síntesis del análisis sugiere un programa focalizado que combine estandarización de materiales, inspección y recambio dirigido por repetición, con una lógica de seguimiento que permita verificar si el patrón cambia después de intervenir.

Ese enfoque enfrenta dos tensiones. La primera es la trazabilidad, porque la acometida puede quedar registrada por dirección sin un identificador técnico que permita confirmar si la fuga reincide en el mismo componente o en conexiones cercanas. La segunda es la dependencia del régimen de presión, porque los cambios operativos pueden aumentar o reducir la recurrencia sin que el registro lo explique por sí solo. Con ello, el paso hacia red principal resulta necesario, ya que allí las consecuencias y el volumen potencial amplían los riesgos operativos y exigen otra escala de decisión.

Fugas en red principal

El oficio PQR-2025-0007685-01 evidencia eventos rotulados como fuga red principal asociados con barrio y sector, junto con atributos como diámetro y material, lo que habilita lecturas de criticidad por zona cuando los campos se capturan con estabilidad. Esa evidencia sugiere que la red principal no concentra únicamente volumen potencial, también concentra decisiones de maniobra y afectación del servicio, por lo que el control no depende solo de

reparar rápido, también depende de reducir recurrencias por tramo. En esa lógica, el registro se vuelve más útil cuando permite pasar de evento atendido a segmento con comportamiento repetido.

En ese punto, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2021) respalda el tránsito hacia decisiones sustentadas en modelos de envejecimiento y articulación con gestión de activos, lo que encaja con la necesidad de convertir la evidencia de órdenes de trabajo en carteras de renovación. Esa conversión no se deriva automáticamente del número de fugas, porque la criticidad también depende de consecuencias y de condiciones operativas del sector. Por esa razón, ISO (2018) plantea que el análisis de riesgo debe sostenerse con trazabilidad de datos y con reglas consistentes, lo que implica depurar y vincular eventos con inventarios de red para atribuir fallas a tramos específicos.

La misma evidencia obliga a una precaución analítica, porque el “caudal derramado aproximado” se calcula con supuestos fijos y el tiempo reportado corresponde a la intervención, no al tiempo total de fuga. Esa diferencia puede cambiar la lectura del volumen perdido y, por extensión, el orden de prioridades si se usa el volumen como criterio principal. Así, Tricarico et al. (2024) sugieren que el control de fugas requiere líneas base y separaciones cuidadosas entre consumo nocturno y fuga, lo que refuerza la necesidad de validar estimaciones con medición y con consistencia temporal. Con esa advertencia, el siguiente bloque avanza hacia integridad de activos, donde material y diámetro pasan de ser campos descriptivos a ser variables de decisión.

Integridad de activos

Los instrumentos diligenciados muestran que el registro operativo permite relacionar eventos de fuga con atributos del activo y con una localización territorial por barrio, comuna y sector, lo cual abre la posibilidad de leer la pérdida real como un patrón de desempeño y no

como episodios aislados. Esa lectura cambia el sentido de la intervención, porque el indicador que interesa deja de ser solo el número de reparaciones y pasa a ser la recurrencia por componente y zona. En esa línea, International Organization for Standardization (2018) plantea que la gestión de activos ordena decisiones cuando la evidencia se integra a objetivos, riesgos tolerables y planes de ciclo de vida. Con ese criterio, la integridad se interpreta como una condición que se gestiona con reglas de priorización y trazabilidad, no como un resultado automático de atender daños.

El valor del registro se fortalece cuando el análisis evita atribuciones rápidas y reconoce el alcance real de la evidencia disponible. La síntesis de extracción advierte que el documento UCO-2024-01 concentra intervenciones en fugas de red principal y acometidas, con campos de diámetro y material, pero su anclaje sigue siendo un reporte operativo asociado a una intervención concreta. Por ello, la interpretación de integridad exige distinguir entre dónde se repara y qué activo falla, porque la dirección o el sector no equivalen a un tramo identificado y comparable en el tiempo. En esa misma dirección, Barton et al. (2022) sostienen que los modelos de confiabilidad requieren series consistentes y variables del activo asociadas a unidades comparables, de modo que el diagnóstico no dependa de agregaciones que cambian con la captura.

A partir de esa tensión, la discusión conduce a una implicación metodológica para Neiva, que consiste en convertir el registro operativo en evidencia trazable por activo, con campos que permitan seguir la historia de fallas antes y después de intervenciones. La síntesis de trazabilidad ya sugiere usar el formato UCO para identificar concentraciones por material y diámetro y alimentar un plan de renovación basado en evidencia. Conectando esa idea con Balekelayi y Tesfamariam (2023) la utilidad del registro crece cuando se controla la incertidumbre y se

actualiza la lectura de riesgo con nueva información, particularmente si existen diferencias por zona. Con esa base, el apartado siguiente profundiza en material y diámetro como variables que orientan decisiones, bajo condiciones estrictas de inventario y control de captura.

Material y diámetro en eventos

Los instrumentos diligenciados evidencian que el formato UCO registra diámetro y material en eventos de fuga, con ejemplos recurrentes en PVC y diámetros que varían entre acometidas y red principal. Esta disponibilidad resulta útil porque permite ordenar la evidencia y formular hipótesis operativas sobre vulnerabilidades, aunque la discusión exige evitar inferencias directas del tipo a más reportes corresponde un material de peor desempeño. En esa línea, Caetano et al. (2022) muestran que cualquier jerarquización por criterios depende de reglas explícitas y de coherencia en la construcción de los datos, ya que el ranking cambia cuando cambian los supuestos o la calidad de los insumos. Con ese enfoque, material y diámetro funcionan como variables de clasificación inicial, cuya interpretación debe anclarse a la consistencia del registro y a una referencia del inventario existente.

Esa precaución se vuelve necesaria porque un patrón aparente puede reflejar la composición de la red y no un desempeño inferior del material, especialmente si no existe un denominador que indique longitud instalada, edad o historial de reposiciones por sector. En la evidencia documental se confirma que el registro incluye campos del activo y variables operativas, pero no garantiza por sí mismo atribución por tramo ni control de sesgos por captura. En ese sentido, los modelos analíticos que predicen fallas a nivel de tramo requieren variables estructuradas, continuidad y control de coherencia para evitar que el modelo aprenda ruido del registro. En esa dirección, Hu et al. (2025) respalda el uso de enfoques predictivos cuando

existen rasgos del activo y del contexto disponibles, condición que en Neiva depende de depuración y estandarización previas.

De esta discusión se deriva una implicación práctica para la priorización, que consiste en tratar material y diámetro como disparadores de verificación, no como criterios únicos de decisión. Una ruta por fases puede iniciar con agrupaciones simples por recurrencia y atributos, y pasar a decisiones de renovación cuando el inventario permite diferenciar edad, condiciones de instalación y contexto hidráulico por zona. En esa línea, Ramos-Salgado et al. (2022) proponen una lógica de diagnóstico, escenarios y portafolios que vincula evidencia con rutas de inversión, lo cual ayuda a evitar intervenciones sueltas sin seguimiento verificable. Con esa transición, se avanza hacia la dimensión operativa, porque una priorización por activos exige medir también el desempeño de respuesta cuando el daño ocurre, aspecto que conduce al análisis de eficiencia operativa.

Eficiencia operativa

Los instrumentos diligenciados registran tiempos de inicio y fin de trabajos y periodos de cierre de válvulas como base para aproximar la eficiencia operativa. Esa evidencia sugiere que la organización ya dispone de un lenguaje mínimo para comparar atención entre eventos, pero el análisis exige precisar qué mide cada tiempo y qué deja por fuera. En esa dirección, International Organization for Standardization (2018) plantea que los indicadores solo orientan decisiones cuando conservan definiciones estables, responsables claros y reglas de verificación en campo.

El sentido de trabajar la eficiencia no se reduce a hacer más rápido, porque el volumen perdido se acumula mientras el evento permanece sin control y mientras el aislamiento hidráulico se ejecuta con incertidumbre. Con ese trasfondo, el registro permite formular una lectura crítica sobre brechas de logística y coordinación que prolongan la exposición del sistema,

incluso cuando la reparación final queda documentada. A la vez, Tricarico et al. (2024) respaldan que la comparación operacional se vuelve más útil cuando se enlaza con señales hidráulicas y no queda limitada al cierre administrativo del evento.

La evidencia del instrumento también muestra actividades complementarias como excavación, demolición y reparcho, las cuales explican por qué el tiempo total depende de recursos y de la decisión técnica. Bajo esa lectura, la eficiencia requiere separar el tiempo de respuesta, el tiempo de aislamiento y el tiempo de restitución del servicio, para evitar que un único promedio oculte cuellos de botella. Desde esa base, el análisis conduce a revisar el componente más sensible del indicador, los tiempos de reparación y las maniobras.

Tiempos de reparación y maniobras

Los instrumentos diligenciados muestran que la trazabilidad incluye campos de inicio y fin y decisiones de cierre y apertura para reconstruir la atención del evento. Esa estructura permite comparar eventos por sector y tipología, pero la interpretación debe distinguir intervención registrada y duración real de la fuga, porque el inicio efectivo del daño puede anteceder el registro operativo. En esa línea, Barton et al. (2022) advierten que los modelos basados en fallas dependen de marcas temporales consistentes, ya que sesgos de registro alteran la lectura de riesgo y recurrencia.

El instrumento también documenta que las maniobras se asocian con la capacidad de aislar el tramo y restablecer la operación, lo cual condiciona usuarios afectados y estabilidad del sistema durante la reparación. Esta relación obliga a interpretar los tiempos como un resultado institucional y no únicamente técnico, porque el mismo tipo de fuga puede demandar duraciones distintas por accesibilidad y operación de válvulas. Por otra parte, Hernández-Samaniego et al. (2025) muestran que el control de presiones y la regulación operativa dependen de dispositivos y

rutinas coherentes, por lo que maniobras sin estandarización tienden a producir variabilidad en resultados.

En el instrumento de trazabilidad se sugiere construir KPI de respuesta y reparación y ligarlos con impacto estimado, antes de pensar en expansión de prácticas. La implicación es metodológica y de gestión, porque el piloto de medición del desempeño debe validar definiciones, rangos y fuentes, evitando que cada cuadrilla registre con criterios distintos. Con esa advertencia, la discusión debe pasar a la base que sostiene todo el sistema comparativo, la calidad del dato y del registro.

Calidad del dato y registro

Los instrumentos diligenciados reconocen que la utilidad analítica del sistema depende de la coherencia interna entre ubicación, fechas, tipología y atributos del activo. Este hallazgo implica que el portafolio de intervenciones no se vuelve más trazable solo por tener más registros, porque la priorización exige comparabilidad estable entre periodos y sectores. En este sentido, Ramos-Salgado et al. (2022) plantean que el tránsito de diagnóstico a portafolio requiere reglas reproducibles de datos e indicadores que permitan realimentación y ajuste del plan.

En la evidencia documental se advierte que el caudal derramado aproximado se calcula con supuestos hidráulicos y parámetros fijos, por lo que no representa medición directa. Esa condición obliga a tratar las estimaciones como señal comparativa y no como volumen real, porque decisiones de inversión basadas en valores no auditados pueden desplazar recursos hacia sectores por error de cálculo. Por otro lado, Uchôa et al. (2023) muestran que la relación presión–fuga requiere parametrización consistente, por lo que supuestos fijos no capturan variabilidad espacial y operativa. La discusión también debe considerar que la calidad del dato funciona como un activo organizacional, ya que sin reglas de captura y verificación el análisis

territorial se vuelve frágil. Esta lectura conecta con la necesidad de definir campos mínimos y validaciones, lo cual conduce a revisar el primer punto que limita la atribución espacial, la presencia de campos incompletos.

Gobernanza institucional

Los instrumentos diligenciados registran la creación de un Comité de Gestión de Pérdidas en 2024 orientado a estructurar balance hídrico y modelo hidráulico. Esta evidencia implica que el control de pérdidas se entiende como una práctica transversal y no como un conjunto de acciones sueltas, siempre que el comité opere como un nodo de decisiones y no como un espacio de reporte. En esa dirección, International Organization for Standardization (2018) vincula la gestión de activos con estructuras que sostienen decisiones verificables y ciclos de mejora.

La discusión debe matizar el alcance de la instancia, porque una mesa técnica no reemplaza los mecanismos operativos que garantizan captura de datos, ejecución de rutinas y retroalimentación con cuadrillas. Bajo ese criterio, la gobernanza se evalúa por su capacidad de traducir información en decisiones, priorización por zonas y seguimiento de indicadores, evitando que la organización mantenga “islas” entre operación, comercial y planeación. Por ende, Ramos-Salgado et al. (2022) sostienen que el portafolio por etapas depende de la realimentación y del cierre de brechas entre escenarios y ejecución.

En la evidencia documental se propone que el comité produzca salidas verificables como plan anual, cronograma por zonas y seguimiento por indicadores, lo que fija un estándar mínimo de rendimiento institucional. Esa orientación conduce a discutir los productos técnicos como arquitectura de gestión, ya que su valor depende de requisitos de dato, responsabilidades y mecanismos de actualización, tema que se desarrolla en el apartado del comité, el balance hídrico y el modelo hidráulico.

Acceso a información y limitaciones

En la evidencia documental se documenta negativa de entrega de cartografía y planes estratégicos por reserva legal, lo que restringe el nivel de detalle del diagnóstico espacial. Esta evidencia implica que parte del análisis debe operar con productos agregados o anonimizados, lo cual reduce la precisión para asociar eventos a tramos específicos y para verificar efectos de intervenciones por zona. De acuerdo con Caetano et al. (2022) la priorización por categorías depende de información suficiente para clasificar, por lo que restricciones de insumo obligan a ajustar el alcance y explicitar incertidumbre.

El instrumento también propone reorientar solicitudes hacia indicadores por sector sin exponer cartografía, lo que sugiere que la gestión de información puede producir salidas útiles sin vulnerar restricciones. Bajo esa lógica, la discusión debe reconocer que el control de pérdidas necesita un equilibrio entre seguridad de información y rigor técnico, porque el seguimiento demanda comparar periodos y zonas con definiciones estables. En este sentido, Benidis et al. (2023) respaldan que la anticipación de eventos se sostiene cuando existen series continuas y accesibles para análisis, lo cual exige acuerdos internos de disponibilidad y estándares.

En la evidencia documental se plantea integrar órdenes de trabajo con inventario de activos para sostener trazabilidad sin depender únicamente de planos sensibles, usando identificadores únicos por tramo y componente. Esa propuesta conecta directamente acceso a información con gobernanza, porque el problema deja de ser tener un plano y pasa a ser tener un sistema de datos que permita atribuir y verificar intervenciones. Con este cierre, la discusión queda preparada para avanzar hacia la construcción de oportunidades y portafolio por fases, sustentado en trazabilidad operativa y reglas de decisión.

Objetivo específico: Oportunidades de mejora y portafolio

Los instrumentos diligenciados muestran que el portafolio se construye desde dos piezas de evidencia que se complementan. Por un lado, el oficio institucional consolida la serie del indicador de agua no contabilizada IANC y fija el punto de partida del seguimiento agregado del sistema. Por otro, el registro operativo UCO aporta detalles de eventos y de atención que permite explicar por qué el indicador puede moverse sin que exista una mejora sostenible en pérdidas reales. Ese cruce sugiere que la oportunidad no se reduce a listar iniciativas, se reduce a ordenar una secuencia que preserve comparabilidad, asigne responsabilidades y produzca verificación por sectores. El análisis anticipa esta lógica al proponer metas por fases y al plantear que la información operativa debe traducirse en decisiones trazables sobre zonas y activos. Por esa razón, la discusión inicia con la línea base y el modo de convertirla en metas operativas.

Línea base y metas

La evidencia documental fija una línea base agregada que permite vigilar tendencia, aunque no permite atribución directa por zonas. Cuando el seguimiento se apoya solo en un valor anual, el sistema queda expuesto a interpretaciones que mezclan cambios de producción, variaciones de consumo registrado y comportamiento de fugas. Esta condición exige que la meta global se acompañe de metas operativas que mantengan consistencia metodológica y reduzcan el margen de lectura ambigua.

El análisis orienta esta traducción mediante metas por fases asociadas con frentes de intervención, con sistematización en el Anexo B. Esta ruta conecta con la lógica de mejora continua y control documental que exige un sistema de gestión de activos, donde cada meta se vuelve verificable por producto, por responsable y por evidencia de seguimiento (International

Organization for Standardization, 2018). En ese sentido, el portafolio requiere metas que puedan auditarse con datos que ya existen y con datos que deben producirse.

La meta operativa gana consistencia cuando cada fase define condiciones mínimas de medición y registro antes de escalar intervenciones. El seguimiento requiere información operativa estandarizada y series comparables. Por ello, el portafolio exige métricas complementarias y reglas de validación que eviten avances medidos con datos inconsistentes. Esa necesidad conduce a revisar con mayor detalle la trayectoria histórica del IANC.

IANC histórico

La serie histórica del IANC, consignada en el oficio institucional, evidencia que el desempeño agregado se mantiene alto y variable en la última década. Esta persistencia sugiere que el sistema ha convivido con causas combinadas, donde pérdidas reales y pérdidas aparentes se solapan en la lectura del indicador. En la práctica, el indicador funciona como termómetro general, pero no explica por sí mismo la anatomía del desbalance dentro de la red. Por otro lado, este define el IANC como diferencia entre agua producida enviada a red y agua facturada, lo que ubica el indicador en el terreno de la consistencia entre medición, registro comercial y control operativo. Esa definición encaja con el enfoque de indicadores hidráulicamente consistentes que la literatura propone para orientar inversión y evitar sesgos de lectura cuando el sistema usa porcentajes sin trazabilidad por sectores (Giustolisi et al., 2024).

El riesgo aparece cuando la serie se interpreta como evidencia de éxito o fracaso sin control de cambios en medición, cobertura y calidad del registro. El análisis propone usar la serie como línea base para metas realistas por fases, lo cual introduce una condición metodológica clara. La meta deja de ser un número y pasa a ser una trayectoria asociada con acciones verificables, con la advertencia de que el dato reportado es agregado y limita el diagnóstico fino

por zonas. La necesidad de explicar variaciones agregadas lleva a valorar el nivel de trazabilidad de los eventos operativos.

Trazabilidad operativa y gestión de activos

Los instrumentos diligenciados sostienen que la trazabilidad operativa permite enlazar un evento con su localización, su tipología, sus tiempos y las maniobras asociadas. En el registro UCO aparece descrito como un formato que conserva campos para reconstruir la intervención y conectar el evento con atributos del activo. Esa estructura abre la posibilidad de pasar de narrativas generales a decisiones apoyadas en evidencia repetible. La trazabilidad, sin embargo, no produce mejora si queda aislada del ciclo de decisión.

Ramos et al. (2022) plantean que los portafolios por etapas requieren conectar diagnóstico, escenarios e indicadores con realimentación al plan maestro de activos, lo que obliga a que el registro operativo se convierta en insumo de priorización y no en archivo histórico. En ese tránsito, la disciplina de captura y depuración define la credibilidad del portafolio. La evidencia documental advierte que el UCO usa variables estimadas como caudal derramado, lo que exige cautela cuando se convierten registros en volúmenes y en metas. La gestión de activos puede incorporar ese dato como proxy comparativo, siempre que el equipo establezca reglas de consistencia, registre supuestos y mantenga comparabilidad temporal (Tricarico et al., 2024). Por esa razón, se revisa el sistema UCO como soporte documental de dicha trazabilidad.

Sistema UCO (2023–2025)

En la evidencia documental se describe el UCO como un registro administrativo organizado por meses, con variables de evento, ubicación y atributos del activo, junto con tiempos de reparación y registro de cierres y aperturas. Esta estructura sugiere que el sistema ya

contiene información útil para construir indicadores operativos comparables y para identificar recurrencias por tipología y zona. La oportunidad aparece cuando estos campos se usan para aprender y para ajustar prácticas y no únicamente para cerrar órdenes.

El mismo instrumento señala que el caudal derramado es una estimación basada en parámetros fijos, lo que introduce una tensión metodológica. El registro puede sobreestimar o subestimar la pérdida real, y el tiempo consignado puede reflejar intervención sin capturar el inicio real de la fuga, por lo que el portafolio debe separar gestión de respuesta de estimación de volumen perdido. Así, Barton et al. (2022) sostienen que la inferencia de comportamiento futuro exige tratar con cuidado series con censura y truncamiento, lo que en este caso se refleja en la diferencia entre duración reportada y duración real.

En la evidencia documental, la empresa reporta anexos operativos UCO 2023–2025 con tipologías, caudales estimados y tiempos, lo que permite definir criterios de escalamiento y de verificación. El riesgo se concentra en convertir el UCO en una “isla” donde los hallazgos no se traducen en reglas de priorización, en umbrales y en rutinas de retroalimentación. Ese potencial se materializa cuando el UCO se conecta con un inventario de activos con identificadores únicos.

Integración UCO con inventario de activos

En la evidencia documental se propone integrar el UCO con inventario de activos para construir una cadena de trazabilidad entre evento, tramo, intervención, costo y resultado. Ese planteamiento vuelve operativo el enfoque de gestión por riesgo, porque permite asociar recurrencia y consecuencias con activos concretos en lugar de quedarse en direcciones o sectores amplios. En términos de decisión, la integración define qué se renueva, qué se monitorea y qué se controla en operación con evidencia acumulada.

La integración exige condiciones de gobernanza del dato que ya se observan como sensibles en la evidencia institucional. El oficio registra restricciones de acceso a cartografía y documentación estratégica, lo que limita la atribución espacial detallada y obliga a diseñar salidas agregadas o anonimización para sostener análisis sin exponer información reservada (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025). En ese escenario, el inventario es un archivo técnico que también se vuelve un dispositivo de control interno sobre quién usa qué dato y para qué decisión.

La utilidad del vínculo UCO–inventario aumenta cuando el portafolio incorpora un método explícito de priorización y prueba de estabilidad del ranking. En este sentido Caetano et al. (2022) muestran que la clasificación multicriterio aporta trazabilidad de criterios y permite agrupar tramos en paquetes ejecutables, lo que encaja con un portafolio por fases siempre que el inventario permita ubicar cada evento en un tramo. Esa ruta permite cerrar el ciclo entre evidencia operativa, decisión y seguimiento. Con esos vínculos, se puede cerrar con una síntesis que encadene oportunidades, condiciones y límites.

Síntesis integradora de la discusión

La discusión interpretó los hallazgos a la luz de la pregunta sobre cuáles alternativas de mitigación documentadas permiten reducir pérdidas reales en la red de distribución de agua de Neiva. La confrontación entre los resultados y el marco referencial permite sostener que las seis líneas de acción que fueron identificadas en los resultados como la sectorización, gestión de presiones, reposición de micromedición, fortalecimiento del registro UCO, integración UCO-inventario de activos y escalamiento de telemetría, se encuentran con respaldo en la evidencia técnica y normativa revisada. Tian et al. (2023) y Hernández-Samaniego et al. (2025) confirman que la combinación entre el control de presiones y la sectorización por los distritos de medida

reduce los caudales de fuga en los contextos urbanos con la topografía variable mientras que Ramos-Salgado et al. (2022) respaldan que la estructuración por las fases con los indicadores verificables mejora la trazabilidad de las decisiones y la asignación de los recursos en utilidades con restricciones de los presupuestos.

La viabilidad de estas alternativas en Neiva queda condicionada por los tres factores que la discusión expuso de manera recurrente, en primer lugar es la calidad del dato que limita el alcance de cualquier priorización territorial dado que el registro UCO presenta campos vacíos con valores anómalos y las estimaciones que afectan la comparabilidad entre los periodos y las zonas, en segundo lugar la restricción de acceso a la cartografía de sectorización y las zonas de presión en la parte documentada en la respuesta institucional del prestador se reduce la posibilidad de desagregar el IANC por los distritos de medida y de atribuir variaciones a las intervenciones específicas, en tercer lugar para la sostenibilidad del portafolio depende de la disciplina institucional continua dado que la trazabilidad que el UCO ya ofrece se puede sostener el aprendizaje operativo cuando el equipo define los indicadores de respuesta y se verifica la consistencia de estimaciones, así que para esta última condición exige en distinguir entre la mejora operativa en los tiempos de atención y la reducción real del volumen perdido porque el tiempo de intervención que es registrado en las órdenes de trabajo refleja la duración de la reparación y no en el inicio del evento de fuga.

La discusión permite en responder la pregunta de investigación con una formulación matizada pues la evidencia histórica, tecnológica y normativa documentan las alternativas de mitigación aplicables al sistema de Neiva cuya eficacia depende de la articulación progresiva entre los que es dato, operación e institucionalidad; en el portafolio por las fases que estas secciones construyeron se traduce con la evidencia en rutas de trabajo verificables con metas

escalonadas que se conectan con el diagnóstico tecnológico y su análisis causal dando la priorización de intervenciones. La integración entre lo que es UCO e inventario de activos es alineada con los lineamientos de la International Organization for Standardization (2018) quien opera como la condición estructural para poder vincular eventos con los componentes por tramo y habilitar una lógica de ciclo de vida que se soporte con las decisiones de renovación con mantenimiento y monitoreo.

Conclusiones

La investigación permitió organizar la información técnica, operativa y de gestión para interpretar el comportamiento de las pérdidas de agua en el sistema estudiado. A partir de esa organización, el análisis vinculó los objetivos específicos con evidencias observables en registros, procedimientos y criterios de intervención. En ese recorrido, el trabajo delimitó relaciones entre medición, sectorización y seguimiento, con el fin de sostener comparaciones entre periodos y zonas. Bajo ese marco, la redacción de conclusiones integra los hallazgos de manera continua, de modo que cada objetivo se encadene con el siguiente. Con esta base, el primer cierre se orienta a los cambios tecnológicos y estructurales que condicionan el control del indicador.

En relación con el objetivo específico de cambios tecnológicos y estructurales, el estudio estableció que la medición opera como punto de partida para separar consumos registrados de volúmenes no contabilizados. Por esta vía, la reposición de micromedidores y la lectura remota aportan información para contrastar entradas de caudal con consumos por sector, cuando el registro conserva consistencia. De igual forma, la telemetría se entiende como un soporte de seguimiento que exige integración de datos, reglas de validación y responsables definidos dentro de la rutina operativa. En esa misma secuencia, la sectorización y la gestión de presiones se articulan con la medición para interpretar variaciones y orientar acciones repetibles en el territorio. Con ese enlace establecido, el análisis conduce a las causas técnicas, operativas e institucionales que influyen en el desbalance.

Respecto del objetivo específico de causas técnicas, operativas e institucionales asociadas a pérdidas, la investigación identificó que las pérdidas reales se asocian con fugas en acometidas y en tramos de red, registradas a través de reportes y atenciones. En este punto, el registro de

ubicación, material, diámetro y tiempos de intervención permite clasificar eventos por componente y zona, cuando la captura de datos sigue un estándar. Aun así, el estudio mostró que campos incompletos, valores atípicos y estimaciones limitan comparaciones directas, por lo que la depuración se convierte en una condición de lectura. Por consiguiente, la explicación del indicador depende de coordinación entre operación hidráulica, gestión comercial y mantenimiento, dado que cada frente afecta la interpretación del volumen no registrado. Con esta comprensión, el último objetivo se orienta a las oportunidades de mejora y a la forma de organizar las intervenciones.

En cuanto al objetivo específico de oportunidades de mejora y portafolio, el trabajo concluyó que la mejora se estructura mediante un portafolio por fases sustentado en línea base, metas verificables y seguimiento por zonas sectorizadas. En esa línea, la conexión entre órdenes de trabajo e inventario de activos, con identificadores por tramo y componente, fortalece la trazabilidad entre evento, intervención, costo y resultado. De este modo, la información deja de operar como reporte aislado y pasa a respaldar decisiones de renovación, mantenimiento programado y priorización territorial con criterios comparables. A través de esta articulación, instancias de coordinación para balance hídrico y uso de modelos de apoyo aportan un mecanismo de planeación anual con responsables y control por indicadores. En consecuencia, la investigación sostiene que la reducción de pérdidas se apoya en infraestructura, operación y gestión de datos integradas en un ciclo continuo de decisión.

El cierre consolida un portafolio por fases que traduce la evidencia revisada en rutas de trabajo verificables para la reducción de pérdidas reales. Esta síntesis no certifica el desempeño del prestador, porque el diagnóstico depende de restricciones documentales y de la consistencia del registro disponible. En consecuencia, las conclusiones formulan oportunidades de mejora

como condiciones operativas sujetas a verificación estricta, y no como logros institucionales. Esta formulación privilegia productos, reglas de captura e indicadores que permitan auditar avances y corregir desvíos cuando el dato resulte incompleto. De este modo, se mantiene coherencia con el objetivo específico tres y sostiene una lectura prudente, orientada por trazabilidad, aprendizaje operativo y verificación continua.

El análisis identifica cinco oportunidades articuladas entre dato, trazabilidad, sectorización, presión y medición, que ordenan el portafolio y orientan su seguimiento verificable. En primer término, el control de calidad del UCO exige validaciones obligatorias y catálogos, porque el registro presenta campos como #N/D y valores negativos. En segundo término, la trazabilidad requiere integrar órdenes de trabajo con inventario por tramo, con seguimiento de intervención, costo y resultado. En tercer término, la sectorización debe avanzar en sectores tipo DMA, entendidos como distritos con medición de entrada y balance de salidas, para sostener comparaciones por zona. En cuarto término, la gestión de presión demanda válvulas reductoras, consignas operativas y seguimiento nocturno para verificar efectos sobre fugas. En quinto término, la medición requiere continuidad de series, con recambio de micromedidores y trazabilidad de instalación, lectura y retiro.

Referencias

- Alegre, H., Baptista, J. M., Cabrera, E., Jr., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., y Parena, R. (2016). *Performance indicators for water supply services* (3rd ed.). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780406336>
- Balekelayi, N., y Tesfamariam, S. (2023). Bayesian geoadditive water pipe failure forecasting model by optimizing the updating period. *Journal of Hydroinformatics*, 25(1), 1–19. <https://doi.org/10.2166/hydro.2022.040>
- Barton, N. A., Hallett, S. H., y Tran, T. H. (2022). An evolution of statistical pipe failure models for drinking water networks: A targeted review. *Water Supply*, 22(4), 3784–3813. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.019>
- Benidis, K., Rangapuram, S. S., Flunkert, V., Wang, Y., Maddix, D. C., Türkmen, A. C., Gasthaus, J., Bohlke-Schneider, M., Salinas, D., Stella, L., Aubet, F.-X., Callot, L., y Januschowski, T. (2023). Deep learning for time series forecasting: Tutorial and literature survey. *ACM Computing Surveys*, 55(6), Article 121, 1–36. <https://doi.org/10.1145/3533382>
- Cabral, M., Gray, D., Brentan, B., y Covas, D. (2024). Assessing pipe condition in water distribution networks. *Water*, 16(10), 1318. <https://doi.org/10.3390/w16101318>
- Caetano, J., Carriço, N., y Covas, D. (2022). Lessons learnt from the application of MCDA sorting methods to pipe network rehabilitation prioritization. *Water*, 14(5), 736. <https://doi.org/10.3390/w14050736>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2014). *Resolución CRA 688 de 2014*. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0688_2014.htm

- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2021). *Resolución CRA 943 de 2021: Por la cual se compila la regulación general de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, y se derogan unas disposiciones*. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0943_2021.htm
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>
- Congreso de la República de Colombia. (1997). *Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342>
- Congreso de la República de Colombia. (2014, 6 de marzo). *Ley 1712 de 2014. Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones*. Función Pública – Gestor Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56882>
- Congreso de la República de Colombia. (2015, 30 de junio). *Ley 1755 de 2015. Por medio de la cual se regula el Derecho Fundamental de Petición y se sustituye un título del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo*. Función Pública – Gestor Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65334>
- Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

- Fang, Q., Zhao, H., Xie, C., y Chen, T. (2023). A method for water supply network DMA partitioning planning based on improved spectral clustering. *Water Supply*, 23(8), 3432–3452. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.180>
- Giustolisi, O., Mazzolani, G., Berardi, L., y Laucelli, D. B. (2024). From advanced hydraulic modelling to performance indicator for the efficiency of investments in leakage management of pressurized water systems. *Water Research*, 258, 121765. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121765>
- Head, B. W. (2010). Reconsidering evidence-based policy: Key issues and challenges. *Policy and Society*, 29(2), 77–94. <https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2010.03.001>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hernández-Samaniego, E., Sánchez-Navarro, J. R., Navarro-Gómez, C. J., Sañudo-Valenzuela, A. E., y Sánchez, D. H. (2025). Pressure management in water distribution networks with pressure differential valves (PDVs). Case study: Three pressure breaks in Chihuahua City, Mexico. *Water Practice & Technology*, 20(9), 1827–1839. <https://doi.org/10.2166/wpt.2025.117>
- Hu, Q., Zhang, Y., Liu, W., Song, Z., Ji, H., y Wang, F. (2025). Predicting water pipe failures with graph neural networks: Integrating coupled road and pipeline features. *Water*, 17(9), 1307. <https://doi.org/10.3390/w17091307>
- IDEAM. (2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/publicacion-jue-23032023-1200>

- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 55002:2018 Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001*. ISO.
<https://www.iso.org/standard/70402.html>
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 24516-2:2019: Guidelines for the management of assets of water supply and wastewater systems—Part 2: Waterworks*. ISO. <https://www.iso.org/standard/64667.html>
- Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2023). *Informe de gestión y resultados 2020–2023: Documento de empalme*. <https://lasceibas.gov.co/assets/Archivos/documentos-transparencia/4.7.1/informe-gestion-2023.pdf>
- Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P. (2025). *Respuesta al oficio PQR-2025-0007685-01: Información sobre IANC, telemetría, sectorización y registros operativos* [Documento institucional no publicado].
- Latif, J., Shakir, M. Z., Edwards, N., Jaszczykowski, M., Ramzan, N., y Edwards, V. (2022). Review on condition monitoring techniques for water pipelines. *Measurement*, *193*, 110895. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.110895>
- Lee, S. S., Lee, H.-H., y Lee, Y.-J. (2022). Prediction of minimum night flow for enhancing leakage detection capabilities in water distribution networks. *Applied Sciences*, *12*(13), 6467. <https://doi.org/10.3390/app12136467>
- Llop, C. (2019). *Ciudades intermedias: concepto y dimensiones*. <https://raco.cat/index.php/Ciudades/article/download/355593/456852>
- Mathye, R. P., Scholz, M., y Nyende-Byakika, S. (2022). Optimal pressure management in water distribution systems. *Water*, *14*(5), 805. <https://doi.org/10.3390/w14050805>

- McMillan, L., Fayaz, J., y Varga, L. (2023). Flow forecasting for leakage burst prediction in water distribution systems using long short-term memory neural networks and Kalman filtering. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104934.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104934>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Decreto 1090 de 2018. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA)*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-1090-de-28-de-junio-de-2018/>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017 (RAS)*.
<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Resolución 0799 de 2021: Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017 (RAS)*. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/resolucion-799-de-2021.pdf>
- Moncayo Valencia, M. A. (2022). Estudio del derecho de acceso a la información pública en España y Colombia: Una perspectiva comparada. *Dos mil tres mil*, 24, 1–29.
<https://doi.org/10.35707/dostresmil/24356>
- Moslehi, I., y Jalili-Ghazizadeh, M. (2020). Pressure-pipe breaks relationship in water distribution networks: A statistical analysis. *Water Resources Management*, 34, 2851–2868.
<https://doi.org/10.1007/s11269-020-02587-4>

Nkwe, M., y Ngoepe, M. (2021). Compliance with freedom of information legislation by public bodies in South Africa. *Government Information Quarterly*, 38(2), 101567.

<https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101567>

Nunes, R., Arraut, E., y Pimentel, M. (2023). Risk assessment model for the renewal of water distribution networks: A practical approach. *Water*, 15(8), 1509.

<https://doi.org/10.3390/w15081509>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (Resolución A/RES/70/1). Asamblea General de las Naciones Unidas. <https://docs.un.org/es/A/RES/70/1>

Özdemir, Ö., Firat, M., Yılmaz, S., y Usluer, M. (2021). Analysis of the effect of pressure control on leakages in distribution systems by FAVAD equation and field applications. *Water Practice & Technology*, 16(2), 320–332. <https://doi.org/10.2166/wpt.2021.024>

Ramani, K., y Umamahesh, N. V. (2024). Multi-criteria decision-making methods for optimal design of intermittent water distribution network. *Water Supply*, 24(4), 1176–1195.

<https://doi.org/10.2166/ws.2024.046>

Ramos-Salgado, C., Muñuzuri, J., Aparicio-Ruiz, P., y Onieva, L. (2022). A comprehensive framework to efficiently plan short and long-term investments in water supply and sewer networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 219, 108248.

<https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108248>

Robles-Velasco, A., Cortés, P., Muñuzuri, J., y De Baets, B. (2023). Prediction of pipe failures in water supply networks for longer time periods through multi-label classification. *Expert Systems with Applications*, 213, 119050. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119050>

- Santonastaso, G. F., Di Nardo, A., Di Natale, M., y Tzatchkov, V. (2020). Pressure management of water distribution networks based on minimum ground elevation difference of DMAs. *Environmental Sciences Proceedings*, 2(1), 47. <https://doi.org/10.3390/enviro-sciproc2020002047>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). *Informe sectorial de acueducto y alcantarillado: Vigencia 2023*. <https://www.superservicios.gov.co>
- Tian, Y., Gao, J., Chen, J., Xie, J., Que, Q., Munthali, R. M., y Zhang, T. (2023). Optimization of pressure management in water distribution systems based on pressure-reducing valve control: Evaluation and case study. *Sustainability*, 15(14), 11086. <https://doi.org/10.3390/su151411086>
- Tornyeviadzi, H. M., y Seidu, R. (2023). Leakage detection in water distribution networks via 1D CNN deep autoencoder for multivariate SCADA data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 122, 106062. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106062>
- Trautendorfer, J., Hohensinn, L., y Hilgers, D. (2025). From de jure to de facto transparency: Analyzing the compliance gap in light of freedom of information laws. *Regulation & Governance*, 19(1), 253–283. <https://doi.org/10.1111/rego.12615>
- Tricarico, C., Cappello, C., de Marinis, G., y Leopardi, A. (2024). Minimum night flow estimation in district metered areas. *Water*, 16(24), 3642. <https://doi.org/10.3390/w16243642>
- Uchôa, J. G. S. M., Yu, T., Yu, S., y Lima Neto, I. E. (2023). Computational simulation of the flow induced by water leaks in pipes. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 149(6), 04023011. <https://doi.org/10.1061/JIDEDH.IRENG-10089>
- Unidad de Control Operativa [UCO]. (2023). *Control operativo acueducto: registros de fugas y reparaciones* [Documento interno]. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P.

- Unidad de Control Operativa [UCO]. (2024). *Registro operativo de eventos de acueducto UCO-2024-01* [Documento interno]. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P.
- Unidad de Control Operativa [UCO]. (2025). *Registro operativo de eventos de acueducto enero–agosto 2025* [Documento interno]. Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P.
- Vasilic, Z., Babic, B., Ivetic, D., Kapelan, Z., y Stanic, M. (2024). An improved DeNSE methodology for optimal sectorization of water distribution networks. *Water*, *16*(11), 1463.
<https://doi.org/10.3390/w16111463>
- Wei, X., Wang, M., Wei, Q., y Ma, X. (2025). Piping material selection in water distribution network using an improved decision support system. *Water*, *17*(3), 342.
<https://doi.org/10.3390/w17030342>
- Yale, S. E., Brown, M. E. L., y Byrne, M. H. V. (2025). Using freedom of information requests to access novel data sources in health professions education research. *Postgraduate Medical Journal*, *101*(1195), 481–486. <https://doi.org/10.1093/postmj/qgae166>
- Yu, H., Lin, S., Zhou, H., Weng, X., Chu, S., y Yu, T. (2024). Leak detection in water distribution networks based on deep learning and kriging interpolation method. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, *73*(8), 1741–1753.
<https://doi.org/10.2166/aqua.2024.184>
- Yu, Y., Safari, A., Niu, X., Drinkwater, B., y Horoshenkov, K. V. (2021). Acoustic and ultrasonic techniques for defect detection and condition monitoring in water and sewerage pipes: A review. *Applied Acoustics*, *183*, 108282.
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108282>

Apéndices

Apéndice A. Matriz de extracción y análisis de evidencia

Formato propuesto para sistematizar variables descriptivas y analíticas de cada documento y facilitar la síntesis por categorías.

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
UCO-2023-01	UCO 2023 [Registro administrativo de órdenes de trabajo e intervenciones operativas en red de	Registro administrativo / reporte operativo (órdenes de trabajo de	Colombia – (Neiva, inferido por barrios/comunas y sectorización reportada: p. ej., Timanco, Gaitán, El Vergel, Villa Marinela; comunas y	Registro s de 2023 (ejemplo s visibles: enero y diciembre 2023; documento está	Intervenciones operativas para mitigación de pérdidas reales: Reparación de fugas en red principal/redes principales.	Variables operativa s y de activos: fecha/hora de reporte OT, OT No., dirección, tipo de daño,	El documento permite evidenciar (a partir del registro) que las intervenciones se concentran en eventos clasificados	El “caudal derramado aproximado ” no se presenta como medición directa, sino como estimación basada en parámetros	Alta: sirve como evidencia institucional para (i) caracterizar tipología de fallas (red principal/acometida), (ii) relacionar daños con	“Caudal derramado aproximado en m3: K:0.6; g:9.81 m/Seg2 h:30 m. c. a.”	No aplica (documento interno; sin DOI/enlace en el archivo).

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
						fecha/hora de reparación, horas diarias, y registro de cierre/apertura	Incluye trazabilidad operativa de tiempos de reparación y decisiones de cierre/apertura, útil para analizar tiempos de respuesta y potencial afectación del servicio.	precisión el tiempo total de fuga (desde inicio real hasta control), por lo que la pérdida real podría diferir de lo reportado.			

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
							Reporta un “caudal derramado aproximado” calculado con supuestos hidráulicos (K, g, h).				
UCO - 2024-01	UCO [Registro administrativo de órdenes de trabajo	Registro administrativo / reporte operativo (órdenes de trabajo	Colombia – Neiva (barrios/sectores y comunas reportadas: p. ej.,	Registros operativos de enero a septiembre de	Intervenciones operativas asociadas al control de pérdidas reales y	Campos operativo: s y del activo: fecha/hora reporte OT, OT	Permite identificar y clasificar eventos por tipología (acometida vs red	El “caudal derramado aproximado” está asociado a una estimación	Alta: es evidencia institucional directamente aplicable para (i) caracterizar	“Caudal derramado aproximado en m3:	No aplica (documento interno; sin DOI/enl

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
		del	Panorama,	2024	mantenimiento:	No.,	principal),	con	pérdidas	K:0.6;	ace en
	intervenciones operativas en red de acueducto] (2024). Documento interno (PDF).	“Grupo Acueducto”).	Siete de Agosto, Limonar; “Sector Oriente”, “Sector Centro”, “Sector Sur-Oriental”, etc.).	(ejemplos: 01/01/24 ... y 30/09/24 ...).	Reparación de fugas en red principal (“Fuga en red principal / fuga red principal”). Atención de fugas en acometidas (“Fuga en red acometida”). Excavación (actividad	dirección del daño, OT reportada, acciones adelantadas, diámetro de tubería, material, red matriz/acometida,	con atributos del activo (diámetro y material) y ubicación por barrio—comuna/sector, útil para análisis de recurrencia y priorización por criticidad.	supuestos (valores fijos de K, g y h), no a una medición directa; puede sobre/subestimar el volumen real perdido. Se observan posibles	reales por tipo de evento (principal/acometida), (ii) cruzar fallas con material/diámetro y (iii) proponer oportunidades de mejora (gestión de presiones, sectorización	g:9.81 m/Seg2 h:30 m. c. a.” (Página 1)	el archivo) .

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
						complementar caudal	Evidencia que el registro no solo incluye fugas, sino también otras actividades operativas (p. ej., “mantenimiento”, “visita”, “demolición y reparcho”),	inconsistencias de digitación/rastre de fecha (aparece un registro con fecha “10/11/23” dentro de una sección con reparaciones de 16/03/24), lo que	/DMAs, reemplazos focalizados y mejora de calidad de datos) desde gestión de activos.		

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
						horas diarias.	lo que puede apoyar la lectura integral de cargas operativas y decisiones de campo.	puede afectar análisis temporal si no se valida.			
							Incluye el “caudal derramado aproximado” como variable de salida, útil				

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
							como proxy comparativo (con cautela metodológica).				
UCO - 2025 - Ene - Ago-01	UCO ENERO- AGOSTO 2025 [Control operativo estandarizado : registro administrativo de órdenes	Registro administrativo / formato operativo estandarizado	Colombia – Neiva (registro por barrios, comunas y sectores de servicio; p. ej., Villa Marinela, Siete de Agosto,	Organizado por meses de 2025 (secciones es “ENERO” y “FEBRERO”).	Intervenciones operativas asociadas a mitigación de pérdidas reales y control de red: Reparación de fugas en red principal	Variables de gestión operativa y del activo: fecha/hora de reporte OT, OT No.,	El registro permite clasificar y localizar eventos por tipología (FUGA RDP vs FUGA ACO), y asociarlos con atributos	Se observan valores negativos en el campo asociado a “X ...” (en el mismo bloque donde se registra el caudal	Muy alta: es evidencia institucional directa para (i) caracterizar fallas por tipología (acometida vs red principal),	“Caudal 1 derramado aproximado en m3: K:0.6; g:9.81 m/Seg2 h:30 m.	No aplica (documento interno; sin DOI/enlace en el archivo).

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
	de trabajo e intervenciones en red] (2025). Documento interno (PDF).	ACUEDUCTO”, Proceso de Gestión de Acueducto).	Manzanares, Timanco; sectores “Centro”, “Norte”, “Oriente”, “Sur-Oriental”, “Sur-Occidental”)		(“FUGA RDP”). Reparación de fugas en acometidas (“FUGA ACO”). Excavación (actividad de apoyo a la intervención). Revisión del acueducto (actividad operativa/inspección).	dirección, “acciones adelantadas”, diámetro, material, si es matriz/acometida, caudal, derramado, aproximado, Evidencia trazabilidad operativa de	del activo (diámetro/m arterial) y con unidades territoriales (barrio-comuna-sector), lo cual es útil para gestión de activos y priorización.	aproximado), lo que sugiere errores de digitación/cálculo o un campo mal interpretado y requiere validación metodológica antes de usarlo como volumen perdido.	(ii) relacionarlas con atributos del activo (material/diámetro/elementos de reparación) y (iii) sustentar oportunidad de mejoras (priorización de renovación, control de presiones,	c. a.” (Página 1).	

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
						de	“caudal abrazadero a. y muestra una formulación hidráulica asociada (Q en función de K, A, g, h).				
PQR - 2025 - 0007	Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva	Documento administrativo institucional	Colombia – Neiva (Huila); prestador: Las Ceibas	Oficio emitido en 2025; incluye balance	Gestión/monitoreo del IANC (ANR/NRW) con reporte periódico a	Agua producida (m ³), agua facturada	Define institucionalmente el IANC como diferencia	La serie de IANC presentada es agregada (no	Muy alta: es evidencia primaria del prestador sobre (i)	el indicador de Agua No	No aplica (oficio institucional; sin

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
685-01	E. S. P. (2025, 4 de noviembre). Respuesta Derecho de Petición – Oficio respuesta a radicado 2025PQR00007685 (Radicado 2025CS0	nal (respuesta formal a derecho de petición).	Empresas Públicas de Neiva E. S. P.	comparativo de IANC/agua producida vs facturada a 2015–2024 y dato parcial sep-25. para focalizar intervenciones	entes de control (CRA/SSPD; plataforma SUI). Clasificación de pérdidas (reales/físicas vs aparentes/administrativas) como base para	(m³), I. A. N. C (%) por año (última década) y sep-25. Variables operativa s (por referenci a al registro UCO): fechas/ho	entre agua producida enviada a red y agua facturada, y reconoce necesidad de clasificar causas para controlarlo (pérdidas reales vs aparentes).	desagregada por DMA/sector hidráulico), lo que limita diagnóstico fino por zonas. Parte de la información clave (planos/sectorización/zona de presión; y	definición y cálculo del IANC, (ii) magnitud histórica del problema, (iii) líneas de intervención en curso (medición, antifraude, telemetría, comité), y restricciones de acceso a	Contabilizada ... correspondencia... la diferencia... entre el agua producida... y el agua facturada.” (p. 3).	DOI). Web institucional referida en el encabezado: “lasceibas.gov.co”.

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
11389-1)	[Carta/oficio]. Neiva, Huila.				Control operativo de fugas y reparaciones mediante UCO (Órdenes de Trabajo: tipología, tiempos, caudal estimado, material/diámetro, red matriz/acometida).	ras, ubicación, , tipología, caudal estimado, tiempo de reparación, n, cierres de válvulas. Señala marco normativo/metodológico usado para	histórica que evidencia IANC alto y variable (p. ej., 2016: 61,10%; 2024: 56,30%; septiembre: 49,48% parcial). Señala marco normativo/metodológico usado para	documentación estratégica) es declarada reservada, reduciendo acceso a insumos críticos para análisis espacial/hidráulico detallado.	información (reserva), lo cual es clave para proponer oportunidades de mejoras realistas en operación y gestión de activos.		

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
							Acciones/programas referidos: gestión de presiones, micromedicación/macromedicación (cambio masivo de medidores), escuadrón antifraude, comité de gestión de pérdidas, y plan piloto de				
							cálculo y reporte (Ley 142/1994, Decreto 1077/2015, CRA 688/2014, 735/2015 y 943/2021) y que la información se reporta a CRA/SSPD (SUI).				

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
							telemetría (zona industrial Palermo). Reporta acciones recientes de gestión: creación del Comité de Gestión de Pérdidas (2024) con reuniones mensuales; escuadrón antifraude; recambio aproximado de 26.000				

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
-----------	---------------------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------	-----------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------

medidores
 (2024–2025)
 (≈5.000 por
 la empresa);
 y telemetría
 para lectura
 remota en
 Palermo
 (contrato
 288 de 2024)
 para
 contrastar
 medición de
 entrada vs
 consumos.

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
-----------	---------------------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------	-----------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------

Evidencia
una barrera
institucional:
reserva para
entrega de
cartografía/s
ectorización/
zona de
presión
(DMAs) y
documentación
estratégica,
citando Ley
1755/2015
art. 24 (num.

ID	Referencia (APA 7)	Tipo de fuente	Contexto (país/ciudad)	Año / periodo	Estrategia(s) analizada(s)	Indicadores reportados	Hallazgos principales	Limitaciones / sesgos	Aplicabilidad a Neiva	Cita textual (página)	Enlace / DOI
-----------	---------------------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------	-----------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------

6) y

Sentencia C-

951/2014.

Apéndice B. Matriz de trazabilidad (objetivos-categorías-fuentes)

Formato propuesto para asegurar la trazabilidad entre objetivos, categorías analíticas y fuentes, y evitar conclusiones sin soporte documental.

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
1. Cambios tecnológicos y estructurales	Medición y modernización tecnológica	Reposición de micro medición	PQR-2025-0007685-01 (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)	Cambio voluntario de ~26.000 medidores (2024–2025), ~5.000 cambiados por la empresa.	Consolidar programa como gestión de activos de micro-medición (vida útil, criticidad, zonas con mayor impacto en balance hídrico).

Objetivo específico	Categoría	Subcategoría	Fuente(s)	Evidencia clave	Implicación /
	analítica		(ID/autor, año)		recomendación preliminar
	Medición y digitalización	Telemetría / lectura remota	PQR-2025-0007685-01 (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)	Plan piloto de telemetría en zona industrial Palermo; lecturas diarias remotas para contrastar entrada vs consumos y “identificación de pérdidas”.	Escalar telemetría a sectores priorizados (tipo DMA) y definir protocolo de uso: umbrales, alarmas, y rutina de verificación/corrección.
	Operación hidráulica	Gestión de presiones y sectorización	PQR-2025-0007685-01 (Las	Estrategias de control y regulación de presión, soportadas en modelos de sectorización hidráulica y monitoreo de caudales con	Formalizar esquema por zonas (set-points, PRVs donde aplique) y ligar la operación a indicadores (p.

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
	Pérdidas reales: tipología de falla	Fugas en acometidas	Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)	seguimiento en tiempo real.	ej., variación de presión/caudal por zona).
			2. Causas técnicas/operativas/institucionales	UCO-2024-01 (UCO, 2024)	Registros de “FUGA EN RED ACOMETIDA” (ej. 1/2 PVC) con ubicación por barrio/sector.
	Pérdidas reales: tipología de falla	Fugas en red principal	UCO-2024-01 (UCO, 2024)	Registros de “FUGA RED PRINCIPAL” (ej. 3 PVC) asociados a barrio/sector.	Construir mapa de criticidad: roturas en red principal por zona/material/diámetro -

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
	Integridad de activos	Material y diámetro en eventos	UCO-2023-01 (UCO, 2023)	El formato captura diámetro/material (ej. 3 PVC; 4 PVC; 6 PVC) en eventos de fuga.	<p>priorización de renovación y control de presiones.</p> <p>Usar los registros para identificar tramos/materiales con mayor frecuencia de rotura y alimentar un plan de renovación basado en evidencia.</p>
	Eficiencia operativa	Tiempos de reparación / maniobras	PQR-2025-0007685-01 (Las Ceibas Empresas	La empresa señala que registra inicio/fin de trabajos y periodo de cierre de válvulas para evaluar eficiencia operativa.	Definir KPIs: tiempo de respuesta y reparación, y relacionarlos con volumen/impacto estimado; estandarizar rutinas de cierre-apertura para reducir afectaciones.

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
	Calidad del dato y registro	Campos incompletos (#N/D)	Públicas de Neiva E. S. P., 2025) + UCO-2023-01	Aparecen campos #N/D en comuna/sector en registros 2024 y 2025.	Implementar control de calidad: catálogos (barrios/sectores), validaciones obligatorias y capacitación para mejorar análisis espacial y priorización.
	Calidad del dato y estimación de pérdidas	Valores anómalos (negativos)	UCO-2025-01 (UCO, 2025)	Se observan valores negativos en el campo “X”	Auditar cálculo/campos: verificar qué representa “X”, reglas de captura y

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
	Gobernanza institucional	Comité / balance hídrico / modelo hidráulico	PQR-2025-0007685-01 (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)	<p>...” asociado al evento (ej. “X -9798,23”).</p> <p>Creación del Comité de Gestión de Pérdidas (2024) para estructurar modelo hidráulico y balance hídrico e identificar debilidades.</p>	<p>consistencia; evitar que anomalías distorsionen estimaciones de pérdidas reales.</p> <p>Asegurar que el comité produzca salidas verificables: plan anual, priorización por zonas, cronograma de DMAs/PRVs, y seguimiento por indicadores.</p>

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
	Acceso a información / limitaciones	Reserva de cartografía/planes estratégicos	PQR-2025-0007685-01 (Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)	Se niega entrega por reserva legal (Ley 1755/2015 art. 24) asociada a planes estratégicos/cartografía sensible.	Reorientar solicitudes a productos agregados/anonimizados (indicadores por sector sin exponer cartografía sensible) y/o versiones públicas.
	Línea base y metas	IANC histórico	PQR-2025-0007685-01 (Las	Serie IANC (2015–2024) y dato parcial sep-25; IANC ~53–61% en la década y 56,30% en 2024.	Usar serie como línea base para metas realistas por fases (p. ej., metas anuales por intervención: presiones,

Objetivo específico	Categoría analítica	Subcategoría	Fuente(s) (ID/autor, año)	Evidencia clave	Implicación / recomendación preliminar
	Trazabilidad operativa	Sistema UCO 2023–2025	PQR-2025-0007685-01 + UCO-2023-01	Se indica que se anexa cuadro operativo UCO 2023–2025 con tipologías, caudales estimados y tiempos. El formato UCO incluye variables y cálculo de caudal/registro estandarizado.	Integrar UCO con inventario de activos (GIS/AM): trazabilidad “evento - tramo - intervención - costo - resultado”, base para gestión de activos.
			Ceibas Empresas Públicas de Neiva E. S. P., 2025)		DMAs, medición, reparación).

Apéndice C. Derecho de petición



1. Prestación y/o operación y/o administración y/o distribución y/o generación y/o comercialización en todo el territorio nacional incluyendo la ciudad de Neiva, de los servicios públicos: Acueducto, Alcantarillado, Aseo, Tratamiento y Aprovechamiento de Basuras, Energía Eléctrica, Gas y sus actividades complementarias o conexas, propias de todos y cada uno de los servicios que se indican en su objeto social y de acuerdo al marco legal regulatorio.

2. La prestación y/o administración del servicio de alumbrado público.

3. Realización de: Asesorías, consultorías (en cualquiera de sus modalidades), obras intermediación, importación, comercialización y venta de bienes o servicios, recaudo, facturación, toma de lecturas, reparto de facturas, construcción de infraestructura, prestación de toda clase servicios técnicos, de administración, operación y mantenimiento de cualquier bien; siempre que tenga relación directa con la prestación de servicios públicos.

4. Producir, Desarrollar y masificar planes, programas y proyectos del sector de Innovación Tecnológica, de tecnología de la Información y las Comunicaciones, facilitando el acceso a Tecnologías de la Información y las Comunicaciones a los ciudadanos de Neiva.

5. Celebración de contratos de leasing o cualquier otro contrato de carácter financiero que se requiera, tales como contratos de riesgo compartido o de cualquier otra naturaleza, que resulten necesarios y convenientes para el ejercicio de su objeto social. Lo anterior de conformidad con las leyes vigentes.

PARÁGRAFO: *En desarrollo de este objeto Empresas Públicas de Neiva E.S.P. podrá desarrollar las siguientes funciones principales:*

a. Realizar todas las actividades que estimare convenientes o necesarias para el cabal y adecuado cumplimiento de aquel, directamente o a través de terceros, mediante contratos operación, gestión, servicios, concesión, similares o de cualquiera otra naturaleza.

b. Participar como socia en otras empresas de servicios públicos o en las que tengan como objeto principal la prestación de un servicio o la provisión de bienes indispensables para cumplir su objeto, cuando no haya amplia oferta de estos bienes o servicios.

c. Asociarse en desarrollo de su objeto con personas naturales o extranjeras o formar consorcios o uniones temporales (ley 142/94, Artículo 18, Inciso 3) y están facultadas igualmente como persona jurídica para hacer inversiones en otras empresas de servicios públicos (ley 142/94, Artículo 18, Parágrafo).

d. Adquirir o enajenar bienes muebles e inmuebles, gravarlos y limitar su dominio, tenerlos o entregarlos a título precario, recibir dinero en mutuo, constituir o aceptar cauciones reales o

Calle 6 No. 5-02 Neiva – Huila
 PBX 8630142 - FULO 8759058 - MOVIL 3116417059
 E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co

Código GD-FR-20 Versión 01





personales, contratar empréstitos, ejercer acciones jurídicas y extrajudiciales, realizar toda operación de crédito, celebrar toda clase de contratos, ya sean de carácter civil, mercantil, administrativo o laboral, girar, aceptar, endosar, cobrar y pagar toda clase de títulos valores, acciones, títulos ejecutivos y, en general, ejecutar toda clase de negocios y actos jurídicos que tengan relación con el logro de sus fines de acuerdo con las normas legales que rijan la materia."

Con relación a los servicios públicos domiciliarios a su cargo, actualmente se concretan de manera directa en acueducto y alcantarillado en la zona urbana de la ciudad de Neiva Huila. De manera indirecta el servicio público de aseo, por intermedio de Ciudad Limpia Neiva S.A., en virtud del contrato 001 de 2013.

2. Caso en concreto.

Señalada la naturaleza jurídica, objeto social y funciones de la entidad, se resolverá los puntos objeto de petición, en los siguientes términos:

"1. Documentos y/o bases de datos (últimos diez (10) años, o el periodo disponible) sobre pérdidas de agua (NRW/ANR), totales y si existe por sector hidráulico/DMA: índices, volúmenes, metodología de cálculo y reportes periódicos."

De acuerdo con lo solicitado, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. se permite informar que el indicador de Agua No Contabilizada o Pérdidas de Agua en la red de acueducto, corresponde a la diferencia hallada entre el agua producida enviada a red de distribución y el agua facturada, es importante detallar este tipo de registros mediante una clasificación que permita identificar las causas que generan su ocurrencia. Dichas pérdidas se clasifican de la siguiente manera:

- **Pérdidas Reales o Físicas:** Dentro de este tipo de pérdidas se identifican aquellas generadas por fugas en las redes de distribución, ocasionadas por rupturas o fisuras asociadas a los tipos de materiales, tiempos de uso o altos picos de presión en la tubería. Así mismo, los cambios abruptos de temperatura pueden afectar el desgaste de los elementos de la red.
- **Pérdidas Aparentes o Administrativas:** Corresponden a manipulaciones o intervenciones indebidas de los medidores, conexiones fraudulentas tanto en la red de aducción como en la red de conducción, lecturas inexactas de contadores por encontrarse estos en mal estado, obstruidos u otras novedades que alteran el registro real del consumo.

Respecto a los índices y volúmenes de Agua No Contabilizada, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. reporta de manera periódica ante los respectivos entes de control y regulación, de conformidad con las disposiciones establecidas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD.

La metodología de cálculo utilizada por la empresa se fundamenta en la comparación entre los volúmenes de agua producida y los volúmenes de agua facturada, aplicando las fórmulas y criterios definidos por la normatividad vigente y los lineamientos técnicos del sector contenidos en la Ley 142

Calle 6145, 6-02 Neiva – Huila
PBX 8030142 - FJO 8759058 - MOVIL 3116417059
E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co

Código GD-FR-20 Versión 01





de 1994, el Decreto 1077 de 2015 del MVCT y las Resoluciones 688 de 2014, 735 de 2015 y 943 de 2021 de la CRA, las cuales permiten determinar los porcentajes e índices de agua no contabilizada o pérdidas de agua.

En cuanto a los reportes periódicos, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. presenta ante las autoridades competentes la información consolidada correspondiente a los índices y volúmenes de agua no contabilizada, con el fin de garantizar el control, seguimiento y evaluación del comportamiento histórico del sistema de acueducto.

Finalmente, se deja constancia que los índices y volúmenes de agua no contabilizada reportados por Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. ante los entes de control regulatorios durante la última década se encuentran debidamente registrados y soportados conforme a los requerimientos técnicos y normativos aplicables y consignados en la plataforma SUI (Sistema Único de Información de la SSPD).

Así mismo, se anexa a continuación el cuadro comparativo donde se refleja el movimiento o balance de los últimos diez (10) años, en el cual se evidencian las variaciones históricas de los índices y volúmenes de agua no contabilizada, en concordancia con los reportes periódicos presentados por la empresa ante las entidades de control.

AÑO	AGUA PRODUCIDA M3	AGUA FACTURADA M3	I.A.N.C %
2015	40.208.797	18.801.973	53,24%
2016	46.502.301	18.090.980	61,10%
2017	43.739.442	18.197.118	58,40%
2018	45.451.895	18.921.450	58,37%
2019	44.368.788	20.426.835	53,96%
2020	45.618.269	20.505.365	55,05%
2021	44.557.323	21.092.019	52,66%
2022	44.347.653	21.351.316	51,85%
2023	48.685.817	22.593.187	53,59%
2024	48.702.445	21.281.002	56,30%
sep-25	3.691.766	1.865.000	49,48%

"2. Planos o mapas de sectorización (DMAs/ sectores hidráulicos), zonas de presión y macro/micro medición, en el formato digital disponible (PDF, SHP, GeojSON u otro)."

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P., con el compromiso y responsabilidad social que siempre la caracteriza y dentro del marco constitucional establecido en el artículo 23 de la

CALLE 9 130 - 602 19028 - NEIVA
 PBX 8030142 - FUJO 8759058 - MOVIL 3116417059
 E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co



Código GD-FR-20 Versión 01



Constitución Política, desarrollado por medio de la Ley 1755 de 2015 **"por medio de la cual se regula el Derecho Fundamental de Petición y se sustituye un título del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo"**, se permite dar respuesta frente al acápite petitorio, en el cual se solicita compartir en formato físico o digital la información relacionada con la infraestructura subterránea como redes subterráneas de acueducto y alcantarillado existentes.

En atención a dicha solicitud, y conforme a la competencia establecida en la Ley 142 de 1994, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. informa que con base en lo establecido en la Ley 1755 de 2015 artículo 24 *"informaciones y documentos reservados. Solo tendrán carácter reservado las informaciones y documentos expresamente sometidos a reserva por la Constitución Política o la ley, y en especial: (...)*

6. Las protegidas por el secreto comercial o industrial, así como los planes estratégicos de las empresas públicas de servicios públicos."

Sobre este particular en sentencia 951 de 2014 de la corte constitucional, ha establecido que los planes estratégicos de las Empresas Públicas de Servicios Públicos se consideran como secreto empresarial en las que se incluyen cualquier información de la actividad productiva industrial o comercial.

En este caso la información solicitada tiene estrecha relación con la reserva legal de manera que su remisión es improcedente.

Como otro sustento Las Ceibas Empresa Pública de Neiva E.S.P.; tiene bajo su custodia información sobre la infraestructura de los servicios de acueducto y alcantarillado - saneamiento básico del municipio de Neiva; esta cartografía incluye y detalla zonas residenciales sometidos a propiedad horizontal; entidades públicas, casas fiscales, palacios municipales y de justicia, estaciones de policía, comando de policías, ejército, casas de valores, bancos, empresas transportadoras de dinero entre otras; situación que condiciona la entrega salvo autorización expresa de su titular.

"3. Registro de fugas y reparaciones (fechas, ubicación, tipología, caudal estimado/ tiempo de reparación)."

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P., a través de su Unidad de Control Operativa (UCO), lleva un control detallado y permanente de la información relacionada con los registros de fugas y reparaciones del sistema de acueducto, mediante los formatos y procedimientos técnicos establecidos por la entidad.

En dichos registros se consignan de manera precisa las fechas y horas tanto de los reportes como de las reparaciones efectuadas, las cuales se gestionan mediante las Órdenes de Trabajo (OT). Cada orden cuenta con un número único asignado por el sistema, que permite la trazabilidad y seguimiento de cada evento atendido.

Calle 6 No. 6-02 Neiva – Huila
PBX 8630142 - F/LJO 8759058 - MOVIL 3116417059
E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co

Código GD-FR-20 Versión 01





De igual manera, se documenta la ubicación exacta de la intervención, especificando la dirección, el barrio, la comuna y la zona en la que se presenta la novedad, así como las acciones adelantadas durante el proceso de reparación, las cuales corresponden al tipo o tipología de fuga identificada.

Dentro del mismo registro se incorporan los datos técnicos correspondientes a cada caso, tales como el diámetro, el tipo de material de la tubería y la clasificación de la red (si pertenece a red matriz o acometida). Esta información resulta fundamental para calcular el caudal estimado de agua derramada, expresado en metros cúbicos, y con ello determinar el impacto operativo y técnico de la contingencia.

Finalmente, se registran las horas de inicio y finalización de los trabajos, lo que permite establecer con exactitud el tiempo total de reparación, así como el periodo diario de cierre de válvulas requerido durante la intervención. Estos datos son esenciales para la evaluación de la eficiencia operativa, el control de pérdidas y la mejora continua de los procesos de mantenimiento de la red.

Para mayor claridad de lo expuesto, se anexa en formato PDF el cuadro operativo de acueducto correspondiente a los años 2023, 2024 y 2025, donde se consolida la información de los registros de fugas y reparaciones con sus respectivas fechas, ubicaciones, tipologías, caudales estimados y tiempos de reparación.

"4. Documentación de programas o proyectos de micro medición, gestión de presiones, renovación de redes o detección de fugas (diseños, informes de avance o evaluación)."

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P., en ejercicio de sus funciones como entidad prestadora del servicio público de acueducto y saneamiento básico, y en coherencia con su compromiso institucional hacia la eficiencia operativa y la sostenibilidad del recurso hídrico, desarrolla de manera continua programas y proyectos orientados a mejorar la micromedición, la gestión de presiones, la renovación de redes y la detección de fugas, los cuales constituyen componentes esenciales dentro de la planeación técnica y el control operativo de la entidad.

En cumplimiento de lo anterior, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. implementa acciones de instalación, calibración, mantenimiento y reposición de medidores, de acuerdo con los lineamientos técnicos definidos por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA, asegurando que las mediciones realizadas sean precisas y reflejen de manera fiel el consumo real de los usuarios. De igual manera, la empresa desarrolla estrategias orientadas al control y regulación de los niveles de presión dentro del sistema de distribución, con el propósito de prevenir daños en la infraestructura, disminuir la ocurrencia de fugas y optimizar la eficiencia hidráulica. Estas acciones se soportan en modelos de sectorización hidráulica y en sistemas de monitoreo de caudales, los cuales permiten realizar un seguimiento en tiempo real de las variaciones de presión en diferentes zonas del municipio.

En atención a dicha solicitud, y conforme a la competencia establecida en la Ley 142 de 1994, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. informa que con base en lo establecido en la Ley 1755 de 2015 artículo 24 *Informaciones y documentos reservados. Solo tendrán carácter reservado las informaciones y documentos expresamente sometidos a reserva por la Constitución Política o la ley, y en especial: (...)*

CAR 0195 0-62 18888 - Neiva
PBX 8630142 - F.U.O 8759058 - MOVIL 3116417059
E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co

Código GD-FR-20 Versión 01





6. *Los protegidos por el secreto comercial o industrial, así como los planes estratégicos de las empresas públicas de servicios públicos.*”

Sobre este particular en sentencia 951 de 2014 de la corte constitucional, ha establecido que los planes estratégicos de las Empresas Públicas de Servicios Públicos se consideran como secreto empresarial en las que se incluyen cualquier información de la actividad productiva industrial o comercial.

En este caso la información solicitada tiene estrecha relación con la reserva legal de manera que su remisión es improcedente.

“5. Protocolos/procedimientos internos relacionados con balance hídrico y control de pérdidas (versiones públicas no reservadas).”

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P., en el marco de sus funciones como empresa prestadora del servicio público de acueducto y saneamiento básico, cuenta con protocolos y procedimientos internos orientados al balance hídrico y al control de pérdidas, los cuales constituyen herramientas técnicas y operativas esenciales para garantizar la eficiencia del sistema, la sostenibilidad del recurso hídrico y la mejora continua de los procesos de distribución.

Durante el año 2024, la actual administración de la entidad, creó el Comité de Gestión de Pérdidas, en el cual se avanza en la estructuración del modelo hidráulico y balance hídrico, que tiene como fin identificar las debilidades de la red y las posibles pérdidas del recurso hídrico a partir del análisis de los sectores y las estrategias a ejecutar.

- Para poder determinar el Balance Hídrico, el comité de gestión de pérdidas se reúne 1 vez al mes con el fin de evaluar y analizar el comportamiento del agua suministrada, producida y facturada en red; el procedimiento se enmarca en identificar y controlar las pérdidas técnicas, las pérdidas comerciales, los consumos no autorizados, la inexactitud de medidores, fugas de tubería de conducción y distribución, fugas y rebocos de tanques de almacenamientos, fugas en acometidas domiciliarias y se definen las estrategias para la medición del recurso hídrico que se distribuye en asentamientos.
- Creación del Escuadrón Antifraude con el fin de identificar las conexiones ilegales en la red de distribución, surtiendo un procedimiento que se establece a partir de la recepción de denuncias ciudadanas, novedades de lecturas en red, crítica en el software comercial y denuncias anónimas, que dan origen a visitas del escuadrón Antifraude, posterior identificación de fraudes, corte y suspensión del servicio e inicio de la actuación administrativa que finaliza con el cobro al usuario.
- Línea estratégica cambio de Micro medición y Macro Medición, se adelanta desde la entidad el requerimiento a usuarios que tienen novedades en sus medidores como, medidor frenado, sin medidor - conectado directo a al red, medidor sin tecnología, medidor ilegible, medidor averiado; de esta manera durante el año 2024 y 2025, los usuarios de manera voluntaria realizaron el cambio de su dispositivo de medición en una cifra aproximada de 26.000 medidores, de los cuales alrededor de 5.000 de estos fueron cambiados directamente por la

Calle 6 No. 6-02 Neiva – Huila
PBX 8630142 - FUJO 8759058 - MOVIL 3116417059
E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co

Código GD-FR-20 Versión 01





Empresa Prestadora del Servicio y el resto adquiridos e instalados por los usuarios.

Plan Piloto de Telemetría; como una iniciativa innovadora Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. estructuro y modelo un proyecto que tiene como fin medir de manera electrónica, telemetría, el área de prestación del servicio ubicado en el sector de la zona industrial de Palermo, de esta manera mediante contrato 288 de 2024, se adquirieron los equipos y herramientas que nos permiten hoy, tener lecturas diarias de manera remota en el sector intervenido, así podemos contrastar las lecturas de los usuarios y la medición del micromedidor en la única red de ingreso en el sector; de esta manera se inician las labores de identificación de pérdidas y seguimiento a la red.

"6. En caso de que parte de la información sea reservada, se sirva a indicar la forma motivada citando la norma aplicable y, de ser posible, entregar la parte no reservada o versiones anonimizadas."

Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.P.N., en cumplimiento de la normatividad vigente sobre el derecho de acceso a la información pública y los principios de transparencia administrativa, se permite dar respuesta frente al punto seis del requerimiento, relacionado con la indicación motivada de la reserva de información, citando la norma aplicable y señalando, de ser posible, la entrega de versiones anonimizadas o partes no reservadas.

De acuerdo con lo anterior, la empresa acoge lo dispuesto en la Ley 1755 de 2015, artículo 24, numeral 6, y la Sentencia C-951 de 2014 de la Corte Constitucional. Estas disposiciones establecen el marco jurídico aplicable en materia de reserva de información y secreto profesional, determinando las condiciones bajo las cuales ciertos datos o documentos no pueden ser divulgados por razones de interés público, seguridad o protección de derechos económicos y comerciales legítimos.

En concordancia con lo anterior, la Sentencia C-951 de 2014 de la Corte Constitucional definió con claridad el alcance de la reserva en los casos de información protegida por el secreto comercial o industrial, así como en los planes estratégicos de las empresas públicas de servicios públicos, determinando lo siguiente:

"Conforme a lo anterior, la Corte declarará exequible el numeral 5 del artículo 24 del proyecto de ley estatutaria en estudio.

Numeral 6: Reserva de las informaciones y documentos protegidos por el secreto comercial o industrial, así como los planes estratégicos de las empresas públicas de servicios públicos."

Asimismo, el numeral 6 del artículo 24 de la Ley 1755 de 2015 remite a los conceptos establecidos en las prácticas comerciales e industriales, cuya definición de secreto empresarial se encuentra prevista en la Decisión 486 del 14 de septiembre de 2000 de la Comunidad Andina de Naciones, aplicable en Colombia, la cual señala:

Artículo 260. "Se considerará como secreto empresarial cualquier información no divulgada que una persona natural o jurídica legítimamente posea, que pueda usarse en alguna actividad

Calle 6 No. 6-02 Neiva – Huila
PBX 8630142 - FUJO 8759058 - MOVIL 3116417059
E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co



Código GD-FR-20 Versión 01



productiva, industrial o comercial, y que sea susceptible de transmitirse a un tercero, en la medida que dicha información sea:

- a) Secreta, en el sentido de que como conjunto o en la configuración y reunión precisa de sus componentes, no sea generalmente conocida ni fácilmente accesible por quienes se encuentran en los círculos que normalmente manejan la información respectiva;
- b) Tenga un valor comercial por ser secreta; y
- c) Haya sido objeto de medidas razonables tomadas por su legítimo poseedor para mantenerla secreta."

En este sentido, Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P. fundamenta la reserva de parte de la información solicitada en el cumplimiento de las disposiciones legales antes citadas.

La presente respuesta cumple con los presupuestos normativos; es decir, clara, expresa y de fondo en los términos del artículo 23 de la Constitución Política, en concordancia con la Ley Estatutaria 1755 de 2015 y exigencias de la sentencia C-951 de 2014 de la Corte Constitucional.

Atentamente,

MAURICIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROMERO
Subgerente Técnico y Operativo de Acueducto y Saneamiento Básico


COPIA: Subgerente Técnico y Operativo de Acueducto y Saneamiento Básico, Mauricio Andrés Rodríguez Romero, Subgerencia Técnica y Operativa de Acueducto y Saneamiento Básico
Proyectó: Justino Pardo Ramírez

Calle 6 No. 6-02 Neiva – Huila
PBX 8630142 - FUJO 8759058 - MOVIL 3116417059
E-mail: info@lasceibas.gov.co
www.lasceibas.gov.co

Código GD-FR-20 Versión 01



Apéndice D. Registro UCO 2025

CONTROL OPERATIVO ACUEDUCTO																							
Proceso: Gestión de Acueducto										Vigencia desde: 29/09/2023			Código: AC-FR-07 Versión: 04										
FECHA REPORTE OT	HORA REPORTE OT	OT	Nº	DIRECCION DAÑO	OT REPORTADA A:	ACCIONES ADELANTADAS	DIAMETRO TUBERIA	MATERIAL	PROFUNDIZ	ACOMETIDA	CAUDAL DERRAMADO APROXIMADO EN M3: $Q = K \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot T$ K=6.4 ; g=9.81m/seg ² y H=150 m.c.a.	BARRIO (s)	COMUNA	SECTOR DE SERVICIO	FECHA REPARACION	HORA INICIO REPARACION	HORA FINAL REPARACION	CIERRE	HORA CIERRE	HORA APERTURA	HORAS DIARIAS	MATERIAL	ARRIVAZION
ENERO																							
02/01/25	07:28:00	ORDEN DE TRABAJO	4643278	MZ 4 LT 14	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		-112.85	VILLA MARINELA	9	SECTOR NORTE	01/01/25	7:00	12:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
20/09/24	10:34:00	ORDEN DE TRABAJO	4643912	CL 1 D 18 B 87	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	8	PVC	X		426546.56	SAN MARTIN	8	SECTOR CENTRO	02/01/25	14:00	19:00	SI	14:00:00	19:00:00	00:00:00	SI	NO
02/01/25	09:06:00	ORDEN DE TRABAJO	4643407	CL 11 26 34	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		92.94	DIETE DE AGOSTO	5	SECTOR ORIENTE	02/01/25	14:00	16:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
02/01/25	09:06:00	ORDEN DE TRABAJO	4643407	CL 11 26 66	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		92.94	DIETE DE AGOSTO	5	SECTOR ORIENTE	02/01/25	14:00	16:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
02/01/25	09:06:00	ORDEN DE TRABAJO	4643407	CL 11 26 30	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		92.94	DIETE DE AGOSTO	5	SECTOR ORIENTE	02/01/25	14:00	16:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
03/01/25	12:50:00	ORDEN DE TRABAJO	4644892	KR 33 CL 40 SUR	GRUPO ADUCUENTO	REVISION DEL ACUEDUCTO	0		X		0	BOGUES DE SAN LUIS	6	SECTOR SUR - ORIENTAL	02/01/25	14:00	19:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	NO	NO
03/01/25	10:48:00	ORDEN DE TRABAJO	4644239	MZ 21 LT 141	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	4	PVC	X		2973.99	GRANJAS COMUNITARIAS	2	SECTOR NORTE	03/01/25	7:00	13:00	SI	9:00:00	12:00:00	03:00:00	SI	NO
30/10/24	16:08:00	ORDEN DE TRABAJO	4643211	CL 84 CON KR 1 LOTE 243	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	3	PVC	X		2419.06	VILLA COLOMBIA	9	SECTOR NORTE	03/01/25	7:00	12:00	SI	8:00:00	12:00:00	04:00:00	SI	NO
02/01/25	10:24:00	ORDEN DE TRABAJO	4649913	CL 21 CON KR 26	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		14133.17	LAS AMERICAS	8	SECTOR ORIENTE	03/01/25	14:00	19:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
02/01/25	09:59:00	ORDEN DE TRABAJO	4643364	KR 18 9 105	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PP	X		286.86	PRIMERO DE MAYO	5	SECTOR CENTRO	03/01/25	16:30	19:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
03/01/25	16:01:00	ORDEN DE TRABAJO	4644608	CL 1 H 33 34	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	2	PVC	X		361.27	EL PORVENIR	8	SECTOR ORIENTE	04/01/25	10:00	12:00	SI	10:00:00	12:00:00	02:00:00	SI	NO
04/01/25	16:33:00	ORDEN DE TRABAJO	4644886	CL 17 A 24 96	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		48.47	KENNEDY	5	SECTOR ORIENTE	04/01/25	7:00	9:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
03/01/25	11:49:00	ORDEN DE TRABAJO	4644689	KR 1 H 7 33	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		259.79	EL CENTRO	4	SECTOR ORIENTE	04/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
02/10/24	08:02:00	ORDEN DE TRABAJO	4646878	CL 18 31 42	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PP	X		539.69	EL JARDIN	5	SECTOR ORIENTE	04/01/25	8:00	12:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	07:46:00	ORDEN DE TRABAJO	4646889	KR 9 CL 13 73	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PP	X		-389.03	LA TOMA	3	SECTOR ORIENTE	04/01/25	14:00	19:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	07:35:00	ORDEN DE TRABAJO	4646870	CL 20A 40 A 03 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	304	PVC	X		-64.9	LMONAR	4	SECTOR SUR - ORIENTAL	04/01/25	15:30	19:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
04/01/25	10:43:00	ORDEN DE TRABAJO	4646490	CL 12 A 36 11	GRUPO ADUCUENTO	REVISION DEL ACUEDUCTO	0		X		0	EL VERDEL	5	SECTOR ORIENTE	04/01/25	14:00	15:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	NO	NO
04/01/25	12:22:00	ORDEN DE TRABAJO	4646454	CL 20 99 15	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	3	PVC	X		3366.74	LAS PALMAS	10	SECTOR ORIENTE	04/01/25	14:00	19:00	SI	15:00:00	18:30:00	03:30:00	SI	NO
02/10/24	11:26:00	ORDEN DE TRABAJO	4646841	KR 31 A 36 61 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PP	X		5493.38	SAN LUIS DE LA PAZ	6	SECTOR SUR - ORIENTAL	05/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
03/01/25	11:16:00	ORDEN DE TRABAJO	4644248	KR 9 3 34	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		366.11	EL ESTADO	4	SECTOR CENTRO	05/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
03/01/25	12:26:00	ORDEN DE TRABAJO	4646852	KR 33 CL 40 SUR	GRUPO ADUCUENTO	REVISION DEL ACUEDUCTO	0		X		0	BOGUES DE SAN LUIS	6	SECTOR SUR - ORIENTAL	05/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	NO	NO
07/01/25	07:41:00	ORDEN DE TRABAJO	4646855	CL 4 CON KR 23	GRUPO ADUCUENTO	ESCALANTARRILLADO	0				0	JORGE ELIEZER GATAN	7	SECTOR ORIENTE	05/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	NO	NO
07/01/25	08:03:00	ORDEN DE TRABAJO	4646850	KR 13 H 8 50	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		272.17	SANTA LIBRADA	3	SECTOR CENTRO	05/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
02/10/24	11:26:00	ORDEN DE TRABAJO	4646841	KR 31 A 36 25 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		909.29	SAN LUIS DE LA PAZ	6	SECTOR SUR - ORIENTAL	06/01/25	9:30	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	08:47:00	ORDEN DE TRABAJO	4646201	CL 32 8 41	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		-112.85	LAS GRANJAS	2	SECTOR NORTE	06/01/25	7:00	9:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	08:00:00	ORDEN DE TRABAJO	4646909	CL 18 C CON KR 31 30 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	304	PVC	X		-216.89	MANDAWHIES	6	SECTOR SUR - ORIENTAL	06/01/25	9:30	15:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	08:04:00	ORDEN DE TRABAJO	4646910	KR 17 CON CL 2 A 10 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PVC	X		-112.85	TUQUILA	6	SECTOR SUR - OCCIDENTAL	06/01/25	7:00	9:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	08:08:00	ORDEN DE TRABAJO	4646915	KR 19 CON CL 1 C 61	GRUPO ADUCUENTO	FUGA ACO	102	PP	X		-112.85	SAN MARTIN	8	SECTOR CENTRO	06/01/25	7:00	9:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	08:08:00	ORDEN DE TRABAJO	4646923	CL 15 CON KR 10 01 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	3	PVC	X		-692.66	ANDALUGA	6	SECTOR SUR - OCCIDENTAL	06/01/25	7:00	14:00	SI	9:00:00	14:00:00	00:00:00	SI	NO
03/01/25	12:50:00	ORDEN DE TRABAJO	4644892	KR 33 CL 40 SUR	GRUPO ADUCUENTO	REVISION DEL ACUEDUCTO	0		X		0	BOGUES DE SAN LUIS	6	SECTOR SUR - ORIENTAL	06/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	NO	NO
06/01/25	07:39:00	ORDEN DE TRABAJO	4647261	CL 66 KR 1 E W 64	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	3	PVC	X		-692.66	CHICALA	1	SECTOR NORTE	07/01/25	7:00	12:00	SI	8:00:00	12:00:00	04:00:00	SI	NO
07/01/25	08:06:00	ORDEN DE TRABAJO	4644923	CL 15 CON KR 10 01 SUR	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	3	PVC	X		1672.87	ANDALUGA	6	SECTOR SUR - OCCIDENTAL	07/01/25	7:00	12:00	SI	7:00:00	12:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	10:01:00	ORDEN DE TRABAJO	4648114	KR 30 15 06	GRUPO ADUCUENTO	EXCAVACION	0		X		0	EL JARDIN	5	SECTOR ORIENTE	07/01/25	7:00	13:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	10:01:00	ORDEN DE TRABAJO	4648114	KR 30 15 06	GRUPO ADUCUENTO	FUGA RDP	4	PVC	X		5523.12	EL JARDIN	5	SECTOR ORIENTE	07/01/25	13:00	19:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	SI	NO
07/01/25	13:00:00	ORDEN DE TRABAJO		SUSPENSIÓN SERVICIO DE AGUA	GRUPO ADUCUENTO	CIUDAD	0				0	CIUDAD	IND	IND	07/01/25	13:00	16:00	NO	0:00:00	0:00:00	00:00:00	NO	NO