

Propuesta integral para la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa

Red Vital ESP, del municipio de Paipa



Javier Santiago Díaz Lizarazo

Año 2023

Director

Ing. Oscar Alberto Alarcón Pérez

Universidad Antonio Nariño

Duitama

Propuesta integral para la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa

RED VITAL E, S, P del municipio de Paipa

Javier Santiago Díaz Lizarazo

Año, 2023

Universidad Antonio Nariño

Duitama

Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios por encontrar en él la fortaleza y sabiduría quien me guío y me dio la luz en este camino para ser la persona que soy en este momento; por darme la inteligencia y entendimiento en la realización de este proyecto y en mi vida personal. A mis padres Jorge Javier Díaz y Carmen Lizarazo, quienes me brindaron el apoyo incondicional, acompañamiento y comprensión, y me impulsaron en esta increíble aventura que es la Ingeniería Industrial.

Javier Santiago Díaz Lizarazo

Agradecimientos

Expreso mi gratitud a Dios Padre creador por darme la fortaleza en los momentos de debilidad a lo largo de mi carrera y permitirme sacar adelante este proyecto; a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, principios y valores que me han inculcado. A la Universidad Antonio Nariño que me brindó la oportunidad de adquirir conocimientos y experiencias para llegar a la vida profesional lo más capacitado posible. Finalmente, a los ingenieros y docentes de la facultad de ingeniería industrial por dedicarme el tiempo necesario para formarme de la mejor manera.

Resumen

En el siguiente trabajo se describe el proceso que realiza el sistema de acueducto de la empresa Red Vital E, S, P para la distribución de caudal en este proceso de captación, tratamiento, distribución y comercialización. En consecuencia, durante este proceso se presentan pérdidas técnicas y comerciales de agua por diversas causas que han sido identificadas, Como conexiones fraudulentas, fugas, roturas, distribución de caudal y falta de sectorización hidráulica. En esa medida, el presente proyecto se centró en las causas de pérdidas técnicas y comerciales de agua no contabilizada, debido a que no se han realizado acciones para disminuirlas, además de las gestiones que realiza previamente la empresa Red Vital E.S.P.

Por consiguiente, se propone la mejora en las redes de distribución de agua potable y sectorización hidráulica con el fin de minimizar estas pérdidas. En cuanto a la metodología, esta contempla una investigación de tipo mixta, puesto que estudia variables cuantitativas y cualitativas a partir de un enfoque descriptivo, exploratorio y aplicado. Dicha metodología está enfocada en tres fases, sustentadas mediante unas actividades. La primera fase tiene como propósito caracterizar todos los procesos del sistema de acueducto de Red Vital. Para ello, una herramienta fundamental son las fichas de caracterización. La segunda fase busca realizar un análisis para identificar las variables y los puntos críticos que presente el sistema de acueducto de dicha empresa en el municipio de Paipa. Finalmente, la tercera fase diseñará la propuesta de mejora. Esto es, la disminución de pérdidas de agua no contabilizada del componente integral en el sistema de acueducto red vital.

Palabras clave: servicios públicos, reducción de pérdidas, optimización, sistema de abastecimiento.

Abstract

In the following work, it is described the process of water- supply system conducted by RED VITAL E, S, P company in order to purify water. In this water catchment process, treatment, distribution and marketing, some technical and commercial water losses are identified by different concerns. This project aims at working on the causes of technical and commercial losses of unaccounted water, due to no actions to reduce the losses have been carried out, except the arrangements done previously by the company.

Therefore, it is proposed an improvement to drinking water distribution networks and hydraulic sectorization to mitigate the losses. To achieve this, it is considered mix research, studying quantitative and qualitative variables; regarding descriptive, exploratory and applied approach. The methodology implies three stages, which include certain activities to be developed. The first stage has the goal of characterizing all the processes of water- supply system of RED VITAL company, using surveys and description cards as tools. The second stage aims to run an analysis, identifying the variables and critical issues in the water- supply system of RED VITAL company in Paipa town. The third stage is to design an improvement proposal to decrease losses of unaccounted water of integral component in the water- supply system.

Key words: public services, loss reduction, optimization, supply system

Contenido

Introducción	1
Planteamiento del problema.....	2
Descripción del problema	2
Formulación del problema	3
Justificación	4
Objetivos.....	5
General.....	5
Específicos.....	5
Marco referencial	6
Antecedentes.....	6
Marco teórico.....	11
Control de pérdidas	11
Pérdidas aparentes comerciales	11
Marco conceptual.....	13
Sistema de abastecimiento de aguas	14
Marco geográfico	18
Marco Legal.....	19
Diseño metodológico	21
Tipo y enfoques de investigación	21
Variables de medición.....	22
Recolección y análisis de datos.....	22
Unidad de estudio o muestra.....	23

Fases y actividades metodológicas	23
Caracterización de prestación del servicio en la Empresa Red Vital S.A ESP.....	24
Caracterización de procesos.....	26
Proceso de captación.....	27
Proceso de aducción conducción	30
Desarenado.....	30
Proceso de tratamiento.....	32
Proceso de almacenamiento.....	39
Proceso de distribución.....	40
Identificación de puntos críticos	44
Identificación de causas	47
Diagrama de Ishikawa.....	47
Diseño propuesta de mejora sectorización de redes hidráulicas.....	49
Sectorización del casco urbano para la prestación del servicio público de acueducto	51
Enlace de sectores definidos con las rutas de facturación	56
Análisis volumen de Agua medido en la Macromedición vs .Volumen facturado	57
Medidas propuestas para la disminución de pérdidas.....	58
Implementación e instalación de macro medidores	¡Error! Marcador no definido.
Definición de costos de operación y mantenimiento	60
Actualización de micromedidores.....	61
Muestreo Estadístico de la Información	61
Selección de la Muestra	63
Metodología De Operación.....	63

Valoración Económica De La Actualizacion.....	64
Conexiones fraudulentas.....	66
Reposición de la red.....	67
Conclusiones.....	71
Recomendaciones.....	72
Referencias.....	73
Anexos.....	76

Lista de Tablas

Tabla 1 Usuarios Facturados de Acueducto alcantarillado y Aseo.....	24
Tabla 2 Caracterización de procesos - Captación	28
Tabla 3 Caracterización de procesos - Conducción	31
Tabla 4 Caracterización de procesos - Tratamiento.....	38
Tabla 5 Caracterización de procesos - Distribución	42
Tabla 6 Variables que afectan el sistema de acueducto	44
Tabla 7 Pérdidas Totales en el Sistema de Acueducto Urbano de Paipa.....	46
Tabla 8 Dotación por sectores.....	53
Tabla 9 Propuesta Cuantitativa para determinar las pérdidas de agua en los Sectores.....	56
Tabla 10 Implementación e instalación de macromedidores	59
Tabla 11 Presupuesto preliminar suministro e instalación de macromedidores en el casco urbano del municipio de Paipa.....	60
Tabla 12 Selección de la muestra.....	63
Tabla 13 Costo de la actividad para revisar un micromedidor	65
Tabla 14 Evaluación financiera del proyecto y análisis de indicadores	66
Tabla 15 Clasificación de acuerdo con el material	68

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa geográfico ciudad de Paipa.....	19
Figura 2 Ubicación Fuentes de Abastecimiento Principal y Alterna.....	25
Figura 3 Proceso de captación	28
Figura 4 Proceso de aducción conducción.....	30
Figura 5 Desarenado	31
Figura 6 Proceso de tratamiento	34
Figura 7 Proceso de tratamiento	35
Figura 8 Proceso de tratamiento	36
Figura 9 Tanques plásticos compactos	37
Figura 10 Zona de influencia de distribución	41
Figura 11 Pérdidas	44
Figura 12 Diagrama Causa-Efecto.....	47
Figura 13 Sectorización general redes de distribución modelo futuro	54
Figura 14 Sectorización redes de distribución modelo futuro	55

Lista de Anexos

Anexo 1. Ficha de Caracterización de procesos de la empresa Red Vital S.A ESP del municipio de Paipa, Boyacá.....	76
Anexo 2. Pérdidas totales en el sistema de acueducto urbano de Paipa	77
Anexo 3. Propuesta Cuantitativa para determinar las pérdidas de agua en los Sectores	77
Anexo 4. Diagrama de flujo o procesos de tratamiento.....	78

Introducción

La empresa de servicios públicos Red Vital de Paipa se creó mediante el Acuerdo Municipal el 05 de septiembre de 2008 y fundada el 10 de septiembre de ese mismo año por el honorable consejo municipal. Entre otros deberes y derechos, son responsables del bienestar de la vida de la población de Paipa a través de la prestación de labores en las áreas de acueducto alcantarillado, aseo y demás actividades complementarias.

Por otro lado, el proyecto de propuesta integral de reducción de pérdidas surge de la necesidad de evaluar las pérdidas técnicas y comerciales, Este buscar establecer mecanismos en relación con el análisis y reducción de los índices de pérdidas de agua no contabilizados en el sistema de acueducto en el municipio de Paipa, orientado a los sectores críticos de pérdidas de agua de dicho sistema. Asimismo, determinar qué tipos de modelo pueden brindar solución a esta problemática.

Con el objetivo de optimizar el rendimiento del sistema y lograr una gestión más eficiente del recurso hídrico. En esta propuesta integral, se presentarán diversas estrategias y acciones que abarcan desde la detección temprana de fugas y reparación oportuna, con el fin de diseñar una sectorización hidráulica la cual el municipio de Paipa no cuenta con ella con el fin de elegir los sectores y subsectores que presente mayores pérdidas técnicas y comerciales

La propuesta integral para la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto de Red Vital es una iniciativa orientada a la sectorización hidráulica minimizando las pérdidas y optimizando el rendimiento del sistema.

Planteamiento del problema

Descripción del problema

El sistema de acueducto de la empresa Red Vital enfrenta un desafío significativo en cuanto a las pérdidas de agua que se presentan en su red de distribución. Estas pérdidas representan que la empresa no contabiliza y no controla las pérdidas y eso se refleja de algún modo en la tarifa en el sistema de acueducto de la empresa RED VITAL S.A E.S.P, del municipio de Paipa, A pesar de los esfuerzos realizados hasta el momento, las medidas implementadas no han sido suficientes para mitigar de manera efectiva este problema.

El desperdicio de agua en el sistema de acueducto no solo implica un uso ineficiente de un recurso vital, sino que también conlleva costos económicos significativos para la empresa Red Vital. Cada litro de agua perdido se traduce en una pérdida financiera directa Además, estas pérdidas impactan negativamente en la sostenibilidad económica de la empresa, comprometiendo su capacidad para brindar un servicio de calidad a los usuarios.

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico se consideró por parte del regulador y del gremio de agua potable, que el objeto del 30% (máximo permitido) establecido por la comisión regulatoria de servicio públicos y que se mide con el indicador de agua no contabilizada (IANC) no es un indicador adecuado para medir la gestión de las pérdidas de un sistema de acueducto en especial por los efectos de la elasticidad precio demanda que ha propiciado la reducción de consumo y por otra parte por la discontinuidad del servicio, lo que llevo al regulador con el aporte del consenso y el gremio, a migrar de un indicador porcentual a uno de tipo volumétrico que le permita incorporar elementos porcentuales de eficiencia y

trasparencia en la gestión, y que busca, además evitar que se trasladen a los usuarios los costos por ineficiencia de los prestadores. (Duran, 2014, p. 50)

Formulación del problema

Algunas cifras históricas señalan que durante los últimos años el sistema de acueducto RED VITAL S.A E.S.P, para el cálculo de IANC, se reportaba el 57 % de pérdidas; situación que genera gran preocupación, dado que esto impacta sobre la continuidad del servicio. Además, estos valores sobrepasan el nivel máximo aceptable de pérdidas establecido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA., para efectos tarifarios, en la metodología tarifaria vigente –Resolución 287 de 2004– aplicable a los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, que reconoce un porcentaje máximo de pérdidas o índice de Agua no Contabilizada (IANC) de 30 %, el cual fue fijado en el artículo 2.4.3.14 de la Resolución 151 de 2001. En esa medida,

¿Cómo la propuesta integral disminuiría las pérdidas de agua no contabilizadas en red vital ESP del municipio de Paipa?

Justificación

La reducción de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa Red Vital es un tema de vital importancia que requiere una atención inmediata y eficiente. Esta justificación basa en la relación con el análisis y reducción de los índices de pérdidas de agua no contabilizados en el sistema de acueducto de la empresa Red Vital S.A ESP, en el municipio de PAIPA, esta propuesta busca establecer mecanismos orientados a los sectores críticos de pérdidas de agua de dicho sistema. Por lo tanto, se centró se determina una sectorización hidráulica que pueda brindar solución a esta problemática.

Estas pérdidas se producen principalmente en la planta de tratamiento y en la red de distribución. Estas pérdidas pueden ser subdivididas en: físicas y operacionales. Estas pérdidas pueden estar representadas en fugas en las redes, consumo de agua en operaciones de desinfección de redes y/o tanques o por el mal funcionamiento de válvulas e hidrantes. (Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P, 2017, p. 12) esta situación podría ser similar a la del municipio de Paipa

En consecuencia, las pérdidas físicas corresponden a altos volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas y filtraciones.

Se hace necesario la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa Red Vital es la necesidad de diseñar una sectorización hidráulica donde el municipio de Paipa se divida en sectores y subsectores para brindar solución a la problemáticas de pérdidas que se viene presentan desde hace algunos años

Objetivos

General

Realizar propuesta integral para la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto en la empresa Red Vital SA E, S, P, en el municipio de Paipa.

Específicos

Caracterizar procesos de prestación de servicio de la empresa red vital.

Identificar puntos críticos de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa Red Vital.

Diseñar una propuesta de mejora de disminución pérdidas de agua del componente integral no contabilizadas en el sistema de acueducto Red Vital.

Marco referencial

Antecedentes

Una de las mayores preocupaciones que afectan las empresas distribuidoras de agua potable a nivel mundial consiste en el considerable nivel de agua no contabilizada, la cual representa el volumen de agua potabilizado, producido y puesto en la red y el volumen de agua consumido, medido o no medido. En ese sentido, altos niveles de agua no contabilizada reflejan grandes volúmenes de agua pérdida por fugas físicas en los procesos de conducción y distribución. Esto se debe a la ausencia de una deficiente facturación del servicio a los clientes o por ambas razones

Tales pérdidas de agua afectan seriamente la viabilidad financiera de las empresas distribuidoras de agua potable, debido a que disminuyen su utilidad operativa al tener menores ingresos económicos y al tener que recurrir a mayores costos operativos, puesto que los costos variables relacionados con los procesos de potabilización, conducción y distribución son asumidos por la empresa, sin ninguna retribución al respecto; esto es, la detección de un alto índice de agua no contabilizada.

Al tener un adecuado control de los índices de pérdidas, se tendrá un uso optimizado del recurso hídrico. De este modo se consigue una mayor cobertura del servicio. A partir de las

medidas correctivas a través de la identificación y determinación de los índices de pérdidas se podrían disminuir los gastos y costos de mantenimiento.

(IANC) Indicador Agua no contabilizada es una característica de empresas de acueducto que a menudo operan bajo un gobierno y un marco financiero débiles, en donde carecen de la autonomía y de las habilidades, tanto administrativas como técnicas, necesarias para proporcionar un servicio de agua potable de alta calidad a la población. A causa de esto, los consumidores comienzan a pagar por las ineficiencias de la empresa, se desperdicia un recurso escaso y valioso, y las empresas empiezan a invertir en obras y nuevas fuentes de abastecimiento, las cuales son innecesarias si recurrieran a corregir las causas de los desperdicios y pérdidas generados en su sistema.

Los costos totales que tienen que incurrir las empresas de acueducto a causa de las pérdidas de agua Pueden tener un estimado de 14 billones de dólares por año, en donde la tercera parte de éstos son Incurridos por las empresas de acueducto del tercer mundo (Bill Kingdom, 2006). De acuerdo con el World Bank Group, en los países en vía de desarrollo cerca de 45 millones de metros cúbicos de agua (volumen suficiente para abastecer a 200 millones de personas por día) son perdidos por fugas en los canales de distribución.

De la misma forma, cerca de 30 millones de metros cúbicos son entregados cada día a los consumidores, pero no son correctamente facturados a causa de robos, corrupción de los empleados de la empresa distribuidora, y/o por una pobre medición. Todo esto afecta directamente la capacidad de las empresas distribuidoras de los países en vía de desarrollo para ser financieramente viables y expandir la cobertura de su servicio hacia la población que carece la oportunidad de disfrutar este recurso natural

La finalidad de la política de control de pérdidas puede ser resumida en la minimización de tres tipos de costos: a) costos ambientales que contemplan los costos de mitigación de los proyectos de extracción y distribución; b) costos de conservación de los recursos, que corresponde a los costos evitados de acceso a fuentes alternas y al costo de oportunidad del recurso utilizado (fuentes); y c) costos (evitados) de producción, tratamiento y bombeo del agua que no es facturada por la empresa. (Reyes, 2009, pp. 5-6)

Por esto, las empresas distribuidoras de agua potable en el país al adelantar procesos de mantenimiento en sus redes de distribución, los cuales cobijan el problema básico de detección de fugas, deben realizar una evaluación económica para determinar el factor de pérdidas “óptimo”, el cual debe corresponder a aquel en el cual la empresa decide no moverse de ese punto, en la medida en que tal punto es una señal que le permite decidir que por debajo de él, su gestión en la reducción termina siendo más costosa para la empresa y para los usuarios. (Reyes, 2009, p. 7)

Por consiguiente, una de las mitologías de investigación y reparación de aguas radica en la del “*optimo encomio*” aplicada en el Reino Unido durante los últimos diez años, la cual tiene en cuenta el costo total. El costo del control de fugas plantea que el aumento del 1 % del presupuesto destinado al punto de control de fugas corresponde a una reducción del 10 % de los costos totales de la producción del agua. Sobre esto, Apolo (2004) expresó lo siguiente:

La importancia de la disminución y control de las pérdidas de agua ha motivado que las empresas del sector implementen programas encaminados a disminuir el índice de agua no

contabilizada y concluye que: Todas las causas que conllevan a que este índice sea menor o mayor se pueden agrupar en.

Tres categorías: La primera es por error en medición, ya sea en macro o micro medición. Estas representan un 40 % de las pérdidas de una empresa de acueducto. La segunda causa son las fugas, las cuales aportan un 35% a la pérdida. El 25 % restante, está representado en la tercera causa que son las conexiones clandestinas, fraudes y robos. (p. 22)

En efecto, dicho trabajo sostiene lo siguiente:

Al perder menos agua en las redes de agua potable, las fuentes de abastecimiento podrían recuperar su capacidad y así la disponibilidad de agua para la población se verá notablemente aumentada, con lo que la sustentabilidad de las ciudades no estaría comprometida como lo está hoy en día. (Ojeda, 2012, p. 6)

En la tesis "Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución", de Abarca (2012), en una de sus conclusiones planteó que para determinar qué porcentaje de pérdidas se presentan en un sistema de distribución de agua potable y diagnosticar la eficiencia general de la entidad encargada se debe utilizar el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) (Abarca, 2012)..

Asimismo, el autor concluyó que la principal desventaja del uso de este índice es que para su cálculo se necesita conocer el volumen que se inyecta al sistema y el volumen que se factura durante un periodo. No obstante, muchas de las veces se usa agua sin medir (aseo de parques, limpieza de calles, etc.) y, por ende, estos consumos son estimados, razón por lo cual se deja una gran incertidumbre al menos dentro del volumen facturado.

En la versión 2010 del concurso de Buenas Prácticas de la SUNASS, la EPS Sierra Central S.R.L. presenta el trabajo "Implementación de procedimientos de análisis de parámetros hidráulicos para mejora continua de continuidad y presión de servicio" dando inicio a la implementación de las metodologías de gestión de presión, los resultados más resaltantes obtenidos muestran una mejora de 354.4.8 % en la continuidad promedio del sector 5 que paso de 5 horas/día en Junio del 2009 a 22.73 horas/día a diciembre del 2009 beneficiando a 276 pobladores, asimismo en el sector 1 se logró una mejora de 47.8 % de incremento en el indicador de presión de servicio, habiendo pasado de 12.9 meca en junio. En el mundo, más de 32 billones de m³ de agua potable se fugaron de sistemas de abastecimiento al año, con un costo asociado superior a los USD 18. 000 millones. (Porras, 2014, p. 14)

En el contexto latinoamericano, el Banco Mundial (2013) estimó en promedio que el 45 % del agua producida correspondió a agua no facturada. El caso colombiano no fue la excepción. Las investigaciones a nivel mundial indicaron que, de seguir las prácticas actuales de consumo de agua, enfrentaremos una escasez mundial del 40 %, entre la demanda prevista y el suministro disponible para el año 2030. (Bueno-Herrera et al., 2020, p. 84)

Por su parte, Dogo et al. (2019) y Venkatesh (2012), como se citó en Bueno-Herrera et al. (2020) reportaron lo siguiente:

Dinamarca ha sido capaz de reducir sus pérdidas en 9,0 % mediante un proceso que inició en 1989, con un impuesto sobre el agua producida, el cual les brindó a los proveedores incentivos para reducir las pérdidas y mejorar los sistemas de abastecimiento. (p. 84)

Asimismo, Ho et al. (2010), como se citó en Bueno-Herrera et al. (2020), "desarrollaron una metodología técnica mediante la integración de un modelo de red neuronal artificial basado

en sísmica y sistemas de información geográfica, para estudiar las fugas de agua en un sistema de abastecimiento” (p. 84).

Marco teórico

Los servicios públicos de saneamiento en el municipio de Paipa son administrados por la empresa Red Vital Paipa S.A E.S.P. Por otro lado, para el servicio de acueducto se cuenta con la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución y comercialización. Para el servicio de alcantarillado se cuenta con la conducción, la recolección, el tratamiento, la disposición final y la comercialización; y en aseo, con el lavado de áreas públicas, la recolección, el transporte, el aprovechamiento, la comercialización, el corte y poda de zonas verdes, barrido y limpieza de áreas públicas.

Control de pérdidas

Pérdidas aparentes comerciales

Corresponden principalmente a inconvenientes asociados a la medición y facturación de los suscriptores del sistema. La estimación de las pérdidas comerciales está sujeta a un alto grado de incertidumbre.

En consecuencia, se deben discriminar las pérdidas aparentes en sus componentes para lograr una buena estimación. En primer lugar, se debe estimar el número de conexiones ilegales. Esto se puede hacer ya sea consultando registros anteriores o realizando muestreos en diferentes sectores del sistema. En segundo lugar, debe estimarse las pérdidas debidas a errores en el

manejo de información, así como inexactitudes en la medición. Durante las lecturas de medidores, debe registrarse el número de medidores de agua averiados y hacer estimaciones de los volúmenes perdidos con base en estudios realizados en laboratorios de medidores. Para los países en desarrollo, IWA recomienda utilizar 5 % del consumo medido facturado como una estimación inicial hasta que se disponga de una evaluación más detallada. De acuerdo con Lambert (2010):

Las pérdidas aparentes excederán usualmente 5 % en sistemas con tanques de almacenamiento de los suscriptores. Al respecto, se recomienda que cada persona prestadora realice una evaluación y cuantificación de los componentes de pérdidas aparentes dentro de su propio sistema en vez de utilizar un porcentaje del volumen de ingreso al sistema. (Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P, 2017, p. 5)

Pérdidas reales técnicas. Corresponden principalmente a fugas en los componentes de conducción y distribución de agua, filtraciones en los tanques de almacenamiento de agua y fugas en las conexiones domiciliarias. Finalmente, las pérdidas reales de agua se pueden estimar al restar las pérdidas aparentes de las pérdidas de agua totales; las cuales se pueden obtener de la diferencia entre el volumen de entrada al sistema y el consumo autorizado. Por ello, es importante tener en cuenta que entre menor sea el número de macro y micromedidores instalados en el sistema, más bajo será el nivel de exactitud del Balance Hídrico. De igual forma, es necesario recordar que el Balance Hídrico debe revisarse, ajustarse y actualizarse anualmente, teniendo en cuenta el procedimiento anteriormente descrito. (Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P, 2017, p. 5)

Volumen de entrada al sistema. “Se determina con base en las mediciones anuales desde los macro medidores después de la planta de tratamiento” (Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P, 2017, p. 6). En Colombia, la legislación vigente establece para el indicador del IANC un valor de eficiencia del 30 %, y el 50 % para el escenario colombiano, y alrededor de un rango similar en países latinoamericanos.

Marco conceptual

Calidad. La calidad es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permite apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie. También a quienes producen un artículo proporcionan un servicio, ya que establece la diferencia entre lo bueno y lo malo, entre lo apropiado y lo que no lo es, según sean nuestras necesidades y/o expectativas. (Yenque et al., 2002. p. 62)

Servicio. “Los servicios son actividades, beneficios o satisfacciones que se ofrecen en renta o a la venta, y que son esencialmente intangibles y no dan Como resultado la propiedad de algo” (Sandhusen, 2002. p. 385).

Proceso. “Los procesos son aquellos que constituyen el núcleo de una organización, son las actividades y tareas que realiza a través de las cuales generan un servicio o producto para sus usuarios” (Carvajal et al., 2017 p. 21).

En esa medida, un proceso se trata de una serie de operaciones realizadas en orden específico y con un objetivo.

La satisfacción representa el grado de cumplimiento de las expectativas de un cliente tras recibir un servicio este grado de cumplimiento se calcula como la diferencia entre el valor

perdido por el cliente y las experiencias que este tenía antes de recibir el servicio o producto. (Pozo, s.f., párr. 1)

Descripción de conceptos y componentes utilizados

Para el siguiente trabajo es esencial que el lector conozca ciertos conceptos y componentes utilizados en el sector de los servicios públicos y específicamente en el sistema de acueducto en la empresa RED VITAL S.A ESP, en lo concerniente a las pérdidas operacionales.

Válvulas de corte o cierre en la red de distribución se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: las válvulas de compuerta no se deben utilizar en tuberías con diámetros superiores o iguales a 350 mm, en cuyo caso se deben utilizar válvulas de mariposa. Cuando en un punto dado de la red se interconectan tres o más tramos de las tuberías, el diseño debe prever una válvula de cierre en cada tramo. Debe instalarse una válvula de cierre en todas las conexiones de los sectores hidráulicos. (Resolución 330 de 2017, art. 64)

En consecuencia, se deben colocar las válvulas con drenaje y pozo de succión para mantenimiento de la red. De tal modo que se eviten los puntos muertos en esta.

Válvulas reguladoras de presión

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: Para redes de distribución, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo horario (QMH) para el final del periodo de diseño del sector que atiende. En el caso de conducciones, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo diario (QMD) para el final del periodo de diseño. (Resolución 330 de 2017, art. 65)

Sistema de abastecimiento de aguas: el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas por una población y determinada con el fin de

satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar por la fuente Del agua, de la que se obtienen en agua de lluvia almacenada en aljibes agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie; agua subterránea captada a través de pozos o galerías filtrantes agua superficial, proveniente de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales agua de mar. (Emor, s.f., párr. 1)

“El sistema de abastecimiento de agua también se clasifica dependiendo del tipo de usuario, en urbano o rural. Los sistemas de abastecimientos rurales suelen ser sencillos y no cuentan en su mayoría con redes de distribución eficientes” (Emor, s.f., párr. 3).

Fuente de abastecimiento: “es el sitio de donde se capta el agua que es por lo general una cuenca hidrográfica o un acuífero. La selección de esta depende de factores como accesibilidad, localización, cantidad y calidad” (Emor, s.f., párr. 4).

Obras de captación: “el tipo de estructura a utilizar depende del tipo de fuente utilizada. Si la fuente es superficial la captación se hace mediante una estructura de “bocatoma” y si la fuente es subterránea se hace mediante “pozos”” (Emor, s.f., párr. 5).

Obras de Aducción: “son las obras para el transporte del agua desde el sitio de captación hasta la planta de tratamiento. Generalmente, la conducción se realiza por tubería a presión o por gravedad y/o por canales abiertos o cerrados” (Emor, s.f., párr. 7).

Tratamiento del agua: “es el proceso por medio del cual se transforma la calidad del agua presente en la fuente de abastecimiento a una calidad adecuada para su consumo humano de acuerdo con la normatividad vigente” (Emor, s.f., párr. 9).

Almacenamiento: “es la capacidad que debe tener el sistema, de almacenar agua tratada para suplir la demanda en las horas pico y proveer unas reservas para situaciones de emergencia, como es el caso de almacenamiento de agua contra incendio, o en periodos de mantenimiento de redes” (Emor, s.f., párr. 17).

Distribución: es el proceso por medio del cual se conduce el agua desde los sitios de almacenamiento hasta los predios de los usuarios del servicio. Los elementos principales de la conducción son las redes matrices, las cuales tienen como función conducir grandes volúmenes de agua hacia todas las zonas de la ciudad; asimismo, a redes secundarias que distribuyen el agua en cada calle y sobre las cuales están instaladas las acometidas. (Esguerra, 2019, p. 11)

Fuente: “es el espacio natural desde el cual se derivan los caudales demandados por la población a ser abastecida. Deben ser básicamente permanentes y suficientes, pudiendo ser superficiales y subterráneas, suministrando el agua por gravedad o por bombeo” (Emor, s.f., párr. 4).

Obra de captación: son estructuras y/o dispositivos ubicados en la fuente y destinados a facilitar la derivación de los caudales demandados por la población. Las tomas son orificios protegidos a través de los cuales el agua entra a una taquilla y luego a un canal o tubo que la transporta, por gravedad o mediante bombeo, al sitio de consumo. Estas obras deben ser estables, para que en todo tiempo puedan suministrar el caudal estipulado en el diseño. (Emor, s.f., párr. 5)

Línea de aducción o impulsión: son tuberías usadas para transportar los caudales desde la obra de captación hasta el estanque de almacenamiento o la planta de tratamiento. Esta consta de una serie de dispositivos necesarios para su buen funcionamiento, tales como ventosas,

limpiezas, desarenado, taquillas rompe carga, válvulas reductoras de presión, codos, etc. La mayoría de las veces el agua es conducida en tuberías a presión, bien por gravedad o con la ayuda de bombas. Algunas veces, a lo largo de canales abiertos, puentes-canales y túneles. El tipo de conducto que se adopta depende de la topografía general del terreno a través del cual se tienden los conductos. (Emor, s.f., párr. 6)

Planta de Tratamiento: “es el conjunto de estructuras y/o dispositivos destinados a dotar el agua de la fuente de la calidad necesaria para el consumo humano; es decir, potabilizarla a través de diferentes procesos como mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección, etc.” (Emor, s.f., párr. 7).

Estanque de almacenamiento: son depósitos para almacenar agua con el propósito de compensar variaciones de consumo, atender situaciones de emergencias como incendios, atender interrupciones de servicio y para prever diseños más económicos del sistema. Es necesario situar estos estanques, con relación al sistema de distribución a fin de asegurar un servicio eficiente. (Emor, s.f., párr. 8)

Línea Matriz: “es el tramo de tubería destinado a conducir el agua desde el estanque de almacenamiento y/o la planta de tratamiento hasta la red de distribución” (Emor, s.f., párr. 9).

Red de Distribución: “es el conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir las aguas a todos y cada uno de los usuarios a través de las calles” (Emor, s.f., párr. 10).

Acometida Domiciliaria: es el tramo de tubería que conduce las aguas desde la red de distribución hasta el interior de la vivienda. En este tramo de tubería se colocan los contadores o medidores que son equipos destinados a medir la cantidad de agua que utiliza cada usuario. (Emor, s.f., párr. 11)

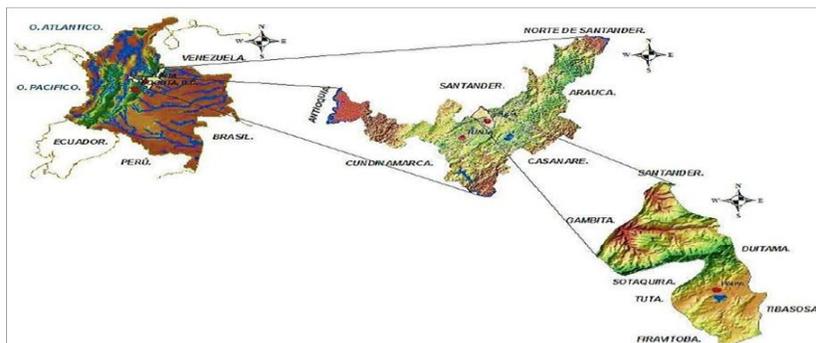
Marco geográfico

En cuanto a la ubicación geográfica, Paipa Boyacá se encuentra dentro de la provincia de Tundama en la parte centro oriental del país y noroccidental del departamento de Boyacá a 2525 metros por segundos sobre el nivel de mar. Esta forma parte de la cuenca alta del río Chicamocha. Morfológicamente, su territorio, de norte a sur, presenta tres regiones a saber: media falda con colinas y páramos al norte; un plano inclinado con aguas freáticas superficiales (utilizadas antes en aljibes) y un área pantanosa, asiento de antiguo lago, el cual hace parte del pantano de Vargas, donde brotan aguas termo minerales en inusitada abundancia. La red hidrográfica está conformada por el río Chicamocha y las Quebradas Valencia y El Rosal y el Lago Sochagota. (Borda, 2013, p. 16)

Las tierras del área se encuentran dedicadas a ganadería extensiva y cultivos de papa cebada, maíz, trigo, arveja, fríjol y hortalizas. En los sectores próximos a los núcleos urbanos se cultivan frutales perennes como pera, manzana, ciruela. La ganadería esta principalmente orientada a la cría, levante y engorde de ganado vacuno, también se da en menor escala la explotación de ganado lechero. Además, existen explotaciones de ganados lanar y porcino y aves de corral. En jurisdicción del municipio se encuentran excelentes instalaciones turísticas y hoteleras que son visitadas anualmente por miles de turistas, tanto nacionales como extranjeros. (Patarroyo, 2020, p. 14)

Figura 1

Mapa geográfico ciudad de Paipa



Nota. Elaboración Propia A Partir De La Empresa Red Vital E, S, P

Marco Legal

La Ley 142 de 1994, “por la cual se establece el régimen de los servicios públicos, definió el alcance e intervención de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Por consiguiente, se dictan otras disposiciones”.

Ley 373 de 1997, “por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”.

Programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

(Art. 1)

Decreto 3100 de 2003, “por el cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones”.

Asimismo, decreto 421 de 2000, “por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 5 de la Ley 42 de 1994, en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas” .

Decreto 302 de 2000, “por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado”.

El presente decreto contiene el conjunto de normas que regulan las relaciones que se generan entre la entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto, el alcantarillado y los suscriptores y usuarios, actuales y potenciales.

De igual modo, el Decreto 1905 de 2000, “por el cual se modifican los estatutos y el reglamento de funcionamiento de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico”.

Decreto 475 del 998 RAS, “por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable”. Esto es, suministro de agua en cumplimiento de las normas, disposiciones y criterios contenidos en el presente decreto, así como los demás aspectos que tengan relación con la calidad del agua para consumo humano.

Decreto 3102 de 1997, “por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua”.

Decreto 1842 de 1991, “por el cual se expide el Estatuto Nacional de Usuarios de los Servicios Públicos Domiciliarios”.

Resolución 294 de 2004, “por el cual se establece la devolución de cobros no autorizados para los servicios de aseo, acueducto y alcantarillado, como criterio general de protección de los derechos de los usuarios en lo relativo a la factura”.

Resolución 293 de 2004, “por la cual se establecen disposiciones para la inclusión de cláusulas exorbitantes o excepcionales en los contratos de las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de aseo, acueducto y alcantarillado”.

Resolución 003176 de 2004, “por la cual se adoptan los formatos para el Registro de Información de Proyectos de Inversión en Infraestructura en el Sistema Único de Información, SUI”.

Diseño metodológico

Tipo y enfoques de investigación

El presente proyecto contempla una investigación de tipo mixto, al estudiar variables cuantitativas y cualitativas; con enfoques descriptivo, exploratorio, aplicado; descriptivo al evidenciar el estado actual de este tipo de organización; exploratorio ya que se utilizarán instrumentos de recolección de información y aplicado puesto que la metodología diseñada será susceptible de aplicar en Empresas prestadoras de servicios públicos con contexto similar al del campo de estudio. (Hernández et al., 2010, p.)

El método de investigación será inductivo, debido a que, en primer lugar, se realizó una caracterización de los procesos de prestación de servicio de la empresa Red Vital del municipio de Paipa. Acto seguido, se prosigue con la identificación del flujo de sus procesos y el análisis de herramientas susceptibles de ser implementadas en este tipo de empresa. Finalmente, se procederá con la propuesta metodológica de aplicación y el uso de estas herramientas.

Variables de medición

Para el proceso del objetivo 1, las variables analizadas de pérdidas operacionales en el sistema de acueducto Red Vital S.A ESP de Paipa, donde se identificaron las variables y situaciones que las generan.

Para el desarrollo del objetivo 2, las variables que se buscaron analizar son todos los factores que generen cualquiera de las pérdidas existentes en el proceso, del sistema de acueducto en la empresa Red Vital S.A ESP de Paipa. Para ello, se analizarán los puntos críticos que eliminen dichas pérdidas operacionales

Para el avance del objetivo 3, las variables analizadas son el diseño de propuesta de mejora para la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa Red Vital S.A ESP, de Paipa

Recolección y análisis de datos

Los instrumentos de recolección de información que se utilizaron son principalmente encuestas, visitas a las PTAP (Plantas de tratamiento agua potable), entrevistas al personal y la revisión de la documentación actual de la empresa.

Unidad de estudio o muestra

Empresa Red Vital SA ESP, de la ciudad de Paipa.

Fases y actividades metodológicas

La metodología que se llevará a cabo para el desarrollo de este trabajo de investigación está compuesta por tres fases para dar cumplimiento a los objetivos establecidos. En dichas fases se mencionarán cada una de las actividades correspondientes, los resultados y las variables de análisis para tener en cuenta dentro del estudio, como se muestra en la siguiente fase:

Fase 1. Caracterizar procesos de prestación de servicio de la empresa Red Vital,
Actividades metodológicas.

Diseñar un instrumento de recolección de información, fichas de caracterización del proceso. Aplicar instrumento de recolección
Análisis y documentación de información recolectada

Fase 2. Identificar puntos críticos de pérdidas en el sistema de acueducto de la empresa Red Vital.

Actividades metodológicas Identificación de proceso crítico a través del software sysman

Fase 3. Diseñar propuesta de mejora de disminución de pérdidas de agua del componente integral no contabilizadas en el sistema de acueducto Red Vital.

Definición de proceso de implementación de mejoras, Análisis de requerimientos de implementación, Análisis de propuestas de mejora Selección de propuestas de mejora.

Caracterización de prestación del servicio en la Empresa Red Vital S.A ESP

Red Vital Paipa S.A. E.S.P. es la empresa administradora de los servicios públicos en el municipio de Paipa. Dicha empresa para el servicio de acueducto cuenta con un sistema de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución y comercialización. Para el alcantarillado cuenta con un sistema de conducción, recolección, tratamiento, disposición final y comercialización.

En cuanto al aseo: lavado de áreas públicas, recolección, transporte, aprovechamiento, comercialización, corte y poda de zonas verdes, barrido y limpieza de áreas públicas; adicionalmente, tiene los servicios de lavados de tanques y maquinaria. En la siguiente tabla se presentan los suscriptores facturados:

Tabla 1

Usuarios Facturados de Acueducto alcantarillado y Aseo

Servicio	N de suscriptores facturados
Acueducto	6.165*
Alcantarillado	6.125*
Aseo	5.702*

Nota. Elaboración propia. A partir de la empresa red vital

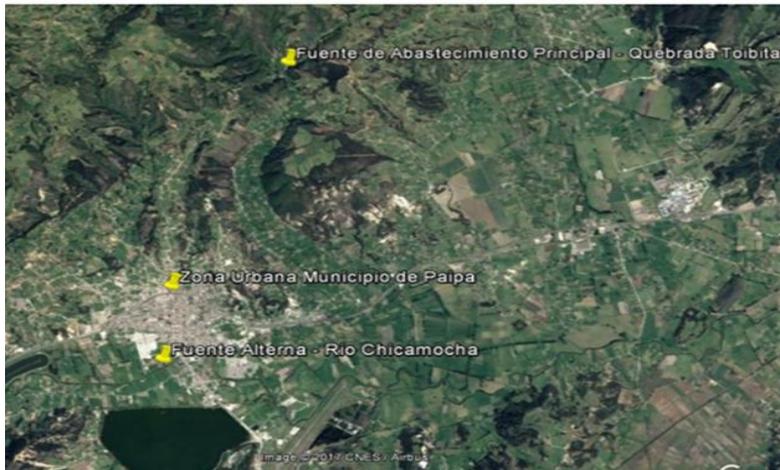
La fuente más importante que abastece el acueducto urbano del municipio de Paipa es la Quebrada Toibita. El nacimiento ocurre por el afloramiento de agua proveniente de una amplia área de recarga hídrica que se encuentra ubicada en la Páramo de Ranchería. La microcuenca que compone la Quebrada Toibita aporta algunos caudales de infiltración a la quebrada a lo largo de su extensión, lo que hace que el caudal aumente hasta el punto de la captación., en el caudal que

aporta la cuenca en el sitio de captación es suficiente para el suministro de agua al municipio, tal como lo reporta el operador del sistema.

El caudal captado de la fuente, de acuerdo con la resolución 2706 de 2012, para el año 2017 es de 38.73 Litros por segundo, en dicha resolución se indica que el caudal máximo concesionado es de 61.27 Litros por segundo, por lo que declara la fuente agotada. Bajo esta consideración y asumiendo un caudal ecológico correspondiente al 25 % del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente, el caudal medio de la fuente sería aproximadamente de 81.7 LTS. En la Figura 2 se puede observar que existen otras fuentes de abastecimiento,

Figura 2

Ubicación Fuentes de Abastecimiento Principal y Alterna



Nota. Google Earth

Caracterización de procesos

Los procesos por caracterizar son la captación, conducción, tratamiento y distribución. Con el fin de, Asegurar la disponibilidad de agua. Al comprender y caracterizar los procesos de captación, conducción, tratamiento y distribución, se puede evaluar la disponibilidad de agua en una determinada región o área geográfica esto permite identificar las fuentes de agua viables y determinar los recursos necesarios para su captación y transporte.

Garantizar la calidad del agua: Como la caracterización de los procesos de tratamiento es esencial para garantizar que el agua captada cumpla con los estándares de calidad requeridos para su uso. El tratamiento del agua se realiza para eliminar contaminantes, microorganismos y otros elementos indeseables que podrían representar un riesgo para la salud humana o el medio ambiente.

Optimizar la eficiencia y la seguridad: Al caracterizar los procesos de conducción y distribución, se pueden identificar posibles problemas o deficiencias en la infraestructura, como

rugas, obstrucciones o pérdidas de presión. Esto permite tomar medidas correctivas para mejorar la eficiencia y la seguridad del sistema de distribución, minimizando las pérdidas de agua y optimizando el suministro.

Planificar y gestionar los recursos hídricos: La caracterización de los procesos de captación, conducción, tratamiento y distribución es fundamental para una gestión adecuada de los recursos hídricos. Proporciona información sobre la cantidad y calidad del agua disponible, lo que facilita la planificación a largo plazo, la toma de decisiones y la implementación de medidas de conservación y uso sostenible del agua.

Proceso de captación

El sistema de captación de agua cruda se realiza a través de una bocatoma de fondo. Esta consta de una placa de fondo en concreto ciclópeo, en la cual se encuentra anclada la rejilla en varilla de acero. Por otro lado, se estima que la capacidad de la bocatoma es muy superior a los 40 l/s. Sin embargo, en épocas de lluvias, el transporte de sedimentos podrían hacer colmatar esta estructura. Asimismo, en condiciones normales de operación se observa la presencia de ramas y hojas que bloquean la rejilla y restringen el paso hacia el canal de aducción, que conecta la bocatoma con una cámara de distribución antes de la entrada. En el costado izquierdo, en sentido del flujo, se encuentra una compuerta plana vertical, la cual debería cumplir la función de regular los caudales que ingresan al sistema.

De acuerdo con el área operativa de la empresa Red Vital se decidió bloquear su operación para evitar la manipulación por personal ajeno al de operación. Por este

Motivo, como se muestra en la figura 3 se encuentra actualmente fuera de operación, dejando ingresar la gran mayoría de caudal al sistema. Las aguas se conducen hacia una caja recolectora y de allí el caudal es conducido hacia el desarenador por medio de tubería en PVC de 8" de diámetro, el excedente de agua que ingresa a los desarenadores rebosa por la restricción impuesta por la tubería de aducción y la operación de las válvulas a la entrada de las plantas de tratamiento, lo que posibilita retornar el excedente ingresado a la quebrada unos metros aguas abajo de la captación.

Figura 3

Proceso de captación



Nota. Empresa Red Vital E, S, P

Tabla 2

Caracterización de procesos - Captación

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE PAIPA PAIPA S.A. E S P 	Manual de procesos y procedimientos	PÁGINA	3 de 5
	Caracterización de procesos	FECHA	23-07-2022

	Proceso	Captación	VERSIÓN	01
			CÓDIGO	FO-GD-01

I. Identificación del proceso	
Responsable o líder del proceso: Subgerente	Tipología: Misional
Objetivo del proceso: Controlar la entrada de caudal	

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 38 L/s	P	Realizar análisis caudal preventivamente	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 38 L/s	H	Realizar seguimiento y control de captación de caudal	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 38 L/s	V	Monitorear caudal preventivamente	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 38 L/s	A	Controlar llegada de caudal correctamente a las PTAP	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa

Fuente: Empresa Red Vital E, S, P

Proceso de aducción conducción

Desde el canal de aducción se deriva una línea independiente en diámetro de 8 pulgadas en PVC, con una longitud de 35.00 metros hasta una cámara de aquietamiento y distribución que se ubica antes de ingresar a los desarenadores

Figura 3

Proceso de aducción conducción



Nota. Empresa Red Vital E, S, P

Desarenado

Existen dos (2) desarenadores de tipo convencional, ubicados a 35 metros de la bocatoma. Las estructuras son en concreto reforzado, de forma rectangular con dimensiones 9.3m de longitud, 3.4m de ancho y 2m de profundidad, cada uno, cuenta con una capacidad de 40 l/s. Este está conformado por zona de entrada, pantalla deflectora, zona de lodos, zona de

sedimentación y zona de salida. El mantenimiento no es continuo y se encuentran en estado regular; adicionalmente, se rebosan por falta de control del caudal captado.

Figura 4

Desarenado



Nota. Elaboración propia a partir de Red Vital

Tabla 3

Caracterización de procesos - Conducción

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE PAIPA PAIPA S.A. E S P Red Vital AL SERVICIO DE SUMERCE NIT:900259348-5	Manual de procesos y procedimientos		PÁGINA	4 de 5
	Caracterización de procesos		FECHA	23-07-2022
	Proceso	Conducción	VERSIÓN	01
			CÓDIGO	FO-GD-01

I. Identificación del proceso	
Responsable o líder del proceso: Subgerente	Tipología: Misional
Objetivo del proceso: Controlar la conducción de caudal	

--

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 38 L/s	P	Realizar seguimiento en la conducción del agua preventivamente	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 38 L/s	H	Realizar control y análisis de redes de conducción	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal 38 L/s	V	Verificar caudal que sale de la PTAP	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal 38 L/s	A	Monitoreo de la conducción del caudal	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Habitantes del municipio de Paipa

Fuente: Empresa Red Vital E, S, P

Proceso de tratamiento

El sistema de tratamiento se encuentra dividido principalmente en dos plantas. De acuerdo con la información obtenida de los macro medidores que se encuentran a la salida de las PTAP I y PTAP II, un 27.35 % del caudal captado recibe tratamiento en una planta de tipo compacta (San Felipe II - Hoteles y Cartagena), un 65.35 % del caudal captado recibe

tratamiento de tipo convencional (San Felipe I – Centro y Otros) y un 7.3 % en la PTAP III Corinto. A continuación, se describe con mayor detalle cada uno de los sistemas de tratamiento:

PTAP San Felipe Etapa I:

La planta de tratamiento de San Felipe Etapa I de tipo convencional tiene sus primeros componentes (Torre de Aireación, Floculación y Sedimentado) en el sitio denominado San Felipe II y trata aproximadamente el 66 % del caudal captado. Está ubicada en las coordenadas 1131428.5916N - 1106857.4239E, a una altura de 2570 msnm. Los componentes del sistema de tratamiento son los siguientes: macro medidor 8” a la entrada (Compartido para PTAP I) Torre de aireación de cinco bandejas con carbón activado (fuera de servicio).

Macro medidores a la salida, dos de 6” y 3” para la zona centro y sur del municipio. Uno de 3” en la descarga de la bomba que mide el caudal bombeado hacia Pablo Solano y algunos sectores de Villa Vianey. La entrada de la planta de tratamiento se realiza a través de tubería de 8 pulgadas en PVC. Inicialmente, se encuentra la válvula de entrada, la cual permite suspender y/o controlar la entrada del flujo a las plantas desde la bocatoma. En este sitio se encuentra igualmente un macro medidor de 8”.

Después de este equipo de medición, se encuentran las válvulas de control que permiten separar el caudal a tratar, tanto en la planta convencional (San Felipe I), como en la compacta (San Felipe II). Por su parte, la válvula de entrada en hierro fundido posibilita el paso de aproximadamente un 66 % del caudal captado hacia el sistema de tratamiento convencional. Por otro lado, existe una torre de aireación que consta de cinco bandejas con carbón activado como material de contacto. Las bandejas tienen diámetros entre 1.72 metros y 2.2 metros con una

separación entre ellas de 0.56 metros en promedio; actualmente esta torre no se encuentra en operación y se usaba cuando venía agua desde el sistema de bombeo, ubicado sobre el río Chicamocha.

Seguido de la torre de aireación, existe una caja de medición de caudales, a través de vertederos triangulares; estructura empleada además para la aplicación del coagulante. Esta caja está construida en concreto y presenta una profundidad de 0.5 metros y 0.8 metros de ancho por 1.2 metros de largo.

En la salida del segundo vertedero se realiza la aplicación del coagulante por goteo; a través de una manguera que encuentra conectada a un recipiente de 60 litros. El coagulante químico utilizado es sulfato de aluminio granular. Una vez aplicado el coagulante, el agua inicia el recorrido a través del floculador de tipo horizontal, el cual presenta una profundidad de 1.02 m, una longitud de 10 metros y de ancho 2.6 metros. Este floculador presenta 42 bafles con una separación entre ellos de 0.14 m; actualmente presentan algunos desajustes, dado que los bafles no se ajustan adecuadamente a las paredes del flocular.

Figura 6

Proceso de tratamiento

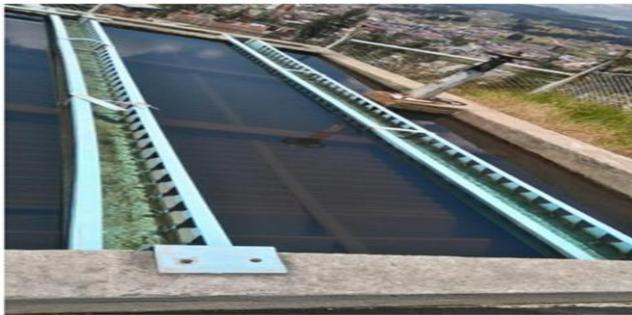


Nota. Elaboración propia.

Terminada esta estructura de floculación existe una cámara antes del sedimentador que funciona como aquietamiento, esta presenta una profundidad de 1.76 metros y un ancho de 2.4. El sedimentador es de tipo placas paralelas y presenta una profundidad de 2.00 metros y se divide en tres cámaras, cada una con una longitud de 1.87 m. Una vez el agua ha pasado por el proceso de sedimentación, esta es conducida hacia la parte inferior, denominada planta San Felipe I, donde se encuentran los filtros. Tales filtros son compactos y cuentan con nueve (9) tanques. Finalmente, se aplica cloro gaseoso en el tanque de almacenamiento para ser distribuido a la población.

Figura 5

Proceso de tratamiento



Nota. Elaboración propia

Posterior al sistema de sedimentación, el agua es conducida a la parte baja donde se encuentra la planta principal PTAP I San Felipe I y donde ingresa al sistema de filtración a través

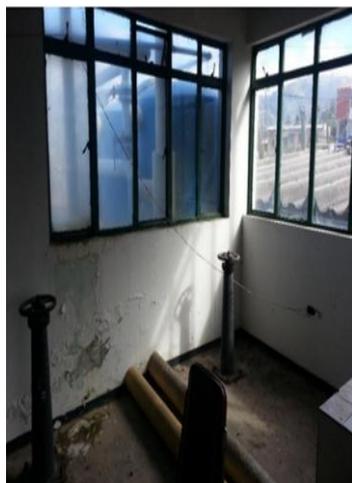
de seis filtros compactos que están provistos de arena tipo torpedo y arena tipo estándar, ubicados en la parte posterior de la planta.

Los filtros compactos ubicados en la parte posterior de la planta San Felipe Etapa I presentan un rebose de agua que cae a un antiguo filtro de concreto que se encuentra fuera de servicio. Este, posteriormente, va al alcantarillado municipal.

Más tarde, el agua tratada es conducida por una tubería de 6 pulgadas donde se inyecta cloro gaseoso para tratamiento bacteriológico. Antes del ingreso del agua a los dos tanques de almacenamiento, se encuentra dos macro medidores, uno de 6" y otros de 3". Posteriormente, a través de válvulas llega a los tanques y de ahí se distribuye agua potable hacia el sector centro y demás sectores del municipio de Paipa.

Figura 8

Proceso de tratamiento



Nota. Empresa Red Vital E, S, P.

Los filtros compactos ubicados en la parte posterior de la planta San Felipe Etapa I presentan un rebose de agua que cae a un antiguo filtro de concreto que se encuentra fuera de servicio. Luego va al alcantarillado municipal. Actos seguido, el agua tratada es conducida por tubería de 6 pulgadas donde se inyecta cloro gaseoso para tratamiento bacteriológico. Antes del ingreso del agua a los dos tanques de almacenamiento, se encuentra dos macro medidores, uno de 6" y otros de 3". Posteriormente a través de válvulas llega a los tanques y de ahí se distribuye agua potable hacia el sector centro y demás sectores del municipio de Paipa.

PTAP San Felipe Etapa II

La planta de tratamiento de San Felipe II posee un sistema de tratamiento de tipo compacto o modular que funciona paralelamente al sistema de tratamiento convencional de la PTAP I, trata el 27.5 % del caudal captado y está compuesto por macro medidor 8" a la entrada. Posee tanques plásticos compactos donde se realizan los procesos de coagulación, sedimentación y filtración. Asimismo, cuenta con un sistema de aplicación de cloro gaseoso y un tanque de almacenamiento de 200 m³.

Figura 6

Tanques plásticos compactos



Nota. Empres Red Vital E, S, P.

El afluente de los filtros es conducido por una tubería de 6” donde se le adiciona cloro gaseoso como tratamiento bacteriológico. Luego, el caudal ingresa al tanque de almacenamiento que se encuentra en esta Etapa San Felipe II. En la salida del tanque de almacenamiento se encuentran dos válvulas con sus respectivos macro medidores que distribuyen el flujo en tubería de 2”.

Tabla 3

Caracterización de procesos - Tratamiento

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE PAIPA PAIPA S.A. E S P Red Vital AL SERVICIO DE SUMERCE NIT:900259348-5	Manual de procesos y procedimientos		PÁGINA	5 de 5
	Caracterización de procesos		FECHA	23-07 - 2022
	Proceso	Tratamiento	VERSIÓN	01
			CÓDIGO	FO-GD- 01

Identificación del proceso	
Responsable o líder del proceso: Subgerente	Tipología: Misional
Objetivo del proceso: Control y análisis de tratamiento del caudal	

--

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	P	Realizar análisis de floculación y sedimentación del caudal preventivamente	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	H	Realizar seguimiento y control de tratamiento y potabilización	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	V	Monitorear tratamiento del caudal preventivamente	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Habitantes del municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	A	Tratamiento y potabilización correctamente a las PTAP (San Felipe II)	Agua potabilizada hacia las PTAP (San Felipe II)	Municipio de paipa

Fuente: Empresa Red Vital E, S, P

Proceso de almacenamiento

El casco urbano presenta catorce (11) tanques de almacenamiento enterrados y semienterrados, en concreto reforzado. Los tanques distribuyen a diferentes localidades o barrios del casco urbano y permiten una compensación del sistema ante las variaciones de consumos durante el día. De acuerdo con lo consultado con funcionarios de la empresa de

Servicios públicos RED VITAL S.A. E.P., no todas las estructuras se encuentran en funcionamiento.

De los 11 tanques con los que cuenta el sistema, 9 se encuentran en operación, el Tanque A (CTA1) está fuera de servicio por problemas de filtraciones y el Tanque D (CTA4) de San Felipe I no se utiliza actualmente y se desconoce su conexión actual al sistema de distribución. Se presume, de acuerdo con lo indicado por personal de RED VITAL y las vistas de campo, que está conectado a la red matriz de 8 pulgadas que sale de la PTAP I.

Proceso de distribución

El municipio cuenta con un sistema denso de redes de distribución en el casco urbano y un sistema disperso para algunos sectores rurales aledaños al municipio. Existen principalmente tres sistemas de distribución a gravedad y uno por bombeo que parten de cada una de las plantas tratamiento que se encuentran en operación. Dentro de las redes de distribución que inician en la PTAP I (San Felipe I) y distribuyen por gravedad, existen dos subsistemas bien marcados que se han identificado con la Red 1A Gravedad Centro (Suministro Zona Centro entre la autopista y el río Chicamocha principalmente) y una Red 1B Gravedad Centro (Suministro Zona Centro Arriba de la autopista).

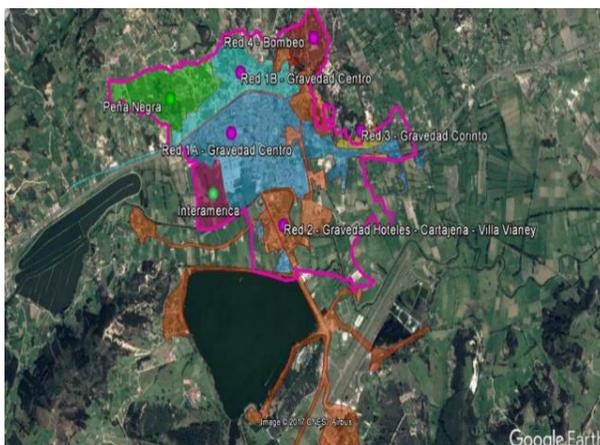
Para la PTAP II (San Felipe II) se identifica un sistema de distribución que se denominará Red 2 Gravedad Hoteles, que conduce el agua a la Zona Hotelera, barrios Cartagena, San Felipe, algunos sectores del barrio Villa Vianey, Villa del Prado, Villa Jardín, San Daniel, Bello Horizonte, Balcones de San Luis, principalmente.

De la PTAP III (Corinto) parte otra red que distribuye al barrio Corinto. Existe un cuarto sistema de distribución que es por bombeo, este inicia en el tanque de cloración de la PTAP I (San Felipe I) y permite conducir el agua a dos tanques (CTA7 y CTA8) en la parte más alta del municipio que corresponde al Barrio Pablo Solano. De acuerdo con el PUEAA (2016 -2020), la línea de conducción desde los desarenadores sale en dos (2) líneas independientes en 8 pulgadas de diámetro y se unen a 30 metros aproximadamente para continuar en una línea hasta la escuela Toibita en 8 pulgadas en PVC y de allí sale en 6 pulgadas hasta la PTAP, donde cambia nuevamente a 8 pulgadas, con una longitud aproximada total de cuatro (4) kilómetros.

Conduce el agua hasta la planta de tratamiento de agua potable San Felipe II donde, a través de un sistema de válvulas, es distribuido el caudal captado a un sistema compacto y otro sistema convencional. No obstante, a 500 metros antes de entrar a San Felipe II existe una derivación que conduce hacia la planta Corinto en un diámetro de 2 pulgadas en PVC con una longitud aproximada de un (1) kilómetro.

Figura 7

Zona de influencia de distribución



Nota. Google Earth.

Tabla 4

Caracterización de procesos - Distribución

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE PAIPA PAIPA S.A. E.S.P. Red Vital AL SERVICIO DE SUMERCÉ NIT:900259348-5	Manual de procesos y procedimientos		PÁGINA	5 de 5
	Caracterización de procesos		FECHA	23-07 - 2022
	Proceso	Distribución	VERSIÓN	01
			CÓDIGO	FO-GD- 01

Identificación del proceso	
Responsable o líder del proceso: Subgerente	Tipología: Misional
Objetivo del proceso: Control y análisis de distribución del caudal	

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43	P	Realizar análisis en las redes de	PTAP (San	Habitantes del municipio de

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente
	L/s		distribución del caudal preventivamente	Felipe II)	Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	H	Monitoreo le distribución del caudal preventivamente	PTAP (San Felipe II)	Habitantes del municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	V	Realizar seguimiento y control de almacenamiento de volumen del caudal	PTAP (San Felipe II)	Habitantes del municipio de Paipa
Quebrada Toibita	Entrada del caudal de 43 L/s	A	Distribución del caudal debida mente a las PTAP (san Felipe II)	PTAP (San Felipe II)	Habitantes del municipio de Paipa

Fuente: Empresa Red Vital

La caracterización de los procesos en la empresa Red Vital S.A ESP se realiza con el fin de generar una reducción de pérdidas en el sistema de acueducto, cuyo alcance está ligado desde la captación del agua hasta la distribución y comercialización al cliente.

Por otra parte, el punto de abastecimiento del proceso en el sistema de acueducto es la quebrada Toibita, suministra por las empresas encargadas de SST. Al basarse en el ciclo PHVA, se tienen en cuenta las fases mencionadas: planear y realizar análisis en las redes de distribución del caudal preventivamente; en la fase de hacer hay una distribución del caudal correctamente a las PTAP (san Felipe II), en la fase de verificar: realizar seguimiento y control de tratamiento y potabilización del caudal; fase de actuar: llegada de caudal correctamente a los habitantes del municipio de Paipa. Esto se lleva a cabo por la dirección administrativa y el personal operativo; cumpliendo todos los requerimientos en el tiempo establecido.acumulado

Identificación de puntos críticos

Tabla 5

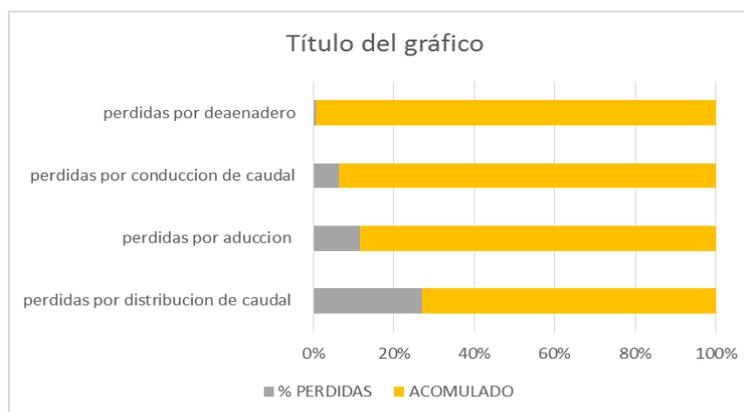
Variables que afectan el sistema de acueducto

Problemas	% Pérdidas	Acumulado	
Pérdidas por distribución de caudal	19,12 %	51,45 %	19,12 %
Pérdidas por aducción	10,53 %	79,79 %	29,65 %
Pérdidas por conducción de caudal	6,69%	97,79 %	36,34 %
Pérdidas por desarenadero	0,82 %	100,00 %	37,16 %

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital

Figura 8

Pérdidas que afectan sistema de acueducto



Fuente: Elaboración propia

Este problema de pérdidas por distribución de caudal como se observa en la figura 10 y la tabla 6 representa el mayor porcentaje de pérdidas en el sistema de acueducto, con un 19,12%. Es importante investigar y abordar las causas de estas pérdidas, ya que están teniendo un impacto significativo en la eficiencia del sistema.

Pérdidas por aducción: Aunque en menor medida que las pérdidas por distribución de caudal, las pérdidas por aducción también son un factor crítico. Representan un 10,53% del total de pérdidas y su acumulado alcanza el 29,65%. Es necesario analizar y corregir las posibles causas de estas pérdidas en la etapa de aducción del agua al sistema.

Pérdidas por conducción de caudal: Aunque su porcentaje es menor, las pérdidas por conducción de caudal representan un 6,69% del total de pérdidas y su acumulado llega al 36,34%. Estas pérdidas pueden deberse a fugas en las tuberías o a un mantenimiento deficiente de la infraestructura de conducción. Es crucial abordar estas pérdidas para minimizar el desperdicio de agua.

Pérdidas por desarenadero: Aunque representan el porcentaje más bajo de pérdidas, con un 0,82%, es importante tener en cuenta las pérdidas por desarenadero. Esto puede indicar la necesidad de mejorar la eficiencia y el funcionamiento de los sistemas de filtrado y tratamiento del agua en los desarenaderos.

En general, estos puntos críticos revelan áreas específicas en las que se están produciendo pérdidas de agua significativas en el sistema de acueducto. Identificar y abordar estas áreas clave

será fundamental para reducir las pérdidas, mejorar la eficiencia del sistema y garantizar una gestión más sostenible del recurso hídrico.

En la Tabla 7 se puede apreciar claramente el contraste entre la cantidad de agua que ingresa al sistema versus la que se consume, discriminada de acuerdo con el mes analizado.

Tabla 6

Pérdidas Totales en el Sistema de Acueducto Urbano de Paipa

Mes	CAUDAL CAPTADO (L/S) Qcap	ENTRADA DESARENADO R (L/S) QeDes	PERDIDA ADUCCION I CAP DESAR (L/S) PAI1	PORCENTAJ E PERDIDAS % PAI1	CAUDAL SALIDA DESARENADO R (L/S) QoDes	PERDIDA DESAR (L/S) QpDes	PORCENTAJ E PERDIDAS % PDes	CAUDAL ENTRADA PTAPS (L/S) QePTAPs	PERDIDAS ADUCCION 2 DESAR PTAP (L/S) PAI2	PORCENTAJ E PERDIDAS % PAI2	CAUDAL TANQUES PRODUCIDO (L/S) QeTA	PERDIDAS CONDUCCION (L/S) QpCon	PORCENTAJ E PERDIDAS % PCon	CAUDAL CONSUMO (L/S) QoCons	PERDIDAS DISTRIBUCION (L/S) QpDist	PORCENTAJ E PERDIDAS % Dist	TOTAL PERDIDAS (L/S) QpTotal	PORCENTAJ E PERDIDAS % Ptotal
Enero	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,40	0,12	0,31	36,50	1,90	4,95	28,26	9,2	22,57	16,16	34,97%
Febrero	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,10	0,42	1,10	36,12	1,98	5,19	27,63	8,49	23,51	15,83	36,43%
Marzo	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,48	0,04	0,11	36,48	2,00	5,20	25,21	11,27	30,89	18,25	41,99%
Abril	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,46	1,06	2,74	34,75	2,71	7,25	26,48	8,3	18,03	17,0	34,46%
Mayo	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,62	0,32	0,82%	37,53	0,99	2,57	35,05	2,48	6,61	24,51	10,8	30,08	19,21	43,61%
Junio	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,91	0,61	1,58	35,36	2,56	6,74	26,66	8,10	18,95	16,21	34,06%
Julio	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,46	1,06	2,76	35,78	1,68	4,48	26,65	8,93	24,95	16,61	38,21%
Agosto	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,03	0,49	1,28	37,22	0,81	2,12	29,70	8,3	20,21	14,62	31,67%
Septiembre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,96	0,56	1,45	36,22	1,74	4,59	28,52	7,9	21,27	15,14	34,38%
Octubre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,45	0,07	0,18	35,99	2,45	6,40	28,89	8,2	19,73	15,67	33,52%
Noviembre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,37	0,15	0,39	35,51	2,86	7,45	27,66	7,85	22,10	15,80	36,35%
Diciembre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,22	0,30	0,79	36,72	1,50	3,91	30,38	8,15	17,26	14,9	30,10%
Promedio	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,03	0,49	1,27	35,49	2,06	6,69	27,16	8,78	19,12	16,3	37,65%

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital

Análisis de proceso. A partir de la recolección de información realizada en la fase anterior se determina un porcentaje de pérdidas técnicas del 37,65 % que engloba todos los componentes y pérdidas operacionales del sistema de acueducto, donde la Resolución 0330 de 2017 establece que el porcentaje de pérdidas técnicas máximas, así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, no deben superar el 25 % (Artículo 44). Esta sería la problemática principal: la conducción y distribución. Por tal motivo, se hace necesario la

optimización de la redes de distribución y sectorización hidráulica para el control adecuado de la zona.

Identificación de causas

A partir del uso del diagrama de Ishikawa se identificaron las causas que conllevan a la existencia de las pérdidas por conducción y distribución de caudal dentro de proceso del sistema de acueducto en la empresa Red Vital.

Diagrama de Ishikawa

Figura 9

Diagrama Causa-Efecto



Fuente: Elaboración propia

Entre las causas que se presentan anteriormente en el diagrama de Ishikawa, se evidencian las fugas constantes, conexiones fraudulentas, tuberías obsoletas, entre otros. Las causas que se presentaron en el diagnóstico, las pérdidas de agua de acuerdo con los registros de macro medición a la entrada de la PTAP San Felipe I y II versus los consumos en los diferentes sectores de la ciudad para el mismo periodo de mediciones, corresponde al 37,65 %, al considerar los últimos 12 meses de registros simultáneos.

Es decir, con el agua que se pierde sería posible abastecer casi a la misma población, aunque el límite aceptado por el RAS 2017 es del 25 %, es necesario hacer un control de pérdidas para reducir el 13 % adicional. Ante esta situación, se justifica todo el esfuerzo en cuanto a renovación de tuberías, sectorización y optimización del sistema.

La suma de la capacidad del almacenamiento útil que actualmente se usa es 1950 m³. En este sentido, se recomienda la reparación del Tanque CTA1 y la activación del Tanque CTA2, con lo que se tendría una capacidad adicional de 745 m. Sin embargo, el potencial de almacenamiento es 2695 m³. Para el Tanque CTA2 es necesario verificar su conexión real con el sistema para evaluar a qué sector le podría aportar compensación.

En cuanto a las redes de distribución, resulta pertinente seguir generando los demás sectores que faciliten la operación y renovación de redes, principalmente en la zona central de la ciudad donde se encuentra concentrado el mayor porcentaje de redes antiguas y donde se genera el mayor impacto con las roturas y reparaciones. Igualmente, se deberán seguir adelantando procesos de renovación de tubería, no solo por materiales, sino por capacidad, esto acorde con los estándares actuales y las proyecciones de la ciudad.

Diseño propuesta de mejora sectorización de redes hidráulicas

Dado que como el principal problema que presenta la empresa municipal de servicios públicos Red Vital S.A en sus redes de distribución en donde se evidencio Daño, Roturas, Reposición de redes. Y radica en que no cuenta con una sectorización definida para atender la actividad sino que se debe trabajar con el flujo.

Por tal motivo, lo que ocasiona el fenómeno que con un mínimo daño rotura en cualquier punto de la red, el suministro de agua se debe suspender a todos los usuarios del sistema se propone hacer la sectorización hidráulica

Esta sectorización debe realizarse partiendo de una modelación hidráulica de lo que se tiene actualmente con los límites señalados para luego analizar la proyección de las zonas de expiación urbanística dl municipio y así cuantificar la demanda futura del agua de todo el sistema, sumando los requerimientos individuales de cada zona establecida. Lo anterior normalmente se basa en las especificaciones de la última versión del Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, adoptado mediante la Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda conforme con las solicitudes y diseños propuestos.

Según esta norma, la sectorización hidráulica en los sistemas de distribución de agua potable es la principal estrategia en la búsqueda de contralar las pérdidas. Para estructurar cualquier modelo de sectorización hidráulica deben priorizarse los hechos que la operación y control de la red de distribución del acueducto minimicen el impacto propio de las tareas de operación y mantenimiento sobre la calidad y continuidad del suministro, además de garantizar las suficientes presiones de servicio, pues en la medida que se tenga un control operativo de las

redes de acueducto, las tareas de mantenimiento, adecuación o reparación se podrán hacer de manera más sencilla (Resolución 0330, 2017).

La información topográfica local de los sectores será clave para la modelación topológica de la sectorización hidráulica, buscando siempre y en cada caso que la alternativa sectorial propuesta afecte en determinado suceso al menor número de usuarios, llegando de esta manera a definir el tamaño óptimo de cada sector. En este punto vale la pena precisar que la sectorización se debe ver como estrategia que va más allá de simplemente redefinir zonas de aislamiento para intervenciones en la red, aunque en casos extremos puede ser utilizada con este fin.

El objetivo fundamental a la hora de modelar la sectorización es sin duda alguna el de control de pérdidas de agua potable dentro del sistema, pues al no contar con una sectorización como ocurre actualmente, se carece de información oportuna y detallada sobre el tema a pesar de que se tenga idea de los factores que puedan ser los causantes de dichas pérdidas. Lo anterior ocasiona que a la hora de identificar o localizar en donde se producen las pérdidas, sea una búsqueda casi a ciegas.

La opción que se propone consiste básicamente en conformar una especie de unidades operativas controladas, denominadas Sectores Hidráulicos, cuya extensión particular corresponda a un porcentaje determinado del área total de servicio; al hacer este fraccionamiento geográfico la operación facilitará la búsqueda de reducción de las pérdidas y así permitirá optimizar el sistema.

Sectorización del casco urbano para la prestación del servicio público de acueducto

La propuesta de división en sectores del casco urbano del Municipio, se basa en la instalación de válvulas y macro medidores en cada sector. La operación adecuada de dichas válvulas permitirá efectuar eventuales reparaciones de la red o renovación de diámetros sin dejar sin suministro la totalidad de la población.

Es importante aclarar que esta propuesta de sectorización se hace de acuerdo con la información recolectada durante el desarrollo del diagnóstico con la empresa Red Vital S.A.; además de esto se realizó un cálculo y distribución de caudales teniendo en cuenta las proyecciones de población que permiten hacer una distribución efectiva entre caudales de suministro, densidad de población y áreas de los sectores. La sectorización propuesta define cinco (5) sectores con base en la distribución geográfica, y poblacional de la siguiente manera:

Zona A: correspondiente al centro del municipio, zona occidental, delimitado por la vía doble calzada, el río Chicamocha y la calle 25 vía piscinas.

Zona B: correspondiente al centro del municipio, zona oriental, delimitado por la vía doble calzada, el río Chicamocha y la calle 25 vía piscinas.

Zona C: correspondiente al norte del municipio, delimitado por la vía doble calzada y la cota máxima del servicio de acueducto.

Zona D: correspondiente al occidente del municipio, delimitado por la vía doble calzada y la cota máxima del servicio de acueducto.

Zona E: correspondiente al sur del municipio, delimitado por el río Chicamocha y hasta el Instituto Técnico agrícola, ITA.

Para asegurar que la configuración de la sectorización sea óptima, se han seguido los siguientes criterios y procedimientos:

Instalación de macro medidores y actualización de micro medidores.

En cada sector se han colocado macro medidores y micro medidores para permitir un mejor control y operación del sistema. Estas herramientas facilitan la detección y reparación de posibles fugas o daños en la red, sin afectar el suministro de agua en toda la población. Esta estrategia garantiza una mayor eficiencia en la gestión del servicio de acueducto

La propuesta de sectorización se basa en la información recopilada durante el desarrollo del diagnóstico realizado en colaboración con la empresa Red Vital S.A.

Esto implica un análisis exhaustivo de las características geográficas, poblacionales y de infraestructura del municipio para identificar las necesidades específicas de cada sector.

Cálculo y distribución de caudales: Se ha realizado un cálculo y distribución adecuada de los caudales de suministro, teniendo en cuenta tanto las proyecciones de población como la densidad de la misma en cada sector. También se han considerado las áreas geográficas de los sectores para lograr una distribución efectiva de los recursos hídricos.

Distribución geográfica y poblacional: La sectorización propuesta se ha diseñado en base a la distribución geográfica y poblacional del municipio. Se han definido cinco sectores (A, B, C, D, E) que abarcan las diferentes áreas del casco urbano, asegurando una cobertura equitativa y eficiente del servicio de acueducto.

Al seguir estos criterios y procedimientos, se busca garantizar que la sectorización del casco urbano para la prestación del servicio público de acueducto sea óptima, permitiendo una gestión más efectiva y eficiente del suministro de agua en el municipio.

Se realizó un cálculo y distribución de caudales teniendo en cuenta el software (SYSMAN) .Y las proyecciones de población que permiten hacer una distribución efectiva entre caudales de suministro, densidad de población y áreas de los sectores El cuadro siguiente determinan los caudales actuales y futuros para los cinco sectores y subsectores determinados, con sus correspondientes áreas:

Tabla 8

Dotación por sectores

Sector	Ha	Subsectores	Caudal actual, LPS Qmd	Caudal Proyectado, LPS *K1 Qmd (1)	Población proyectada (1)	Caudal LPS Modelado Futuro
A	79,28	A1, A2, A3-1 A3-2, A3-3	9,88	14,12	7595	14,12
B	75,8	B1, B2, B3-1, B2-2	11,41	16,40	8830	16,40
C	130,32	C1, C2, C3, C4, C5	8,31	11,87	6378	11,87
D	88,77	D1, D2	7,04	10,06	5420	10,06
E	238,53	E1, E2, E3	5,70	8,14	4378	8,14
Total	612.7		40,34	60,60	32601	60,60

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital

Figura 13

Sectorización general redes de distribución modelo futuro

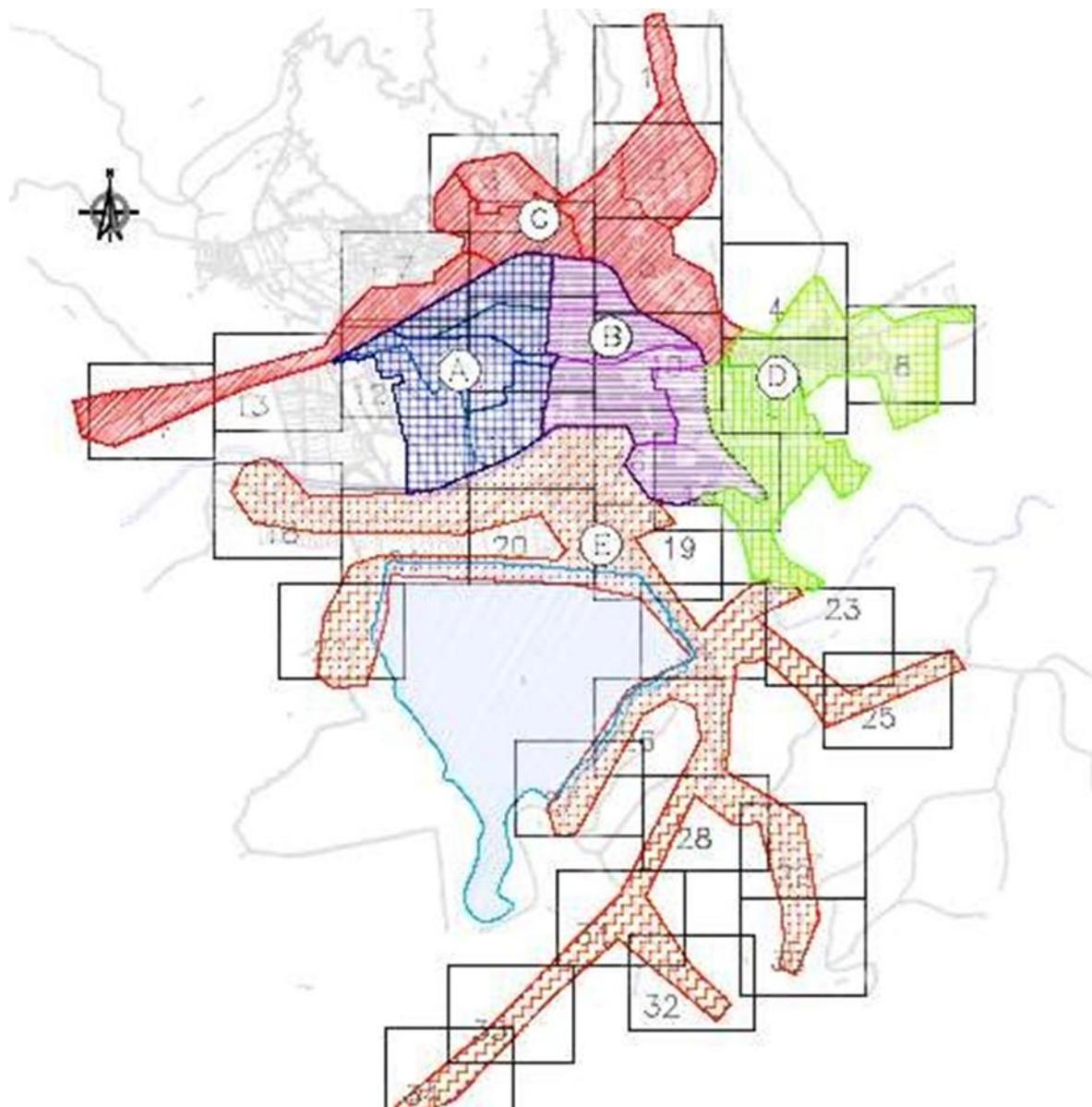
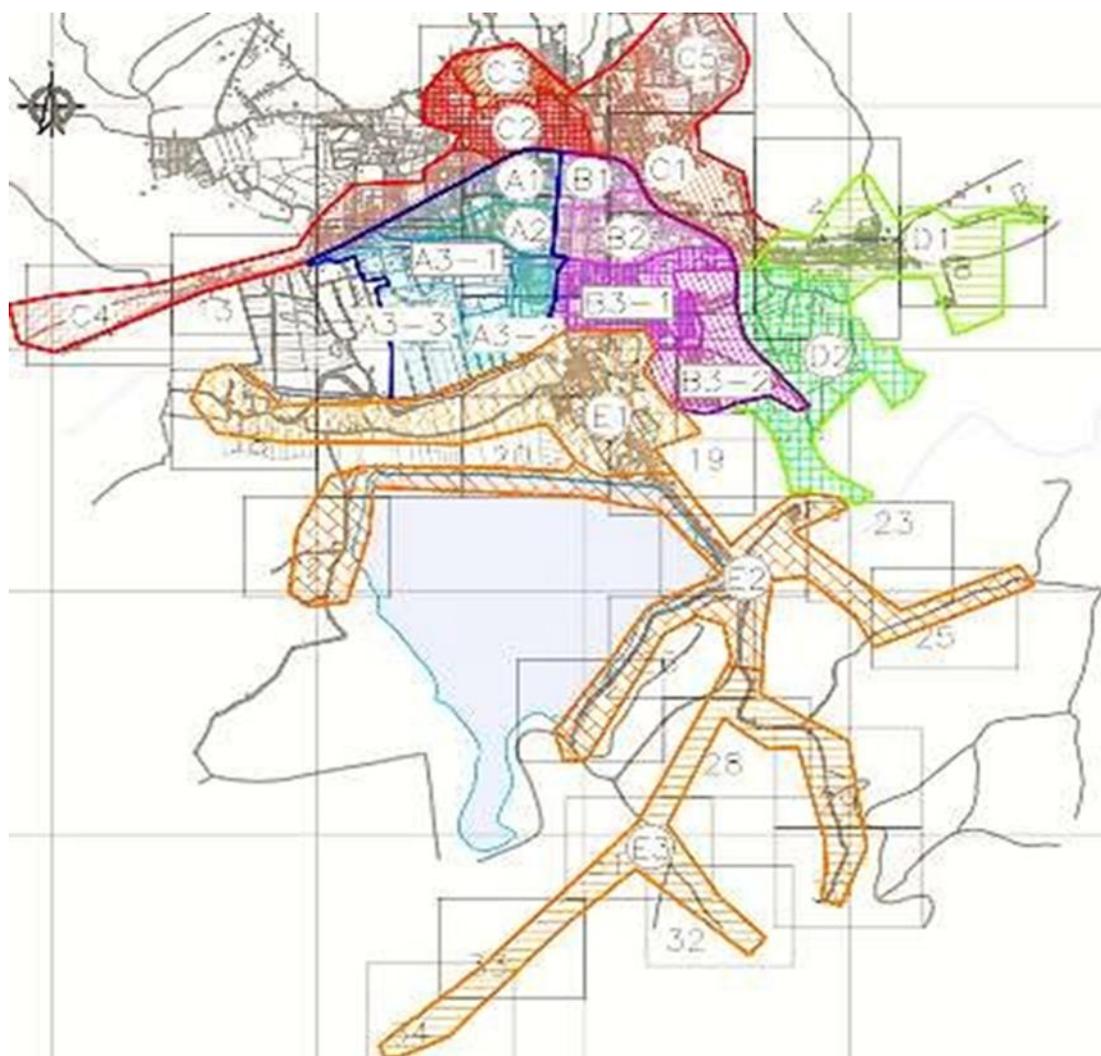


Figura 10

Sectorización redes de distribución modelo futuro



Los sectores A3-3, D-2 y C-3 corresponden a las zonas de expansión del municipio de Paipa, por lo tanto, en dichos sectores se proyecta la conexión para usuarios futuros

Enlace de sectores definidos con las rutas de facturación

La propuesta es sencilla: se trata de sincronizar las rutas mensuales de facturación de los servicios públicos, con los respectivos sectores y subsectores definidos en las figuras 13, 14, con el fin de comparar en tiempo real, el volumen suministrado a cada sector, lo cual se cuantifica mediante la macro medición sectorial versus el volumen facturado que arroja la sumatoria del gasto de agua de todos los usuarios adscritos al correspondiente sector. Con lo anterior, la empresa Red Vital S.A. dispondrá de una herramienta confiable y valiosa como la Tabla 9 para la toma de decisiones de manera ágil y efectiva, especialmente en aquellos sectores donde se muestre un desfase significativo entre el volumen suministrado y el volumen facturado.

Tabla 7

Propuesta Cuantitativa para determinar las pérdidas de agua en los Sectores

Mes y Día de Facturación	Sector	Número de usuarios	Volumen de agua entregado. Macro medición (M ³)	Volumen de agua facturado. Micro medición (M ³)	Diferencia de Volumen (M ³)
Día 11 Enero	Zona A	X _a	9,8882 l/s x 30 x 86.400 = 25,630,21 l/s	V _a ∑ X _a (por Consumo facturado)	25.630,21 M ³ / Mes - V _a
Día 22 Enero	Zona B	X _b	11.4814 l/s x 30 x 86.400 = 29,759,78 l/s	V _b ∑ X _b (por Consumo facturado)	29,759,78 lts M ³ / Mes - V _b
Día 30 Enero	Zona C	X _c	8.3104 x 30 x 86.400 = 21,540,55 l/s	V _c ∑ X _c (por Consumo facturado)	21,540,55 ltsM ³ / Mes - V _c
Día 4 Enero	Zona D	X _d	7,0434 x 30 x 86.400 l/s	V _d ∑ X _d (por Consumo facturado)	18,256,49 ltsM ³ / Mes - V _d
Día 10 Enero	Zona E	X _e	5,7015 x 30 x 86.400 l/s	V _e ∑ X _e (por Consumo facturado)	14,778,28 lts M ³ / mes - V _e

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital

Análisis volumen de Agua medido en la Macro medición vs .Volumen facturado

Corresponde al establecimiento y análisis de la diferencia entre el registro totalizado del volumen de agua suministrada al sistema, esto es, a las 5 zonas determinadas para el Municipio, menos el volumen de agua facturado para determinar las pérdidas de agua en el sistema. Es la comparación entre la sumatoria de la macro medición general de los 5 sectores contra la sumatoria de facturación. La Tabla 9 mostrara con claridad la cuantificación de pérdidas individuales en cada sector mediante la diferencia entre el volumen suministrado (Macromedición) y la sumatoria de la Micromedición. La sumatoria de los cinco sectores arroja el volumen total de pérdidas del sistema gracias a las 6 rutas de facturación que existen en la empresa

Σ De Macromedición de los 5 sectores de agua ingresada = V_t expresado en M^3 de agua mensual.

Σ Micro medición de todos los usuarios adscriptos a la empresa Red Vital = V_f expresado en M^3 de agua mensual.

Volumen de pérdidas mensuales de agua V_p , expresado en M^3 de agua mensual.

Se establece la siguiente formula:

$$V_p = V_t - V_f$$

La cuantificación de V_p es el punto de partida para entrar a combatir las pérdidas en el sistema de distribución del acueducto municipal, partiendo de los análisis sectoriales y subsectoriales propuestos

A partir de las estadísticas de facturación *in situ* e inmediata, se propone asignar un día específico de trabajo para cada sector, de manera tal que al término de cada jornada se establezca el volumen facturado para compararlo con el volumen suministrado al referenciado sector o zona.

Medidas propuestas para la disminución de pérdidas

Es importante comentar que la implementación de medidas para disminuir las pérdidas debe ser un proceso rutinario y constante de la Empresa Red Vital S.A. ESP, si realmente se desea contrarrestar este fenómeno, el cual perjudica las finanzas de la empresa, amenazando su sostenibilidad, y lo que es peor, causa una deficitaria prestación del servicio de agua potable a los usuarios del sistema.

Adicionalmente debe hacerse un monitoreo constante y el seguimiento a los resultados de las medidas implementadas para evaluar su efectividad y hacer los ajustes necesarios.

Existen varias medidas para contrarrestar las pérdidas de agua de manera sencilla e inmediata; las más prácticas que se proponen son las siguientes:

Actualización e instalación de macro medidores

Actualización de micros medidores

Conexiones Fraudulentas

Reposición de Redes

Tabla 10*Implementación e instalación de macromedidores*

Sector/ Ubicación	Subsector	Número de Macro Medidores	Dimensión Macro medidor (Pulgadas)	Valor Estimado (millones de \$)
Zona A	A1	1	4	\$ 3.700.000
	A2	1	3	\$ 2.975.000
	A3 -1	1	3	\$ 2.975.000
	A3 -2	1	2	\$ 2.500.000
	A3 -3	1	2	\$ 2.500.000
Zona B	B1	1	4	\$ 3.700.000
	B2	1	3	\$ 2.975.000
	B2 -2	1	2	\$ 2.500.000
	B3 -1	1	3	\$ 2.975.000
Zona C	C1	1	4	\$ 3.700.000
	C2	1	4	\$ 3.700.000
	C3	1	3	\$ 2.975.000
	C4	1	2	\$ 2.500.000
	C5	1	2	\$ 2.500.000
Zona D	D1	1	4	\$ 3.700.000
	D2	1	3	\$ 2.975.000
Zona E	E1	1	4	\$ 3.700.000
	E2	1	3	\$ 2.975.000
	E3	1	3	\$ 2.975.000
General	Salida PTAP	1	18	18.000.000
Total		20		\$ 74000000

Fuente: elaboración propia a partir de Empresa Red Vital S.A. ESP.

Se propone implementar e instalar el sistema de macro medidores acorde a la sectorización hidráulica, en los tamaños y diámetros descritos en la Tabla 10. El valor total estimado del conjunto de macro medidores, incluyendo el general a la salida de la PTAP es de \$ 74.000.000 millones, Es necesario para el desarrollo y ejecución de instalación de macro medidores contar con las instalaciones de la empresa Red Vital donde se realizarán los procesos administrativos, almacenamiento de materiales y herramientas, también será la base de operación para el personal necesario para su ejecución.

Definición de costos de operación y mantenimiento Mensualmente, se incurren en costos fijos y variables como personal administrativo, personal operativo, adquisición de medidores valores mensuales, reserva de contingencia, representados en la Tabla 11

Tabla 8

Presupuesto preliminar suministro e instalación de macromedidores en el casco urbano del municipio de Paipa

PRESUPUESTO COSTOS MENSUALES	
Concepto (Valores mensuales)	Monto
Personal administrativo	\$17.697.158
Personal Operativo	\$ 29.879.272
Adquisición medidores	\$ 74.000.000
Otros Gastos (arriendos, herramientas, etc.)	\$ 13.920.833
Reserva de contingencia	\$ 5.250.833
TOTAL, Presupuesto suministro (Mensual)	\$ 140.748.096
TOTAL, Presupuesto instalación (Duración 6 meses)	\$ 844.488.576,
Valor Total estimado del proyecto	\$ 844.488.576.

Fuente: elaboración propia a partir de Empresa Red Vital S.A. ESP.

La proyección se realiza mes a mes y los costos se verán reflejados en el pago de salarios, compra de materiales e insumos, otros gastos y en la reserva de contingencia, y los costos que se originen dentro de la ejecución de la implementación e instalación de macro medidores durante cada mes hasta cumplir con la instalación en todos los sectores.

Actualización de micromedidores

La propuesta es actualizar todos los micro medidores existentes que tengan más de cinco años de antigüedad los que tengan más de 3000 m³ de lectura, e instalar los nuevos que sean necesarios, con la adquisición por cuenta propia o de la empresa Red Vital S.A.

Para inicios de año 2022 se identificaron 1600 medidores en mal estado y cumpliendo con la vida útil, dado esto se ve la necesidad de realizar el proceso de actualización de equipos de medición.

El costo individual del micromedidor para el usuario es de \$135.000. Es una inversión de bajo costo que debe acarrear cada usuario del sistema puesto que esto le corresponde por norma; el cobro del medidor nuevo se puede diferir en la factura mensual de los servicios públicos hasta por seis periodos de facturación.

Muestreo Estadístico de la Información

Para el cálculo de la muestra estadística de la información se siguió el parámetro expuesto a continuación Se estima a la fecha que por lo menos 32.601 usuarios en el casco urbano del municipio cuentan con medidores de más de cinco de años de antigüedad,

Donde se implementa la siguiente formula

n: Número de elementos de la muestra.

N: Número de elementos del universo a estudiar

Z: Nivel de Confianza

E: Margen de Error

P: Probabilidad de Éxito

Probabilidad de Fracaso (1-P)

$$\frac{N * Z^2 * P * Q}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Se reemplazan las variables con los siguientes valores:

N: 32.601 suscriptores activos.

Z: 1,96% (95% de confianza).

E: 6%

P: 50% (Homogeneidad de la información)

Q: 50%

331 micromedidores por analizar.

Para los efectos del estudio, se ha tomado un nivel de confianza del 95%; es decir un valor de Z= 1.96 y un error máximo de la muestra del +/- 6%; es decir 0.06. Por tanto, para un total de 32.601 usuarios, el tamaño de la muestra resulta ser de 331 Micro medidores

Selección de la Muestra

Para la selección de la muestra, se han distribuido los 331 micro medidores conforme a la sectorización hidráulica en la Tabla 12. Por lo tanto, la muestra quedará distribuida de la siguiente manera:

Tabla 9

Selección de la muestra

Sectores	Número de población	% Participación	Medidores por retirar
Zona A	7,595	% 23,29	72
Zona B	8,830	% 27,08	86
Zona C	6,378	% 19,56	64
Zona D	5,420	% 16,62	60
Zona E	4,378	% 13,42	49
Total	32,601	100%	331

Nota. Elaboración propia a partir Empresa Red Vital.

La distribución de los medidores se aplica con base en la población atendida en cada sector, acorde con la sugerencia de la empresa red vital, como prestadora del servicio de acueducto. Se tuvo en cuenta el tamaño de la población y su porcentaje de participación para determinar la cantidad de medidores a cambiar.

Metodología De Operación

Teniendo en cuenta lo anterior, los aspectos a contemplar para el proceso de integración de los datos, procesamiento y resultados se presentan a continuación:

Identificación del área geográfica donde se actualizarán los medidores así como la consecución de los permisos por parte de los usuarios a los cuales se les realizará el monitoreo del consumo y el retiro del medidor actual para ser analizado en el laboratorio.

Notificación del retiro del medidor y explicación del debido proceso al cliente. En el Anexo 1 se presenta el modelo de la carta empleada para la notificación. Para este proceso se deberá notificar a los clientes con un tiempo de antelación mínimo de 48 horas (ver Anexo 4).

Retiro e instalación de medidores. Los retiros de los medidores usados y la instalación de medidores con emisión de pulsos será una sola actividad cuyo costo está contemplado en el análisis de precios unitarios, esta actividad estará a cargo de personal contratista del área operativa, quien además llevará los medidores usados al Laboratorio para su calibración.

Análisis de los micro medidores retirados. Cada vez que se retiren los medidores se realizará una calibración antes de ser instalados nuevamente, datos que se llevaran en una hoja de vida metrológica de cada medidor especial. El laboratorio generará el certificado de calibración para cada caso estudiado, donde se detallarán las pruebas básicas realizadas al equipo. Así mismo, en caso que el medidor no esté conforme con la norma, se procede a notificar al cliente por medio del modelo planteado en el Anexo 5.

Valoración Económica De La Actualización

A continuación se detalla una valoración de los costos de implementar la propuesta en un tiempo de 12 meses, esto teniendo en cuenta la cantidad de equipos de medida que se deben revisar los cuales ascienden a 1600

. En primer lugar en la tabla 13 se detalla de costos que la empresa Red Vital del municipio de Paipa tiene estructurado a pesos de hoy para la actividad del retiro del medidor, incluyendo los procesos de notificación, costo del retiro del equipo en terreno, procesos de notificación de resultados, instalación del equipo revisado en terreno.

Tabla 10

Costo de la actividad para revisar un micromedidor

ACTIVIDAD	VALOR ACTIVIDAD
Notificación de Retiro del Equipo	\$ 3.547
Retiro del Medidor	\$ 18.825
Costo de Revisión del Equipo en el laboratorio	\$ 9.700
Notificación de Resultados al Cliente	\$ 3.547
Reinstalación del Equipo o reposición del medidor	\$ 135.000
Total	\$ 170,619

Fuente. Elaboración propia a partir Empresa Red Vital.

Teniendo en cuenta los valores expuestos en la Tabla 14 se procede entonces a realizar la siguiente tabla para aproximar el valor de la actualización de micro medidores.

Tabla 11*Evaluación financiera del proyecto y análisis de indicadores*

No	Actividad	Costo	Beneficio
1	Diagnostico	\$ 35.619.000	Verificar la continuidad cobertura y volumen de suministro
2	actualización de micro medidores	56,474,889	Garantizar el cumplimiento de los requisito de medición
3	Reinstalación del Equipo o reposición del medidor	\$ 135,000	Lograr asegurar que el trabajo realizado regule el consume de agua
	Total	\$ 92,228,889	

Fuente. Elaboración propia a partir Empresa Red Vital.

Se realizó la comparación entre la ejecución de las actividades y los beneficios intangibles a recibir, el desarrollo del proyecto es viable financieramente debido a que en la actividad de actualización que es el rubro más alto de las actividades, hace que la regulación del suministro de la empresa Red Viral pueda recuperar las fuentes de apalancamiento en nuevas mediciones de la lectura del servicio e ir mejorando la planta de tratamiento.

Conexiones fraudulentas

Las conexiones fraudulentas en las redes de acueducto son una práctica ilegal pero recurrente que acarrea daños económicos y ambientales, además de afectar la calidad y suministro del agua a los usuarios correctamente instalados. Es quizás el punto más vulnerable

y al que más atención debe ponerle la Empresa Red Vital S.A. Para mejorar la detección y prevención de conexiones fraudulentas en las redes de acueducto, se propone la implementación de algunas medidas como:

Campañas de sensibilización: Realizar campañas periódicas de concientización para que los usuarios comprendan los riesgos y consecuencias de conectarse ilegalmente al sistema de acueducto.

Inspecciones cotidianas: Realizar inspecciones cotidianas en los sectores y subsectores vulnerables, para detectar las posibles conexiones ilegales y proceder de inmediato.

Instalar equipos de pitometría para el monitoreo en las zonas críticas de la red, especialmente aquellas donde se disminuye de manera abrupta e inexplicable la presión del agua a fin de detectar fugas y posibles conexiones ilegales en tiempo real.

Hacer efectivas las sanciones legales y multas para los usuarios que realicen conexiones fraudulentas, lo cual puede llegar hasta causas penales por el delito de defraudación de fluidos.

Es importante tener en cuenta que estas medidas deben ser aplicadas de manera integral y coordinada, involucrando tanto a las autoridades y funcionarios encargados de la red de acueducto como a los usuarios, para lograr una efectiva prevención y eliminación de las conexiones fraudulentas en el sistema de acueducto

Reposición de la red

La reposición y actualización de las redes hidráulicas de distribución de agua es un proceso importante y cotidiano para garantizar el suministro seguro y eficiente de servicios públicos a los usuarios. Para el efecto, un suficiente stock de tuberías y accesorios en los

diferentes diámetros, la disposición de maquinaria y equipos para intervenir la red de forma segura e inmediata, la motivación y capacitación del personal que opera y mantiene el sistema de acueducto son requerimientos fundamentales para garantizar la reducción de pérdidas y, además la eficiencia y seguridad del sistema.

Es fundamental recordar que la implementación de medidas para disminuir las pérdidas debe ser un proceso constante y periódico. Por lo tanto, debe haber un monitoreo constante de los resultados de las medidas implementadas para evaluar su efectividad y hacer ajustes en caso necesario.

De acuerdo con el material con el cual está compuesta la red de distribución del sistema de acueducto la longitud total de las redes de Paipa es de 87,97 km se presenta a continuación en la tabla 15 las diferentes tuberías con su respectivo, pulgadas, material, longitud

Tabla 15

Clasificación de acuerdo con el material

Longitud de tubería según diámetro y material						
DIÁMETRO	PVC	AC	HG	HDPE	TOTAL	%
1	19.837	0	566	0	20404	23,2
1 ½	5.329	0	0	0	5329	6,1
2	28.231	90	13	68	28402	32,3
3	14.193	5.188	14	943	20337	23,1
4	6.606	526	1.181	336	8648	9,8
6	3.726	456	31	0	4213	4,8
8	0	638	0	0	638	0,7
TOTAL	77923	6897	1805	1346	87971	100,0
%	88,6	7,8	2,1	1,5	100,0	

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital.

Los materiales AC (Asbesto Cemento) y HG (Hierro Galvanizado) mostrados en la tabla, además de ser materiales que en la actualidad no se utilizan en los proyectos de acueducto, debido a que se deterioran fácilmente ante cambios continuos de presión, estos se encuentran instalados desde hace varias décadas, lo cual, sumado a lo anterior, hace que sean uno de los focos frecuentes de daños roturas y perdidas. Por ende se recomienda la reposición en tubería PVC ya que este material es invulnerable a la corrosión tanto subterránea como de exteriores, gran resistencia hidrostática, gran resistencia al golpe de aire, alta resistencia al impacto

Máxima flexibilidad para así ya tener la mayoría de la red en una mejor condición de material optimizada y reducir las pérdidas que se presentan

Tabla 16
Costos de mano de obra

COSTOS DE MANO DE OBRA (cuadrilla requerida (rendimiento 100m instalados diarios))	costo día	costo de mano de obra para cambio de tubería de asbesto e hierro galvanizado (8702 m)
obrero 1	\$ 40.000,00	\$ 3.480.800,00
obrero 2	\$ 40.000,00	\$ 3.480.800,00
obrero 3	\$ 40.000,00	\$ 3.480.800,00
obrero 4	\$ 40.000,00	\$ 3.480.800,00
obrero 5	\$ 40.000,00	\$ 3.480.800,00
maestro de obra	\$ 70.000,00	\$ 6.091.400,00
Ingeniero	\$ 100.000,00	\$ 8.702.000,00
operario de retro	\$ 100.000,00	\$ 8.702.000,00

costo total día	\$	\$
	470.000,00	40.899.400,00
COSTO DE MAQUINARIA	costo día	costo total maquinaria
retro excavadora (7 horas diarias)	\$	\$
	700.000,00	60.914.000,00
	costo día	costo total
COSTO TOTAL (MANO DE OBRA MAS MAQUINARIA)	\$	\$
	1.170.000,00	101.813.400,00

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital.

MATERIAL DE RED	LINGITUD TOTAL (m)	POCENTAJE %	tuberia de cambio (m)	dias requeridos para la cuadrilla con rendimiento de 100 m diarios
PVC	77932	88,57922255		
ASBESTO	6897	7,839281655	6897	68,97
CEMENTO				
HIERRO GALVANIZADO	1805	2,051602637	1805	18,05
POLIETILENO DE LATA DENSIDAD	1346	1,529893158		0
TOTAL DE LA RED DE ACUEDUCTO	87980	100	8702	87,02

Fuente: Elaboración propia A Partir De La Empresa Red Vital.

Es fundamental recordar que la implementación de medidas para disminuir las pérdidas debe ser un proceso constante y periódico. Por lo tanto, debe haber un monitoreo constante de los resultados de las medidas implementadas para evaluar su efectividad y hacer ajustes en caso necesario.

Conclusiones

Al identificarse el proceso del sistema de acueducto actual de la empresa Red Vital E.S.P se permitió conocer el comportamiento de la captación, potabilización, almacenamiento y distribución de Paipa para el casco urbano y algunas zonas rurales hasta donde se extienden las redes de distribución actualmente.

Tomando como base el modelo actual, los lineamientos impartidos por la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de agua, vivienda y territorio, las características topológicas de las redes y las zonas de suministro actual, se proyectó la sectorización hidráulica más adecuada para formular esta propuesta de investigación.

En este sentido, se proyectaron los puntos de medición y equipos necesarios para una instrumentación adecuada del sistema, siguiendo los lineamientos de la normativa actual y persiguiendo el objetivo de tener un sistema instrumentado que permita la recolección de información para que los futuros procesos de calibración y validación del modelo hidráulico, siendo una exigencia de la normativa actual, permita conocer con mayor precisión y menor incertidumbre las presiones y caudales que posee la red y, asimismo, posibilite una operación con una mejor información para la toma de decisiones en tiempo real.

En cuanto a la sectorización, se analizaron los sectores hidráulicos acordes con los requerimientos de presiones máximas y mínimas de la normativa vigente acordes con los diámetros mínimos establecidos. Finalmente, se ubicaron y proyectaron elementos que ayudarán

a una adecuada operación del sistema, como ventosas, purgas, hidrantes, válvulas de corte y control.

Recomendaciones

Es necesario implementar el sistema de macro medición sectorial en el Municipio de Paipa, a efectos de asegurar que el suministro de agua en el sistema de acueducto, sea eficiente y continuo en el tiempo, para beneficio de los usuarios y la sostenibilidad del proceso.

De la misma manera, la actualización permanente del sistema de **micro medición**, una vez cumpla su tiempo de vida útil, es perentorio para contrarrestar las pérdidas de agua, y a su vez, hacer un cobro justo para la Empresa y para los usuarios.

La renovación de redes hidráulicas, también debe ser una tarea planeada y sistemática, para evitar fugas y conexiones fraudulentas, teniendo en cuenta la acelerada expansión demográfica del municipio de Paipa

Por otro lado, se deberá rediseñar la bocatoma para captar un mayor caudal, de acuerdo con las proyecciones de población y los consumos futuros. Igualmente, se deberá considerar en el nuevo diseño la facilidad de auto limpieza, basados en la experiencia de colmatación por sedimentos e ingreso de material vegetal que taponan la reja.

Siendo el valor de esta propuesta económicamente viable, la Empresa Red Vital debería proceder a su pronta implementación, dado que el ahorro de agua, la continuidad del servicio y la

contabilización precisa del agua consumida, redundaran en ggel beneficio económico de la misma.

Referencias

- Abarca, D. (2012). *Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución*. <https://bit.ly/3VHGpWF>
- Aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P. (2017). *Plan de reducción pérdidas 2017 - 2025*. <http://www.aguasdebarrancabermeja.gov.co/images/planes/4.Plan%20de%20Reduccion%20de%20Perdidas.pdf>
- Apolo, J. (2004). *Proyecto de evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua. EPS EMFAPA TUMBES S.A.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Borda, X. (2013). *Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud 2013 Municipio de Paipa*. <https://bit.ly/3M3Qhac>
- Bueno-Herrera, D., Monroy-Ávila, E., & Zafra-Mejía, C. (2020). Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia. *Tecnura*, 24(63), 84-98. <https://doi.org/10.14483/22487638.15333>.
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 142 de 11 de julio de 1994. Diario Oficial No. 41.433 . Bogotá, Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 373 de 6 de junio de 1997. Diario Oficial No. 43.058. Bogotá, Colombia.

- Durán, L. (2014). *Plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales de agua no contabilizada en el acueducto metropolitano de bucaramanga S.A. E.S.P.* Universidad Industrial de Santander : <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/155626.pdf>
- Emor, S. (s.f.). *Componentes de un Sistema de Abastecimiento.*
<https://saraemor.wordpress.com/componentes-de-un-sistema-de-abastecimiento/>
- Esguerra, D. (2019). *Apoyo en el levantamiento topográfico para la elaboración de estudios y diseños para la rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://bit.ly/3B0N6to>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación.* McGraw Hill.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 330 de 17 de junio de 2017. Diario Oficial No. 50.267. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2015). *Acueductos y alcantarillados grandes impulsores del crecimiento en el país.* <https://bit.ly/424E5vr>
- Ojeda, M. (2012). *Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de Ciudad Universitaria de la UNAM.* Universidad Nacional Autónoma de México: <https://bit.ly/41edmLL>
- ONU. (s.f.). *El derecho humano al agua y al saneamiento.*
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
- Patarroyo, D. (2020). *Práctica profesional como auxiliar de ingeniería en la construcción multiparque sector el bosque de paipa- boyacá centro oriente.* Universidad Santo Tomas:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23154/2020diegopatarroyo.pdf?sequence=1>

Porras, O. (2014). *Reducción de perdidas de caudal en red de tuberías -para mejorar distribución de . - . agua potable- sector san carlos- la merced*. Universidad Nacional del Centro Del Perú:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/290/TEMEC_09.pdf?sequence=1

Pozo, J. (s.f.). *Satisfacción del cliente ¿Qué es y cómo medirla?* O

<https://elviajedelcliente.com/satisfaccion-del-cliente/>

Presidencia de la República de Colombia. (1991). Decreto 1842 de 12 de julio de 1991. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (1997). Decreto 3102 de 30 de diciembre de 1997 . Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (1998). Decreto 475 de 10 de marzo de 1998. Diario Oficial No. 43.259,. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la Republica de Colombia. (2000). Decreto 1905 de 26 de septiembre de 2000. Diario Oficial No 44.178,. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (2000). Decreto 302 de 25 de febrero de 2000. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (2000). Decreto 421 de 8 de marzo de 2000. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (2003). Decreto 3100 de 30 de octubre de 2003 .

Bogotá, Colombia.

Reyes, M. (2009). *Cuantificación del efecto del agua no contabilizada sobre los costos de operación globales de una red de distribución de agua potable* . Universidad de los

Andes:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14447/u402502.pdf?sequence=>

Anexos

Anexo 1.

Ficha de Caracterización de procesos de la empresa Red Vital S.A ESP del municipio de Paipa,

Boyacá

	Manual de procesos y procedimientos		PÁGINA	5 de 5
	Caracterización de procesos		FECHA	23-07 - 2022
	Proceso		VERSIÓN	01
			CÓDIGO	FO-GD-01

Identificación del proceso	
Responsable o líder del proceso: Subgerente	Tipología:
Objetivo del proceso:	

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente

Proveedor	Entrada	Ciclo (PHVA)	Actividades	Salida	Cliente

Anexo 2. Pérdidas totales en el sistema de acueducto urbano de Paipa

Mes	CAUDAL CAPTADO (L/S) Qcap	ENTRADA DESARENADO R QeDes	PERDIDA ADUCCION Y CAP. DESAR (L/S) PAd1	PORCENTAJ E PERDIDAS % PAd1	CAUDAL SALIDA DESARENADO R (L/S) QsDes	PERDIDA DESAR (L/S) QpDes	PORCENTAJ E PERDIDAS % PDes	CAUDAL ENTRADA PTAPS (L/S) QePTAPs	PERDIDAS ADUCCION 2 DESAR. PTAP (L/S) PAd2	PORCENTAJ E PERDIDAS % PAd2	CAUDAL SALIDA TANQUESO PRODUCIDO (L/S) QsTA	PERDIDAS CONDUCCION (L/S) QpCon	PORCENTAJ E PERDIDAS % PCOn	CAUDAL CONSUMO (L/S) Qcons	PERDIDAS DISTRIBUCION (L/S) QpDist	PORCENTAJ E PERDIDAS % Dist	TOTAL PERDIDAS (L/S) QpTotal	PORCENTAJ E PERDIDAS % Ptotal
Enero	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,40	0,12	0,31	36,50	1,90	4,95	28,26	9,2	22,57	16,16	34,97%
Febre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,10	0,42	1,10	36,12	1,98	5,19	27,63	8,49	23,51	15,83	36,43%
Marzo	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,48	0,04	0,11	36,48	2,00	5,20	25,21	11,27	30,89	18,25	41,99%
Abril	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,46	1,06	2,74	34,75	2,71	7,25	28,48	8,3	18,03	17,0	34,46%
Mayo	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,53	0,99	2,57	35,05	2,48	6,61	24,51	10,8	30,08	19,21	43,61%
Junio	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,91	0,61	1,58	35,36	2,56	6,74	28,66	8,10	18,95	16,21	34,08%
Julio	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,46	1,06	2,76	35,78	1,68	4,48	26,85	8,93	24,95	16,61	38,21%
Agosto	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,03	0,49	1,28	37,22	0,81	2,12	29,70	8,3	20,21	14,62	31,67%
Septiembre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	37,96	0,56	1,45	36,22	1,74	4,59	28,52	7,9	21,27	15,14	34,98%
Octubre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,45	0,07	0,18	35,99	2,45	6,40	28,89	8,2	19,73	15,67	33,52%
Noviembre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,37	0,15	0,39	35,51	2,86	7,45	27,66	7,85	22,10	15,80	36,36%
Diciembre	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,22	0,30	0,79	36,72	1,50	3,91	30,38	8,15	17,26	14,9	30,10%
Promedio	43,46	38,84	4,62	10,63%	38,52	0,32	0,82%	38,03	0,49	1,27	35,49	2,06	6,69	27,16	8,78	19,12	16,3	37,65%

Anexo 3. Propuesta Cuantitativa para determinar las pérdidas de agua en los Sectores

Mes y Día de Facturación	Sector	Número de usuarios	Volumen de agua entregado. Macro medición (M ³)	Volumen de agua facturado. Micro medición (M ³)	Diferencia de Volumen (M ³)
Día 11 Enero	Zona A	X _a	9,8882 l/s x 30 x 86.400 = 25,630,21 l/s	V _a ∑ X _a (por Consumo facturado)	25.630,21 M ³ / Mes - V _a
Día 22 Enero	Zona B	X _b	11.4814 l/s x 30 x 86.400 = 29,759,78 l/s	V _b ∑ X _b (por Consumo facturado)	29,759,78 l/s M ³ / Mes - V _b
Día 30	Zona C	X _c	8.3104 x 30 x 86.400	V _c	21,540,55 l/s M ³ /

Enero	C		=21,540,55 l/s	$\sum X_c$ (por Consumo facturado)	Mes – V_c
Día 4 Enero	Zona D	Xd	7,0434 x 30 x 86.400 l/s	V_d $\sum X_d$ (por Consumo facturado)	18,256,49 ltsM ³ / Mes – V_d
Día 10 Enero	Zona E	Xe	5,7015 x 30 x 86.400 l/s	V_e $\sum X_e$ (por Consumo facturado)	14,778,28 lts M ³ / mes – V_e

Anexo

	RED VITAL PAIPA S.A. E.S.P.		CÓDIGO	
	GESTIÓN DE COMUNICACIONES		PE-GCOM-FO-01	
	OFICIOS / COMUNICACIONES		FEC	01/0
			HA	1/2023
VER			02	
		PÁG	78	
		INA	de 95	

Radicado	-	Número	<i>Marque con X</i>	
	-	RVP0139/2023	Interna	
			Externa	X

Fecha	Día	Mes	Año
Emisión	11	05	2022
Dirigida a			
Dirección			
Cód. Interno			

Asunto	AVISO REPOSICIÓN MEDIDOR POR MAL FUNCIONAMIENTO, CUANDO NO PERMITE VERIFICAR LOS CONSUMOS REALES, Y RENOVACIÓN TECNOLÓGICA
--------	---

Cordial saludo señor usuario:

Que la ley 142 de 1994 en sus artículos 9. Nral. 9.1 y art. 146 que a la letra dice: **Artículo 9o. Derecho de los usuarios.** Los usuarios de los servicios públicos tienen derecho, además de los consagrados en el Estatuto Nacional del Usuario y demás normas que consagren derechos a su favor, siempre que no contradigan esta ley a: **9.1. Obtener de las empresas la medición de sus consumos reales mediante instrumentos tecnológicos apropiados**, dentro de plazos y términos que para los efectos fije la comisión reguladora, con atención a la capacidad técnica y financiera de las empresas o las categorías de los municipios establecida por la ley.

ARTÍCULO 146 “La medición del consumo, y el precio en el contrato. La empresa y el suscriptor o usuario tienen derecho a que los consumos se midan, a que se empleen para ello los instrumentos de medida que la técnica haya hecho disponibles y a que el consumo sea el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario”.

ARTÍCULO 145. Control sobre el funcionamiento de los medidores. Las condiciones uniformes del contrato permitirán tanto a la empresa como al suscriptor o usuario verificar el estado de los instrumentos que se utilicen para medir el consumo; y obligarán a ambos a adoptar precauciones eficaces para que no se alteren. Se permitirá a la empresa, inclusive, retirar temporalmente los instrumentos de medida para verificar su estado.

La empresa podrá establecer en las condiciones uniformes del contrato las características técnicas de los medidores y del mantenimiento que deba dárseles; no será obligación del suscriptor o usuario cerciorarse de que los medidores funcionen en forma adecuada, pero sí será obligación suya hacerlos reparar o reemplazarlos a satisfacción de la empresa, **cuando se establezca que el**

funcionamiento no permite determinar en forma adecuada los consumos o cuando el desarrollo tecnológico ponga a su disposición instrumentos de medida más precisos.

Quando el usuario o suscriptor, pasado un período de facturación, no tome las acciones necesarias para reparar o reemplazar los medidores, la empresa podrá hacerlo por cuenta del usuario o suscript

DECRETO 1077 DE 2015:

Red Vital Paipa S.A. E.S.P. / Km 1 Vía Francisco Montaña – Tel: 3208585284 – C. Postal: 150440
www.redvitalpaipasaesp.com – comercial@redvitalpaipasaesp.com – secretariagerencia@redvitalpaipasaesp.com

Anexo 5

PAIPA S.A. E.S.P.



	RED VITAL PAIPA S.A. E.S.P.	CÓDIGO		
	GESTIÓN DE COMUNICACIONES	PE-GCOM-FO-01		
	OFICIOS / COMUNICACIONES	FEC	01/0	
		HA	1/2023	
VER SIÓN		02		
	PÁG	80		
	INA	de 95		

ARTÍCULO 2.3.1.3.2.3.11. De los medidores. Los contratos de condiciones uniformes pueden exigir que los suscriptores o usuarios adquieran, instalen, mantengan y reparen los instrumentos necesarios para medir sus consumos de agua, en tal caso, los suscriptores o usuarios podrán adquirir los bienes y servicios respectivos a quién a bien tengan y la entidad prestadora de los servicios públicos deberá aceptarlo siempre que reúnan las características técnicas a las que se refiere el inciso siguiente.

La entidad prestadora de los servicios públicos podrá establecer en las condiciones uniformes del contrato las características técnicas de los medidores, las condiciones para su reemplazo y el mantenimiento que deba dárseles.

No será obligación del suscriptor o usuario cerciorarse que los medidores funcionen en forma adecuada; **pero sí será obligación suya hacerlos reparar o reemplazarlos, a satisfacción de la entidad prestadora de los servicios públicos, cuando se establezca que el funcionamiento no permite determinar en forma adecuada los consumos o cuando el desarrollo tecnológico ponga a su disposición instrumentos de medida más precisos.**

Cuando el usuario o suscriptor, pasado un período de facturación a partir de la comunicación de la necesidad del cambio no tome las acciones necesarias para reparar o reemplazar los medidores, la entidad prestadora de los servicios públicos podrá hacerlo por cuenta del usuario o suscriptor.

(Decreto 302 de 2000, artículo 14).

Para lo cual le informo que la empresa de servicios de Red Vital Paipa está en disposición de pactar formas cómodas de pago o financiación con el fin de facilitar la adquisición del medidor.

En el caso de no contar con el equipo de medida, la empresa se encuentra facultada para realizar los cobros promedios establecidos para el área de prestación, en el caso del Municipio de Paipa – Boyacá se estableció un consumo promedio de consumos de suscriptores o usuarios que estén en circunstancias similares a las del suscriptor o usuario a medir es de quince metros cúbicos (15 m³).

En síntesis, indicamos las causales por las que se efectúa el cambio así:

- **TIEMPO DE VIDA ÚTIL:** Establecido entre 5 y 7 años por proveedor, garantía de 3 años por parte de la EMPRESA.
- **OBSOLESCENCIA:** Cuando los equipos no cumplen los parámetros metrológicos establecidos en la norma técnica colombiana NTC-4064 de 2016.
- **RENOVACIÓN TECNOLÓGICA:** Hace referencia a las tecnologías existentes en el mercado que buscan una medición de consumo más efectiva.

+

mite	TITO DUSTANO CURREA VALDERRAMA
mpleo	Gerente General

Validación	Nombre Completo / Empleo	o.Bo.	o	Anexos	Folios
-------------------	-------------------------------------	--------------	----------	---------------	---------------

Elaboró	<i>Jeyson Jhoan Ortiz Niño</i> <i>Profesional de Apoyo</i> <i>Facturación</i>				
Revisó	<i>Ronald Leonardo Sánchez</i> <i>Barrera</i> <i>Apoyo Jurídico</i>				
Aprobó	<i>Tito Dustano Currea</i> <i>Valderrama</i> <i>Gerente General</i>				

Red Vital Paipa S.A. E.S.P. / Km 1 Vía Francisco Montaña – Tel: 3208585284 – C. Postal: 150440
www.redvitalpaipasaesp.com – comercial@redvitalpaipasaesp.com – secretariagerencia@redvitalpaipasaesp.com