

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y

CREATIVIDAD

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Integración Curricular

Tema: Determinación de los factores de caudales máximo diario y máximo horario, dotaciones e índice de agua no contabilizada en la red de distribución del sector Los Álamos de la parroquia Velasco, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

AUTOR:

MATEO GABRIEL ZAVALA POMBOSA

TUTOR:

Ing. Fernando Castro C.

QUITO DM, enero 2026

***Dedicatoria***

*A mis padres, por acompañarme y apoyarme*

*a lo largo de mi carrera,*

*a los buenos amigos y colegas que conocí,*

*y a toda mi familia en general.*

***Mateo Zavala***

## *Agradecimientos*

*A mi familia, por inculcarme buenos valores y  
la influencia que han tenido en mí.*

*A mis amigos de la universidad, por hacerme  
sentir acogido durante toda la carrera.*

*A los profesores que formaron mi  
carácter profesional.*

*A mi director Ing. Fernando Castro por la paciencia, compromiso,  
tiempo invertido y por los conocimientos impartidos no solo  
en este trabajo de titulación, sino en la carrera en general.*

*A la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba,  
por su colaboración y ayuda con la información necesaria  
para la realización del presente trabajo.*

*Gracias.*

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se realizó el estudio acerca del consumo de agua potable para el sector Los Álamos perteneciente a la parroquia Velasco ubicada en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, con el propósito de determinar factores de mayoración de caudales máximo diario y máximo horario, dotaciones e índice de agua no contabilizada, para la cual se contó con información de micro y macromedición de caudales, los cuales fueron proporcionados por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR). Se determinaron dotaciones brutas estimadas entre 290 y 490 litros por habitante por día, dotaciones netas totales entre 215 y 250 litros por habitante por día, factores de mayoración de caudal máximo diario entre 1,25 y 1,40, factores de mayoración de caudal máximo horario entre 1,70 y 2,45, índice de agua no contabilizada entre 15% y 60%.

**Palabras clave:** Dotaciones; factores de mayoración; índice de agua no contabilizada.

## **ABSTRACT**

In the present work, a study was carried out on potable water consumption for the Los Álamos sector, belonging to the Velasco parish located in the city of Riobamba, province of Chimborazo, with the purpose of determining peak daily and peak hourly flow peaking factors, per capita water demands, and the non-revenue water index, for which information on micro- and macro-measurement of flows was available, which was provided by the Riobamba Drinking Water and Sewerage Company (EP-EMAPAR). Estimated gross per capita demands between 290 and 490 liters per inhabitant per day were determined, total net per capita demands between 215 and 250 liters per inhabitant per day, peak daily flow peaking factors between 1.25 and 1.40, peak hourly flow peaking factors between 1.70 and 2.45, and a non-revenue water index between 15% and 60%.

**Keywords:** Water demand; peaking factors; non-revenue water index.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Justificación .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivo general y específicos .....	1
1.3.1 Objetivo general.....	1
1.3.1 Objetivos específicos .....	2
1.4 Alcance .....	2
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	2
2.1 Los sistemas de agua potable.....	2
2.1.1 Fuentes de abastecimiento .....	2
2.1.1.1 Aguas superficiales .....	3
2.1.1.2 Aguas subterráneas .....	3
2.1.2 Estructuras de captación .....	4
2.1.2.1 Captación en aguas superficiales .....	4
2.1.2.2 Captación de aguas subterráneas .....	5
2.1.3 Líneas de conducción.....	6
2.1.4 Plantas de potabilización y reservas .....	6
2.1.4.1 Procesos de potabilización de agua.....	7
2.1.4.2 Tanques de reserva.....	7
2.1.5 Red de distribución .....	8
2.1.5.1 Tipos de redes de distribución de agua potable .....	8
2.2 Demanda de agua potable .....	9
2.2.1 Consumo y demanda de agua potable.....	9
2.2.1.1 Consumo doméstico.....	9
2.2.1.1 Consumo no doméstico.....	10
2.2.2 Caudales máximo diario y máximo horario.....	11
2.2.2.1 Caudal medio diario anual .....	11
2.2.2.2 Caudal máximo diario.....	12
2.2.2.3 Caudal máximo horario.....	13
2.2.3 Dotaciones neta y bruta.....	14

2.2.4 Categorías de usuarios .....	16
2.2.5 Consumos típicos por tipo de usuario .....	17
2.2.6 Población total y población servida .....	18
2.2.7 Proyecciones demográficas.....	18
2.2.8 Catastro de usuarios .....	19
2.3 Pérdidas de agua potable.....	20
2.3.1 Pérdidas físicas.....	20
2.3.2 Pérdidas comerciales.....	20
2.3.3 Índice de agua no contabilizada.....	20
2.3.4 Índice de pérdidas por suscriptor facturado .....	22
2.3.4 Plan de control y reducción de pérdidas .....	23
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL SECTOR LOS</b>	
<b>ÁLAMOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.....</b>	<b>24</b>
3.1 Descripción general del sistema de agua potable Riobamba .....	24
3.1.1 Fuentes de captación de la ciudad de Riobamba .....	24
3.1.2 Línea de conducción .....	25
3.1.3 Fuente de energía alterna .....	26
3.1.4 Planta de tratamiento.....	27
3.2 Descripción del subsistema de agua potable de Los Álamos .....	29
3.2.1 Reservas de agua potable .....	29
3.2.2 Línea de conducción y redes de distribución.....	29
3.3 Macromedición y micromedición del sector Los Álamos .....	31
3.3.1 Macromedidor.....	31
3.3.2 Transmisor de datos .....	32
3.4 Usuarios del servicio.....	33
3.5 Catastro de usuarios .....	34
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1 Selección del área de investigación .....	34
4.2 Metodología .....	35
4.3 Presentación de resultados .....	37
4.3.1 Histogramas de consumo bruto.....	37

4.3.1.1 Histograma de consumo bruto en semana típica.....	37
4.3.1.2 Histogramas de consumo anual por hora del día .....	37
4.3.1.3 Histogramas de consumo mensual.....	38
4.3.2 Factores de mayoración .....	38
4.3.3 Dotaciones brutas y netas.....	42
4.3.5 Índice de agua no contabilizada (IANC) .....	44
4.3.6 Índice de pérdida por suscriptor facturado (IPUF) .....	45
4.3.5 Plan de control y reducción de pérdidas .....	46
4.4 Análisis de resultados .....	48
4.4.1 Análisis de histogramas de consumo bruto.....	48
4.4.2 Análisis de factores de mayoración .....	49
4.4.3 Análisis de dotaciones.....	50
4.4.4 Análisis del índice de agua no contabilizada e índice de pérdidas por suscriptor facturado .....	51
4.4.5 Análisis del coeficiente de variación (CV) .....	52
5.1 Conclusiones .....	53
5.2 Recomendaciones .....	55
BIBLIOGRAFÍA .....	56
Anexo 1 .....	60
Anexo 2 .....	63
Anexo 3 .....	64
Anexo 4 .....	68
Anexo 5 .....	69
Anexo 6 .....	70
Anexo 7 .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba. ....	24
Figura 2. Caseta de bombeo en pozo profundo.....	25
Figura 3. Línea de conducción del sistema de captación.....	26
Figura 4. Generador de emergencia en el sistema de Llio.....	27
Figura 5. Infraestructura de la torre de aireación.....	27
Figura 6. Piscinas de aireación por aspersión. ....	28
Figura 7. Depósito de cloración de la planta de tratamiento Aireadores. ....	28
Figura 8. Tanques de la reserva Los Álamos.....	29
Figura 9. Esquema general del subsistema del sector Los Álamos. ....	30
Figura 10. Cuarto de conexión de tuberías. ....	31
Figura 11. Caudalímetro ubicado en la tubería a la salida de los tanques de reserva hacia la red de distribución. ....	32
Figura 12. Transmisor ISOIL utilizado para la toma de datos.....	32
Figura 13. Distribución de usuarios según su categoría en el periodo de análisis de 2022-2024.	33
Figura 14. Esquema del área de servicio del sector Los Álamos.....	35
Figura 15. Histograma de consumo bruto en semana típica del periodo 2022 a 2024 .....	37
Figura 16. Histograma de consumo horario del período 2022 a 2024.....	38
Figura 17. Histograma de consumo mensual del período 2022 a 2024.....	38
Figura 18. Histograma de consumo bruto horario del año 2022.....	39
Figura 19. Histograma de consumo bruto horario del año 2023.....	39
Figura 20. Histograma de consumo bruto horario del año 2024.....	39
Figura 21. Histograma de consumo bruto diario del año 2022.....	40
Figura 22. Histograma de consumo bruto diario del año 2023.....	40
Figura 23. Histograma de consumo bruto diario del año 2024.....	41
Figura 24. Histograma de dotaciones para el periodo de análisis 2022 a 2024 .....	44
Figura 25. Porcentaje de IANC del periodo de análisis 2022 a 2024.....	45
Figura 26. Valores del IPUF del periodo de análisis 2022 a 2024 .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dotaciones recomendadas por la OMS en base al nivel de servicio .....	16
Tabla 2. Dotaciones recomendadas por la norma INEN.....	16
Tabla 3. Resumen de los factores de mayoración de caudal máximo horario .....	41
Tabla 4. Resumen de los factores de mayoración de caudal máximo diario .....	41
Tabla 5. Resumen de dotaciones netas y brutas del año 2022 .....	42
Tabla 6. Resumen de las dotaciones netas y dotación bruta para el año 2023 .....	43
Tabla 7. Resumen de las dotaciones netas y dotación bruta para el año 2024 .....	43
Tabla 8. Resumen de índice de agua no contabilizada .....	45
Tabla 9. Resumen de índice de pérdidas por suscriptor facturado .....	46

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Justificación**

La determinación de los factores de caudal máximo diario y máximo horario tiene una alta importancia en el diseño hidráulico de redes de distribución, ya que permiten estimar los caudales de diseño de manera adecuada, mientras que al no contar con esa información se asumen valores normativos generales, que no necesariamente responden a la realidad de la demanda de agua local.

Los errores en la utilización de factores de mayoración pueden llevar a un subdimensionamiento o sobredimensionamiento del sistema de agua potable lo que eventualmente podría generar diferencias en los diámetros de tuberías de la red de distribución, así como una capacidad inadecuada al momento de realizar un tanque de almacenamiento, al no estar estos ajustados al consumo real.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La ciudad de Riobamba eventualmente enfrenta déficit de abastecimiento de agua potable, ya que en ciertos sectores de la ciudad el suministro es racionado lo que suele generar la necesidad de que los hogares recurran al uso de tanques elevados individuales para almacenamiento de agua.

Zúñiga et al. (2025) analizaron la influencia de los factores de caudal pico para el diseño de tanques en la red de distribución Maldonado de la ciudad de Riobamba, sin embargo para la red de distribución del sector Los Álamos no se dispone de estudios similares que permitan conocer la variación real de los consumos diarios y horarios de agua, por lo que al ejecutar obras hidráulicas como la expansión de la red de abastecimiento y adoptar únicamente factores normativos se podría incurrir en diseños sobredimensionados o subdimensionados, lo que afectaría tanto la eficiencia hidráulica del sistema como la optimización de los recursos económicos destinados a estas intervenciones.

## **1.3 Objetivo general y específicos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar los factores de caudales máximo diario y máximo horario, dotaciones e índice de agua no contabilizada en la red de distribución del sector Los Álamos de la parroquia Velasco, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Describir resumidamente las características generales del sistema de agua potable del sector Los Álamos de la ciudad de Riobamba.
- Estimar los factores de mayoración de caudales máximo diario y máximo horario en la red de distribución del sector Los Álamos de la ciudad de Riobamba.
- Determinar las dotaciones y el índice de agua no contabilizada en la red de distribución del sector Los Álamos de la ciudad de Riobamba.

### **1.4 Alcance**

El presente estudio se enfoca en la determinación de los factores de caudal máximo diario y máximo horario, así como en el cálculo del índice de agua no contabilizada y el análisis de consumos en la red de distribución del sector Los Álamos, parroquia Velasco, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, en el período del año 2022 al 2024, a base de la información de macromedición y consumos proporcionada por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP-EMAPAR).

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 Los sistemas de agua potable**

Un sistema de agua potable tiene como objetivo suministrar a los habitantes de una localidad agua en cantidad y calidad adecuadas para satisfacer sus necesidades, por lo que, al hablar de calidad, esta debe ser potable, es decir, debe poder consumirse sin causar daños ni enfermedades a las personas, de manera que se garantice su bienestar y seguridad sanitaria (Jiménez, 2013).

Los sistemas de agua potable disponen de una estructura compuesta por diferentes elementos que permiten la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso hídrico, los cuales actúan de manera integrada para garantizar el abastecimiento continuo, seguro y eficiente a la población, por lo que resulta fundamental describir de manera general estos componentes antes de analizarlos de forma detallada en las secciones posteriores (Jiménez, 2013).

#### **2.1.1 Fuentes de abastecimiento**

El agua cruda se capta de cuerpos de agua naturales, clasificándolos principalmente en aguas subterráneas (acuíferos) y aguas superficiales (ríos, lagos y embalses), de modo que las primeras

suelen presentar una calidad más estable y requerir únicamente tratamientos simples, como la desinfección, mientras que las segundas, por ser más susceptibles a la contaminación y a la variabilidad estacional, demandan procesos más complejos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración antes de la etapa de desinfección, con el fin de alcanzar los niveles de potabilidad establecidos en la normativa sanitaria vigente (CONAGUA, 2015a).

### **2.1.1.1 Aguas superficiales**

Las aguas superficiales, presentes en ríos, lagunas y embalses, tienen como principal ventaja la facilidad de acceso y aprovechamiento, ya que la captación desde este tipo de fuentes resulta viable y requiere inversiones iniciales menores en comparación con otros sistemas; no obstante, presentan una alta susceptibilidad a la contaminación debido a descargas domésticas e industriales, así como del arrastre de fertilizantes y plaguicidas provenientes de zonas agrícolas cercanas, lo que disminuye significativamente su calidad y limita su uso directo para el consumo humano, además de que su disponibilidad varía estacionalmente y se ve afectada por los cambios climáticos que alteran los caudales naturales (Naciones Unidas, 2022).

### **2.1.1.2 Aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas, se encuentran almacenadas en el subsuelo dentro de acuíferos, desde donde pueden ser aprovechadas a través de pozos profundos, galerías filtrantes o manantiales; aunque su captación requiere generalmente una mayor inversión inicial y sistemas de bombeo que incrementan los costos operativos, su principal ventaja radica en tener mayor protección frente a la contaminación superficial, lo que las convierte en una fuente confiable y de calidad relativamente estable, especialmente en zonas donde las aguas superficiales presentan altos niveles de contaminación (Naciones Unidas, 2022).

Existen distintos tipos de acuíferos según su comportamiento hidráulico, entre los cuales se distinguen los acuíferos libres, los acuíferos confinados y los acuíferos semiconfinados (CEDEX, s.f), cuyas características básicas se indican a continuación.

- a) Acuíferos libres:** este tipo de acuíferos se caracteriza porque el agua almacenada en ellos se encuentra en libre contacto con el aire y la presión atmosférica, de modo que el nivel del agua corresponde al nivel freático (Ordoñez, 2011).
- b) Acuíferos confinados:** corresponden a aquellos acuíferos sometidos a una presión superior a la atmosférica, ya que el agua ocupa completamente los poros de la formación geológica,

encontrándose el acuífero totalmente saturado, por lo que, al extraerse agua, esta asciende hasta un punto determinado que recibe el nombre de nivel piezométrico, el cual depende de la presión interna del sistema y de la permeabilidad del medio (Ordoñez, 2011).

- c) **Acuíferos semiconfinados:** se caracterizan por poseer una capa superior semipermeable en lugar de una completamente impermeable, lo que permite que el agua se infiltre lentamente desde la superficie y contribuya a su recarga, aunque este proceso ocurre de manera muy gradual y requiere un tiempo prolongado para alcanzar condiciones de equilibrio hidráulico (Ordoñez, 2011).

### **2.1.2 Estructuras de captación**

Las estructuras de captación son aquellas obras civiles que se emplean para extraer el agua, las cuales varían en su diseño y complejidad de acuerdo con las características de la fuente de abastecimiento, la localización geográfica, la topografía del terreno y la cantidad de agua disponible, por lo que las obras de captación, tanto de aguas superficiales como subterráneas, deben cumplir con ciertos requisitos técnicos y constructivos que garanticen su eficiencia y seguridad operativa (Jiménez, 2013).

#### **2.1.2.1 Captación en aguas superficiales**

Para este tipo de captación es necesario localizar una corriente de agua con escurrimiento permanente, de modo que se garantice el servicio durante todo el año como lo son ríos, lagos, lagunas o embalses, y, a partir de ello, se pueda determinar la utilización de las obras de captación más apropiadas, las cuales pueden implementarse de distintas maneras, como tomas directas, presas derivadoras o presas de almacenamiento, según las condiciones hidrológicas y topográficas del sitio (CONAGUA, 2015a).

Una presa es una obra hidráulica construida con el propósito de almacenar, regular y controlar el agua superficial, permitiendo su aprovechamiento para distintos usos como el abastecimiento de agua potable, el riego, la generación hidroeléctrica y el control de inundaciones, por lo que estas estructuras generan embalses artificiales desde los cuales se capta el recurso hídrico de manera controlada (CONAGUA, 2015a).

- a) **Toma directa:** es una estructura hidráulica de captación superficial que opera por gravedad, conformada por rejillas destinadas a retener el material flotante y de arrastre, junto con un conducto encargado de conducir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta la planta

potabilizadora, de modo que su diseño garantiza que la parte superior de la tubería de entrada esté siempre por debajo del nivel más bajo del río, garantizando el abastecimiento de agua incluso en la época de estiaje (CONAGUA, 2015b).

- b) Presas derivadoras:** son obras de captación más complejas, conformadas por una cortina vertedora, una obra de toma provista de compuertas y un desarenador, de modo que su finalidad es mantener un nivel constante aguas arriba para facilitar la captación y la regulación del caudal, siendo este tipo de estructuras comúnmente empleadas en proyectos de riego y en sistemas de abastecimiento público (CONAGUA, 2015b).
- c) Presas de almacenamiento:** estas disponen de tomas ubicadas a diferentes profundidades mediante las cuales el agua es extraída del embalse, siendo estas tomas generalmente múltiples y localizadas a distintas alturas con el objetivo de captar el agua con la mejor calidad posible, evitando los estratos con mayor concentración de sedimentos, razón por la cual estas estructuras incorporan torres de toma, conductos a presión, válvulas de control y sistemas de disipación de energía (CONAGUA, 2015b).

#### **2.1.2.2 Captación de aguas subterráneas**

Este tipo de aguas suelen tener muy buena calidad, ya que el subsuelo en el que se encuentra proporciona protección y filtración natural, y se clasifican generalmente en dos tipos: como acuíferos libres y acuíferos confinados, donde los primeros cuentan con una superficie libre denominada capa freática, por lo que la mayor parte del agua proviene de la infiltración pluvial, mientras que los segundos se encuentran entre dos capas de materiales relativamente impermeables y a una presión superior a la atmosférica, lo que le otorga características físicas y químicas más estables (CONAGUA, 2015a).

Las aguas subterráneas se captan con pozos o galerías cuyas características más comunes son las siguientes:

- a) Pozos profundos:** son estructuras verticales de pequeño diámetro y profundidad variable que se construyen con el propósito de aprovechar el agua almacenada en los acuíferos ubicados a media o gran profundidad, cuya excavación se realiza principalmente empleando una broca giratoria que perfora el terreno para arrastrar los residuos a la superficie (García, 2018).
- b) Galerías filtrantes:** son obras subterráneas construidas para captar agua en zonas donde el nivel freático se encuentra a poca profundidad, formadas por pozos conectados mediante

túneles que permiten la filtración y conducción del agua por gravedad hacia un punto de descarga, por lo que no requieren bombeo y, aunque su construcción es costosa, requieren bajo mantenimiento y larga vida útil (García, 2018).

- c) **Pozos excavados:** son estructuras de gran diámetro, generalmente entre 0,8 y 2 metros o más, y de poca profundidad, cuyas paredes se sostienen mediante un revestimiento de hormigón, ladrillo o piedra para prevenir derrumbes, y la captación del agua se realiza de forma lateral, a través de orificios en el revestimiento que penetran el acuífero (García, 2018).

### **2.1.3 Líneas de conducción**

Es el componente del sistema de abastecimiento que permite la conducción de agua en condiciones higiénicas y seguras, desde las obras de captación hasta los tanques de almacenamiento o la planta potabilizadora, por lo que su diseño debe realizarse conforme a las disposiciones técnicas establecidas para las tuberías de los sistemas de agua potable, a fin de que se mantenga el estándar de calidad del agua durante todo el trayecto de conducción y distribución (INEN, 2014).

Existen dos tipos principales de conducción según su funcionamiento: la conducción a gravedad, que aprovecha la diferencia de nivel del terreno para transportar el agua; y, la conducción por bombeo, que opera a presión y requiere de equipos que suministran la energía necesaria para el movimiento del agua cuando la topografía no permite el flujo natural; los dos tipos deben diseñarse para un período de al menos treinta años, considerando la población futura, la durabilidad de los materiales y la capacidad de expansión del sistema (EMAAP-Q, 2009).

### **2.1.4 Plantas de potabilización y reservas**

Una planta de potabilización es el componente encargado de tratar el agua cruda mediante una serie de procesos físicos y químicos que permiten hacerla apta para el consumo humano, ya que cuenta con una estructura típica conformada por unidades de mezcla rápida, utilizadas para la dosificación de coagulantes, así como con sistemas de floculación, que favorecen la formación de flóculos, sedimentación, que permite separar los sólidos por acción de la gravedad, y filtración, que generalmente se realiza a través de lechos de grava o arena, con lo cual se logra eliminar la turbiedad, las bacterias, los microorganismos patógenos y otros contaminantes que deben ser removidos de acuerdo con la normativa vigente (CONAGUA, 2015a).

#### 2.1.4.1 Procesos de potabilización de agua

Los procesos de potabilización del agua son esenciales para asegurar su calidad y garantizar que sea apta para el consumo humano, por lo que a continuación se describen las principales etapas de potabilización que conforman una planta de tratamiento de agua potable.

- a) **Unidades de mezcla rápida:** tienen como función principal asegurar que los productos químicos, especialmente los coagulantes, se distribuyan de manera uniforme en el agua cruda, proceso que se desarrolla en cámaras diseñadas para generar una alta turbulencia que favorece la integración eficiente de los reactivos (Álvarez et al., 2022).
- b) **Dosificación de coagulantes:** es una etapa fundamental dentro del proceso de tratamiento del agua, ya que permite la agregación de partículas suspendidas, siendo los coagulantes más comunes las sales de aluminio como el sulfato de aluminio y las sales de hierro como el cloruro férrico, cuya cantidad a aplicar depende directamente de la calidad del agua cruda (Álvarez et al., 2022).
- c) **Floculación:** se desarrolla a continuación de la etapa de mezcla rápida y tiene como finalidad propiciar la formación de flóculos de mayor tamaño y peso que puedan sedimentarse con facilidad, para lo cual el proceso se realiza en canales o tanques donde el movimiento del agua es lento y controlado (Álvarez et al., 2022).
- d) **Sedimentación:** es el proceso mediante el cual los flóculos generados durante la etapa de floculación por efecto de la gravedad llegan al fondo de los tanques, de modo que las unidades de sedimentación se componen de una zona de entrada, una zona de sedimentación, un sistema de recolección de lodos y una salida para el agua clarificada (Álvarez et al., 2022).
- e) **Filtración:** es la etapa final del tratamiento y se encarga de remover las partículas que permanecen después de la sedimentación, mediante el paso del agua a través de medios filtrantes como arena o grava, pudiendo ser lenta, cuando opera a bajas velocidades y elimina microorganismos, o rápida, cuando utiliza diferentes medios y requiere lavados frecuentes, considerando en su diseño la velocidad, el tipo de medio y el sistema de limpieza empleado (Álvarez et al., 2022).

#### 2.1.4.2 Tanques de reserva

Las reservas de agua potable son infraestructuras destinadas al almacenamiento de agua destinado para el consumo humano, garantizando disponibilidad y preservación de su calidad, por lo que

entre los tipos más comunes se encuentran los tanques de hormigón armado y tanques metálicos cilíndricos, los cuales pueden presentarse como estanques semienterrados, superficiales o como tanques elevados, que incorporan además elementos complementarios como cubiertas, sistemas de ventilación, escaleras de acceso, válvulas de desborde y dispositivos de limpieza (AWWA, 1997).

### **2.1.5 Red de distribución**

La red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras encargadas de conducir el agua desde los tanques de reserva hasta las tomas domiciliarias; el agua transportada deberá abastecer el área para uso doméstico, público, comercial e industrial por lo que deberá de ser continua, con presión suficiente y que el agua transportada cumpla los estándares de calidad (CONAGUA, 2015b).

La red de distribución consta de una red primaria, que funciona principalmente para conducir el agua a través de líneas principales de conducción y alimentar las redes secundarias, encargadas de transportar el agua hasta las tomas domiciliarias, la cual puede presentar tres configuraciones principales: la convencional, que dispone de tuberías interconectadas en forma de red cerrada; la de dos planos, que se conecta a la red primaria en uno o dos puntos y puede operar como red abierta; y, la de bloques, que forma unidades vinculadas a la red primaria solo en dos puntos y evita conexiones domiciliarias directas en la red principal, con lo cual se garantiza una distribución más controlada y eficiente del recurso (CONAGUA, 2015b).

#### **2.1.5.1 Tipos de redes de distribución de agua potable**

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar principalmente en dos tipos de redes de tuberías, las cuales se diferencian por su configuración topológica.

- a) Redes abiertas:** este tipo de redes se caracterizan por una configuración en la que el flujo sigue una dirección predominantemente única sin formar circuitos cerrados, por lo que su estudio se basa en el balance de caudales en cada nodo, lo que posibilita aplicar criterios de diseño para determinar el diámetro adecuado de las tuberías (Saldarriaga, 2007).
- b) Redes cerradas:** este tipo de redes representan los sistemas más comunes en zonas urbanas y se caracterizan por contener al menos un circuito lo que permite que el agua circule por diferentes trayectorias hasta llegar a un mismo punto, en tanto que su análisis hidráulico requiere la aplicación de métodos matemáticos más avanzados como Hardy-Cross, Newton-

Raphson o el método del Gradiente, los cuales equilibran los caudales y las alturas piezométricas en toda la red (Saldarriaga, 2007).

## **2.2 Demanda de agua potable**

### **2.2.1 Consumo y demanda de agua potable**

La demanda de agua potable se define como el volumen total de agua que una población requiere para satisfacer sus necesidades básicas y el desarrollo de sus actividades cotidianas, lo que incluye el consumo doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, además esta demanda varía en función del tamaño poblacional, las condiciones climáticas, los hábitos de consumo y el nivel de desarrollo socioeconómico, por lo que su estimación precisa resulta fundamental para el diseño, operación y optimización de los sistemas de abastecimiento, ya que permite garantizar un suministro continuo, seguro y de calidad, contribuyendo al mismo tiempo a prevenir situaciones de escasez y a promover la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo (CONAGUA, 2007).

El consumo de agua potable se refiere al volumen de agua que los usuarios utilizan efectivamente, excluyendo las pérdidas del sistema, por lo que representa la cantidad real de agua aprovechada en los usos domésticos, comerciales e industriales, la cual se mide generalmente en metros cúbicos por día ( $m^3/d$ ) o litros por día ( $l/d$ ), mientras que, en términos de consumo per cápita, se expresa en litros por habitante por día ( $l/hab \cdot día$ ), aunque los organismos operadores suelen registrarlo en metros cúbicos por conexión al mes ( $m^3/toma/mes$ ) para fines de control operativo y facturación (CONAGUA, 2007).

En general, el consumo de agua está determinado principalmente por factores como las condiciones climáticas e hidrológicas, las costumbres locales y las actividades económicas predominantes de la población; en entornos urbanos el consumo se organiza según el tipo de usuario distinguiéndose entre doméstico y no doméstico siendo que el primero se clasifica de acuerdo con el nivel socioeconómico de la población y el segundo abarca los usos comercial, industrial y de servicios públicos, entre otros, configurando así una tipología que facilita una estimación más representativa de la demanda global del sistema de abastecimiento (CONAGUA, 2007)

#### **2.2.1.1 Consumo doméstico**

El consumo doméstico de agua es el correspondiente al uso en viviendas, que está determinado principalmente por el clima y por el nivel socioeconómico de la población, aunque también

intervienen otros factores que influyen significativamente en su variación, como la presión en la red, la continuidad del servicio, la suficiencia del suministro, la disponibilidad de alcantarillado y el costo del agua (CONAGUA, 2007).

Para el análisis de consumos en una red de distribución existente, se sugiere utilizar información real del consumo diferenciada por tipo de toma, obtenida de los registros del operador del servicio, priorizando aquellas conexiones que cuenten con medición y no estén sujetas a racionamiento, ya que representan de manera más fiel el patrón de consumo que los usuarios mantienen bajo las tarifas vigentes, permitiendo así extrapolar dichos valores con fines de diseño al resto del sistema y obtener una estimación más confiable y representativa (CONAGUA, 2007).

### **2.2.1.1 Consumo no doméstico**

El consumo no doméstico corresponde al uso de agua en actividades industriales, comerciales y de servicios, que no se realizan en viviendas, por lo que su estimación debe basarse en datos históricos de medición proporcionados por el organismo operador, a fin de obtener una evaluación precisa del volumen demandado por este tipo de usuarios (CONAGUA, 2007).

Según EPMAPS (2015), se establecen y definen las categorías de consumo de agua no doméstico aplicables a los clientes, de manera que se identifican tres tipos principales, cada uno con características específicas que permiten diferenciar su naturaleza de uso y su comportamiento de demanda dentro del sistema de abastecimiento.

- a) **Consumo comercial:** corresponde a los usuarios que emplean el servicio de agua potable en inmuebles donde se desarrollan actividades económicas con fines de lucro, siempre que el agua no sea utilizada para procesos productivos, por lo que esta categoría abarca una amplia gama de establecimientos como oficinas, restaurantes, centros comerciales, hoteles, estaciones de servicio y cines (EPMAPS, 2015).
- b) **Consumo industrial:** comprende a los usuarios cuyas actividades productivas o de manufactura emplean el agua como insumo o como materia prima directa dentro de sus procesos, por lo que comprende fábricas, plantas de producción y manufactureras de distintos sectores como embotelladoras, industrias textiles y fábricas de productos químicos (EPMAPS, 2015).
- c) **Consumo institucional:** corresponde al consumo de agua en inmuebles que son propiedad del Estado o que se destinan al funcionamiento de instituciones y servicios públicos, incluyendo

ministerios, entidades gubernamentales, hospitales públicos, cuarteles y embajadas, de modo que el servicio se utiliza exclusivamente para el desarrollo operativo y administrativo de dichas entidades, sin que exista un propósito de lucro o beneficio comercial privado (EPMAPS, 2015).

## 2.2.2 Caudales máximo diario y máximo horario

### 2.2.2.1 Caudal medio diario anual

El caudal medio diario anual se define como el volumen total de agua suministrado anualmente en un sistema de distribución dividido entre trescientos sesenta y cinco días del año, lo cual representa el consumo promedio correspondiente a un día típico del año, de manera que este parámetro constituye la base de referencia fundamental para el cálculo de los caudales de diseño máximo diario y máximo horario, mediante la aplicación de sus respectivos factores de mayoración (AWWA, 2012).

La norma INEN (1992) establece que el cálculo del caudal medio diario anual se realizará de acuerdo con la ecuación (1), la cual permite estimar el caudal promedio a partir de las dotaciones y la población servida, constituyendo así un parámetro fundamental para el análisis y diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

$$Qmd_a = \frac{D*N}{86.400} \quad (1)$$

Donde:

$Qmd_a$  = Caudal medio diario anual (l/s).

D = Dotación por habitante (l/hab\*día).

N = Número total de habitantes (hab).

Al disponer de datos de macromedición se utiliza la ecuación (2) para el cálculo del caudal medio diario anual.

$$Qmd_a = \frac{PT*1000}{365*86.400} \quad (2)$$

Donde:

$Qmd_a$  = Caudal medio diario anual (l/s).

PT = Producción total anual (m<sup>3</sup>/año).

### 2.2.2.2 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se define como el mayor volumen de agua consumido durante cualquier período de veinticuatro horas a lo largo de un año, siendo este valor fundamental para dimensionar la capacidad de la estructura de captación en la fuente de abastecimiento, las plantas de tratamiento y las líneas de conducción, ya que se calcula multiplicando el caudal promedio diario anual por un factor de mayoración máximo diario (FQMD), con lo cual se obtiene un parámetro clave para el diseño y operación eficiente del sistema hidráulico (AWWA, 2012).

De acuerdo con lo establecido en la norma NCh-691 del Instituto Nacional de Normalización [INN] (2015), se puede utilizar la ecuación (3) para el cálculo del caudal máximo diario, el cual se determina en función del caudal medio diario anual y de un factor de mayoración de caudal máximo diario.

$$QMD = Qmd_a * FQMD \quad (3)$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario (l/s).

Qmd<sub>a</sub> = Caudal medio diario anual (l/s).

FQMD = Factor de mayoración del caudal máximo diario.

El factor de caudal máximo diario (FQMD) es un coeficiente que representa la relación entre el mayor consumo diario registrado en un sistema y el consumo medio diario observado durante un período mínimo de un año, de manera que, en el caso de sistemas nuevos, este valor se determina en función del nivel de complejidad del sistema, utilizándose posteriormente para calcular el caudal máximo diario de diseño mediante la multiplicación del caudal medio diario por dicho coeficiente, con el fin de garantizar la capacidad hidráulica adecuada del sistema ante las variaciones de demanda (Garzón, 2014).

De esta manera, al despejar el factor de mayoración a partir de la ecuación (3), se obtiene la ecuación (4), la cual permite calcular el factor de mayoración de caudal máximo diario de forma directa.

$$FQMD = \frac{QMD}{Qmd_a} \quad (4)$$

Donde:

FQMD = Factor de mayoración del caudal máximo diario.

QMD = Caudal máximo diario (l/s).

Qmd<sub>a</sub> = Caudal medio diario anual (l/s).

Según INEN (1992), el coeficiente de variación del consumo máximo diario debe calcularse con base en los datos específicos del área geográfica donde se ejecutará el proyecto, de modo que únicamente en ausencia de estudios de consumo se adopta un valor de FQMD comprendido entre 1,3 y 1,5, asegurando así una estimación razonable del comportamiento máximo de la demanda.

### **2.2.2.3 Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario representa la mayor demanda de agua concentrada en una sola hora a lo largo de todo el año, siendo importante destacar que este pico no necesariamente coincide con el día de máximo consumo durante el año, puesto que depende de variaciones como la concentración de actividades en un horario específico por lo que se considera el parámetro clave para el diseño hidráulico de la red de distribución, y la verificación de que las presiones de servicio en todos los puntos del sistema sean suficientes incluso durante la hora de mayor exigencia; la variación de los factores que pueden influir en la hora de mayor consumo se le considera como un factor de mayoración máximo horario (FQMH) al caudal promedio diario anual, lo que permite garantizar la eficiencia operativa y la continuidad del servicio en condiciones de máxima demanda (AWWA, 2012).

De acuerdo con lo establecido en la norma NCh-691 del INN (2015), se puede utilizar la ecuación (5) para el cálculo del caudal máximo horario, el cual se determina en función del caudal medio diario anual y de un factor de mayoración de caudal máximo horario.

$$QMH = Qmd_a * FQMH \quad (5)$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario (l/s).

Qmd<sub>a</sub> = Caudal medio diario anual (l/s).

FQMH = Factor de mayoración del caudal máximo horario.

El factor de caudal máximo horario (KMH) es un coeficiente que expresa la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario registrado en un periodo de al menos un año, de manera que en sistemas existentes se determina a partir de mediciones reales, mientras que en sistemas nuevos su valor depende de la complejidad del proyecto y del tipo de red de distribución.

De esta manera, al despejar el factor de mayoración a partir de la ecuación (5), se obtiene la ecuación (6), la cual permite calcular el factor de mayoración de caudal máximo horario de forma directa.

$$FQMH = \frac{QMH}{Qmd_a} \quad (6)$$

Donde:

FQMH = Factor de mayoración del caudal máximo horario.

QMH = Caudal máximo horario (l/s).

Qmd<sub>a</sub> = Caudal medio diario anual (l/s).

Según INEN (1992), el valor del coeficiente de consumo máximo horario (FQMH) debe determinarse a partir de datos reales de medición en sistemas de abastecimiento que ya se encuentren en operación, pero en caso de no contar con dichos estudios la normativa recomienda adoptar un valor de FQMH comprendido entre 2,0 y 2,3, siendo esta una estimación razonable.

### **2.2.3 Dotaciones neta y bruta**

La dotación neta corresponde al volumen de agua necesario para cubrir las necesidades esenciales de un habitante, sin incluir las pérdidas físicas que puedan producirse en el sistema de abastecimiento o en la red de distribución, siempre que se cuente con registros históricos de consumo del municipio o sector correspondiente, de modo que este parámetro se emplea tanto en el diseño de nuevos sistemas de suministro como en la ampliación de los existentes, debiendo basarse en dicha información para asegurar la consistencia y exactitud en la estimación de la demanda (Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2009).

Para el cálculo de la dotación neta total, el INN (2015) propone la ecuación (7), la cual relaciona el volumen de agua facturado anualmente con la población servida en el año de análisis, permitiendo así estimar el consumo per cápita real del sistema de abastecimiento.

$$D_{neta} = \frac{CT*1000}{PS*365} \quad (7)$$

Donde:

$D_{neta}$  = Dotación neta total (l/hab\*día).

CT = Consumo anual total facturado (m<sup>3</sup>/año).

PS = Población servida (hab).

La dotación bruta corresponde al volumen total de agua que debe generarse para abastecer al sistema de distribución, desde la planta de tratamiento y la reserva, asegurando que la dotación neta llegue de manera efectiva a los usuarios, por lo que su cálculo se realiza considerando la suma de todos los consumos más las pérdidas físicas, las cuales pueden originarse por fugas, siendo este parámetro esencial para el diseño y dimensionamiento de las estructuras de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento inicial del sistema, garantizando así la eficiencia y la confiabilidad en la prestación del servicio (RAS, 2010).

Para el cálculo de la dotación bruta, el INN (2015) propone la ecuación (8), la cual relaciona el volumen de agua producido anualmente con la población servida en el año de análisis.

$$D_{bruta} = \frac{PT*1000}{PS*365} \quad (8)$$

Donde:

$D_{bruta}$  = Dotación bruta (l/hab\*día).

PT = Producción anual total (m<sup>3</sup>/año).

PS = Población servida (hab).

Según la Organización Mundial de la Salud (2011), se establecen dotaciones básicas recomendadas en función del nivel de acceso al servicio de agua potable que dispone la población, con el propósito de garantizar el suministro necesario para cubrir las necesidades esenciales de salud y bienestar; en la Tabla 1 se presentan las dotaciones netas en base al nivel de acceso al servicio de agua potable.

**Tabla 1.** Dotaciones recomendadas por la OMS en base al nivel de servicio

<b>Población (hab)</b>	<b>Dotación media futura (L/hab.día)</b>
Sin acceso	5
Nivel básico de acceso	20
Nivel intermedio de acceso	50
Nivel óptimo de acceso	100 - 200

*Nota.* Adaptado de Guías para la Calidad del Agua Potable (4.<sup>a</sup> ed.), (OMS, 2011, p. 84)

Según la norma INEN (1992, p.42), cuando existe falta de datos de consumos y para estudios de factibilidad se pueden utilizar los datos de la Tabla 2, la cual presenta dotaciones recomendadas en base al número de habitantes y el clima.

**Tabla 2.** Dotaciones recomendadas por la norma INEN.

<b>Población (habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación media futura (L/hab.día)</b>
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

*Nota.* Dotaciones recomendadas en función del número de habitantes y condición climática (INEN, 1992, p. 42)

#### **2.2.4 Categorías de usuarios**

Según el ARCA (2023a) las categorías de usuarios constituyen una clasificación técnica de los consumidores de servicios de agua potable basada en la naturaleza del uso que se da al recurso, de modo que esta tipificación resulta fundamental en la configuración de la fijación tarifaria, pues

permite implementar estructuras de cobro diferenciadas y técnicamente justificadas, lo que facilita adecuar las tarifas a cada tipo de consumo, ya sea habitacional o relacionado a actividades económicas e institucionales, dando como resultado una distribución equitativa de los costos del servicio.

La categoría residencial se aplica a los usuarios cuyos inmuebles tienen un uso habitacional, donde no se realice actividades de carácter productivo, ya que esta clasificación corresponde al consumo de agua necesario para satisfacer las necesidades domésticas fundamentales, como la hidratación, preparación de alimentos, higiene personal y cuidado del hogar, de modo que la normativa establece bloques de consumo progresivos para este grupo, iniciando con un volumen básico orientado a garantizar el derecho humano al agua y aumentando conforme a los patrones de uso, reconociendo así la diversidad de condiciones socioeconómicas y los distintos hábitos de consumo presentes en la población (CONAGUA, 2007).

La categoría no residencial engloba a los consumidores que destinan el inmueble con fines distintos a la vivienda, ya sea en actividades de carácter productivo, como talleres, comercios o industrias, o en entidades de carácter público y que, a diferencia del ámbito residencial, los bloques de consumo en esta categoría están en función de la actividad desempeñada y de su intensidad de uso de agua, (ARCA, 2023a).

Los usuarios no residenciales se clasifican en tres categorías principales: los usuarios comerciales, como hoteles, restaurantes y comercios minoristas, que emplean agua principalmente para limpieza, saneamiento y prestación de servicios; los usuarios industriales, entre los que se incluyen sectores como la manufactura, la industria farmacéutica y los centros de datos, que requieren grandes volúmenes de agua para procesos y refrigeración; y los usuarios institucionales, como escuelas, hospitales y universidades, cuyos consumos están orientados al funcionamiento operativo de las instalaciones y a la atención de las personas que las utilizan (Cotterill, McGrath, & Kleemann, 2024).

### **2.2.5 Consumos típicos por tipo de usuario**

Para un usuario de consumo residencial que está conectado al servicio de agua potable mediante una red de distribución, su consumo promedio sería de alrededor de 187 m<sup>3</sup> mensuales, equivalentes a aproximadamente 620 litros diarios, aunque este valor varía de manera significativa

entre provincias, siendo el caso más notorio el de Pastaza, donde el consumo promedio se incrementa hasta 28 m<sup>3</sup> mensuales por conexión (INEC, 2024a)

Un análisis del consumo de agua basado en los datos facturados durante el periodo 2015-2019 en la ciudad de Littleton, Massachusetts, Estados Unidos, mostró datos que muestran las diferencias entre distintas categorías de usuarios, reflejando el consumo real promedio medido por parcela anualmente, donde la categoría residencial registró un consumo aproximado de 0,68 (m<sup>3</sup>/d), mientras que los usuarios comerciales presentaron una demanda notablemente mayor con un promedio cercano a 2,91 (m<sup>3</sup>/d) y la categoría industrial alcanzó el valor más alto con aproximadamente 3,48 (m<sup>3</sup>/d) (CDM Smith, 2020).

### **2.2.6 Población total y población servida**

La población total permite definir el caudal de diseño de un sistema de abastecimiento de agua, pues representa el número total estimado de habitantes el cual considera tanto la población actual así como la población proyectada para un periodo de diseño, la cual se determina a partir de datos censales oficiales y con proyecciones demográficas calculadas con métodos de crecimiento, siendo su cálculo importante para el dimensionamiento de toda la infraestructura, ya que define la capacidad requerida de las obras de captación, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento, conducciones y redes de distribución (EMAAP-Q, 2009).

La población servida se centra en la cobertura efectiva del servicio y corresponde al número de habitantes que se encuentran conectados a la red de distribución y reciben el suministro de agua potable a través de una conexión domiciliaria, diferenciándose de la población total que abarca a toda la comunidad, de modo que este indicador contempla únicamente al grupo que dispone de acceso físico al sistema (EMAAP-Q, 2009).

### **2.2.7 Proyecciones demográficas**

Las proyecciones demográficas son una herramienta estadística para estimar la población futura en periodos de corto y mediano plazo, y se apoya en el análisis de los componentes demográficos esenciales, como la fecundidad, la mortalidad y las migraciones, de modo que, para su desarrollo, se construyen distintos escenarios basados en hipótesis sobre el comportamiento futuro de dichos componentes, permitiendo así modelar la población bajo diferentes condiciones y niveles de crecimiento (INEC, 2024b).

Las proyecciones demográficas constituyen el punto de partida para el dimensionamiento de las infraestructuras, pues permiten anticipar la evolución del número de habitantes que demandarán el servicio dentro del horizonte de diseño, considerando además la distribución de la población y su densidad en las diferentes zonas de cobertura, de este modo, las proyecciones están orientadas a la planificación de la infraestructura de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución (Instituto Vasco de Estadística, 2022).

### **2.2.8 Catastro de usuarios**

El catastro de usuarios se entiende como un conjunto de registros y procedimientos debidamente actualizados que permite identificar con precisión y ubicar geográficamente a todos los consumidores o beneficiarios de un sistema de abastecimiento, por lo que constituye una herramienta administrativa fundamental cuya responsabilidad corresponde al prestador público del servicio, quien debe asegurar que dicho sistema contenga la información completa y actualizada de todos los usuarios dentro de su área de cobertura, asegurando así una gestión eficiente, transparente y técnicamente sustentada del recurso hídrico (ARCA, 2024).

El prestador público del servicio debe garantizar que el catastro de usuarios incluya la totalidad de las conexiones existentes dentro de su área de cobertura, de manera que contenga información técnica, administrativa y comercial relevante para la adecuada gestión del sistema de agua potable, como el nombre del usuario o titular del servicio, número de identificación, dirección y ubicación geográfica del predio, código o número de cuenta asignado, categoría de consumo, estado y características del micromedidor, historial de lecturas, volúmenes facturados y observaciones operativas que permitan el control, seguimiento y actualización permanente de la información (ARCA, 2023b).

La importancia de mantener un catastro actualizado radica en los beneficios operativos y comerciales que genera, ya que mejora la eficiencia en la gestión comercial al optimizar los procesos de cobro y permitir la identificación tanto de los consumidores actuales como de posibles conexiones clandestinas, y, de manera significativa, suministra la información necesaria para llevar a cabo una gestión técnica y equitativa del recurso hídrico, favoreciendo así una administración más transparente y sostenible del servicio (Ministerio de Desarrollo Económico [MDE], 2001).

## **2.3 Pérdidas de agua potable**

### **2.3.1 Pérdidas físicas**

Las pérdidas físicas en los sistemas de agua potable representan los volúmenes de agua que se pierden por fugas en la infraestructura antes de llegar a los usuarios finales, ya que se originan principalmente por defectos en tuberías, uniones y conexiones, así como por componentes deteriorados de la red de distribución, mientras que, desde la perspectiva de la ingeniería hidráulica, su magnitud está determinada por variables como la presión en la red, las características de los materiales y la antigüedad de la infraestructura, de modo que comprender estos factores resulta fundamental para diagnosticar y cuantificar adecuadamente las pérdidas en un sistema, asegurando con ello una gestión eficiente y sostenida de los recursos hídricos (CONAGUA, 2007).

Según Hammer y Hammer Jr. (2012), para que un sistema de agua potable funcione de manera eficiente, la relación entre la producción y el consumo real debe situarse entre el 80 % y el 90 %, lo cual implica que las pérdidas admisibles del sistema deben ser menores al 20 %.

### **2.3.2 Pérdidas comerciales**

Las pérdidas comerciales corresponden a volúmenes de agua suministrados a través del sistema de distribución que no son facturados, causadas principalmente por consumos no autorizados, conexiones clandestinas, asentamientos ilegales masivos o manipulación de medidores, así como también por errores en la micromedición, los cuales pueden deberse al desgaste progresivo de los medidores, que subestima el consumo real, o bien a la incapacidad del equipo para registrar consumos inferiores al caudal mínimo de arranque, de modo que todos estos factores generan un desfase entre el volumen de agua efectivamente distribuido y el volumen facturado afectando con ello la precisión del balance hídrico y la eficiencia comercial del sistema (ARCA, 2022).

El impacto de estas pérdidas es tanto económico como operativo, ya que distorsiona los cálculos hidráulicos y puede generar un dimensionamiento inadecuado de infraestructuras como tuberías, estaciones de bombeo y reservorios (ARCA, 2022).

### **2.3.3 Índice de agua no contabilizada**

El índice de agua no contabilizada (IANC) constituye un indicador técnico fundamental en la evaluación del desempeño hidráulico y operativo de los sistemas de abastecimiento; se lo considera como la diferencia entre el volumen total de agua introducido en el sistema de distribución y el volumen efectivamente facturado a los usuarios por lo que este índice engloba tanto las pérdidas

físicas así como las pérdidas comerciales y se expresa generalmente en términos porcentuales lo que permite cuantificar las discrepancias entre la producción y el consumo registrado (EPA, 2013).

El índice de agua no contabilizada (IANC) en una red de distribución no debe superar un valor igual al 45% del volumen total de agua registrada en el macromedidor, de modo que, en caso de superarse este límite, el prestador del servicio deberá incorporar el porcentaje excedente al costo volumétrico mensual del servicio de agua potable, garantizando así la recuperación de los costos operativos asociados a dichas pérdidas (ARCA, 2018).

El balance hídrico es un registro que permite cuantificar y comparar el volumen total de agua que ingresa al sistema con el volumen consumido, de modo que posibilita identificar y clasificar las pérdidas físicas en la red, así como las pérdidas comerciales relacionadas con errores de medición o consumos no autorizados (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones [MOPC], 2012).

El ARCA (2018) establece la fórmula (9) que sirve para estimar el porcentaje de agua no contabilizada en la red de distribución.

$$IANC = \frac{PT - CT}{PT} * 100 \quad (9)$$

Donde:

IANC = Índice de agua no contabilizada (%).

PT = Producción anual total (m<sup>3</sup>/año).

CT = Consumo anual total facturado (m<sup>3</sup>/año).

La determinación del IANC tiene importancia en el análisis de consumos y dotaciones, ya que su magnitud influye directamente en la estimación de los volúmenes reales de agua aprovechables por la población, por lo que ignorar o subestimar este indicador puede conducir a sobreestimaciones en las dotaciones netas y a errores en el dimensionamiento del sistema, afectando la planificación de la demanda futura de agua potable; en este sentido, el control y la reducción del agua no contabilizada son componentes esenciales para garantizar la eficiencia hidráulica y la sostenibilidad en la distribución del recurso dentro de los sistemas de abastecimiento de agua potable (EPA, 2013).

Para lograr un control y reducción del agua no contabilizada, se recomienda efectuar inspecciones periódicas de la red para detectar y reparar fugas visibles, además de instalar válvulas reguladoras de presión que minimicen las pérdidas por sobrepresión; del mismo modo, es necesario contar con un catastro actualizado de usuarios y verificar la exactitud de los medidores con el fin de evitar errores de registro, mientras que el monitoreo continuo del balance hídrico contribuyen a identificar anomalías en la red y optimizar la eficiencia operativa del sistema (Rodríguez & Ángeles, 2017).

### 2.3.4 Índice de pérdidas por suscriptor facturado

El índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) es un indicador clave establecido para los prestadores de un servicio público de agua potable, ya que permite medir el volumen de pérdidas de agua por usuario de consumo en un período determinado, expresado en (m<sup>3</sup>/suscriptor/mes), cuyo objetivo es cuantificar tanto las pérdidas técnicas como las comerciales del sistema y, así, facilitar a las empresas prestadoras del servicio, establecer metas anuales de reducción de pérdidas con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, además su cálculo se fundamenta en la diferencia entre el volumen de agua suministrada y el volumen de agua facturada ajustada en función del número de suscriptores, por lo que su seguimiento resulta fundamental para evaluar el desempeño del sistema, el monitoreo del IPUF contribuye tanto a la sostenibilidad del servicio de agua potable como a una correcta asignación de costos en las tarifas aplicadas a los usuarios, promoviendo así una gestión más eficiente y transparente del recurso hídrico (CRA, 2014); para la determinación del IPUF, la ecuación (10) tomada del CRA nos permite calcular este valor en base a la producción de agua potable, consumo de agua potable y número de suscriptores promedio del año base.

$$IPUF = \frac{AS_0 - AF_{0,ac}}{N_{0,ac} * 12} \quad (10)$$

Donde:

IPUF = Índice de pérdidas por suscriptor facturado (m<sup>3</sup>/suscriptor/mes).

AS<sub>0</sub> = Producción anual total (m<sup>3</sup>/año).

AF<sub>0, ac</sub> = Consumo anual total facturado (m<sup>3</sup>/año).

$N_{0,ac}$  = Número de suscriptores domésticos promedio del año base.

### **2.3.4 Plan de control y reducción de pérdidas**

Un plan de control y reducción de pérdidas constituye una estrategia integral orientada a la gestión eficiente del agua no contabilizada en los sistemas de distribución, ya que su objetivo principal es identificar, cuantificar y minimizar tanto las pérdidas físicas asociadas a fugas en el sistema, así como las pérdidas comerciales derivadas de errores administrativos, mediciones inexactas o conexiones no autorizadas, y constituye una herramienta clave para mejorar la sostenibilidad operativa, económica y ambiental del servicio, puesto que permite optimizar el uso del recurso hídrico, reducir los costos de producción y fortalecer la eficiencia del sistema, además su aplicación contribuye a garantizar un suministro continuo y de calidad para los usuarios, promoviendo una gestión responsable y eficiente del agua potable (Cárdenas & Ríos, 2025).

Para implementar un plan de control y reducción de pérdidas es necesario iniciar con un diagnóstico del sistema mediante mediciones de caudal, presión y consumo, que permitan cuantificar el agua no contabilizada y distinguir entre pérdidas físicas y aparentes, posteriormente se deben definir acciones correctivas como la sectorización de la red, la instalación de macromedidores electromagnéticos y la calibración o reemplazo de micromedidores, además resulta fundamental fortalecer el mantenimiento preventivo y el control operativo del sistema, capacitar al personal técnico y promover la participación de los usuarios a través de campañas de concientización (Cárdenas & Ríos, 2025).

Un plan de control y reducción de pérdidas debe estructurarse en fases progresivas que incluyan la delimitación hidráulica del sistema mediante sectorización, la identificación de zonas críticas a partir del análisis de caudales mínimos, la localización sistemática de fugas visibles y no visibles, la priorización de reparaciones según el volumen recuperable y el riesgo operativo, así como la implementación de un sistema permanente de monitoreo y evaluación mediante indicadores de desempeño como el IANC y el IPUF, de modo que cada intervención pueda ser verificada cuantitativamente, además el plan debe contemplar un cronograma de ejecución, un presupuesto estimado, la asignación de responsabilidades técnicas y administrativas, y un esquema de seguimiento continuo que permita ajustar las acciones según los resultados obtenidos, garantizando así una reducción sostenida de pérdidas y una mejora progresiva en la eficiencia y confiabilidad del sistema de abastecimiento (Cárdenas & Ríos, 2025).

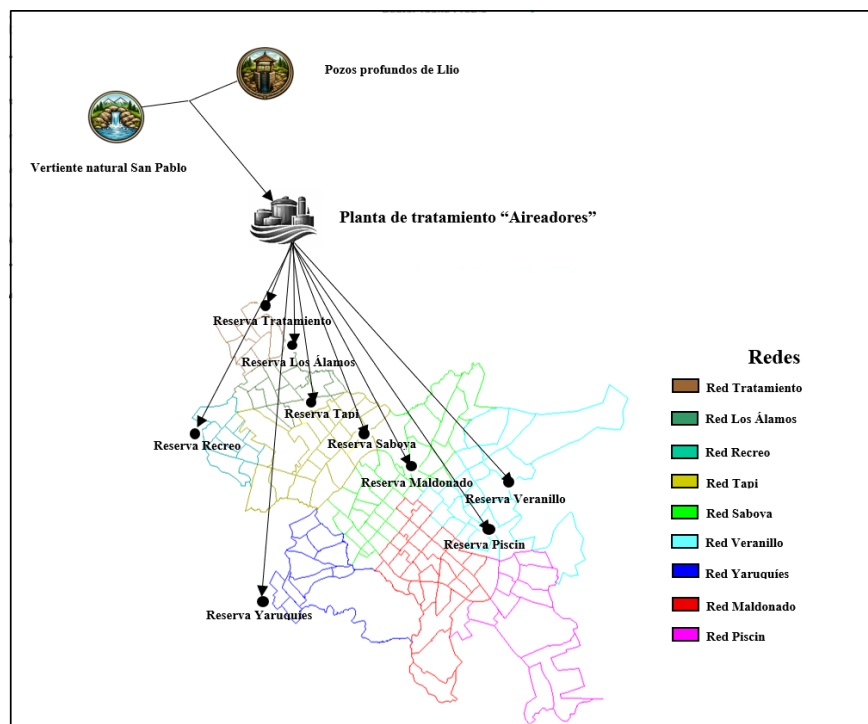
### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL SECTOR LOS ÁLAMOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

#### 3.1 Descripción general del sistema de agua potable Riobamba

##### 3.1.1 Fuentes de captación de la ciudad de Riobamba

El abastecimiento de la ciudad de Riobamba depende principalmente de dos fuentes de abastecimiento: la primera, que corresponde a siete pozos profundos que captan aguas subterráneas; y, la segunda, que proviene de una vertiente natural situada en San Pablo, de modo que ambas fuentes se integran en una misma línea de conducción que transporta el agua hasta la planta de tratamiento “Aireadores” desde donde la conducción se divide hacia varias reservas que, a su vez, distribuyen el caudal de manera independiente a las nueve redes de Riobamba, las cuales son Tratamiento, Los Álamos, Tapi, Saboya, Veranillo, Piscin, Maldonado, Yaruquies y Recreo (W. Villegas, comunicación personal, 24 de noviembre de 2025).

En la figura 1 se muestra un esquema de componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.



**Figura 1.** Esquema referencial de componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba.

Los pozos presentan distintas profundidades según el nivel freático, es así que los pozos 1 y 5 alcanzan una profundidad de 50 m, mientras que los pozos 2, 3 y 4 llegan a 70 m y, finalmente, los pozos 6 y 7 se extienden hasta los 90 m de profundidad; todos ellos están equipados con bombas sumergibles que operan a 40 HP para los pozos 1 y 5, con bombas de 60 HP para los pozos 2, 3 y 4 y por último para los pozos 6 y 7 se utilizan bombas de 75 HP para la extracción del recurso hídrico (B. Guevara, comunicación personal, 17 de noviembre de 2025).

En cuanto a la vertiente, el agua fluye por efecto de la pendiente natural a través de capas permeables del terreno hasta alcanzar un punto en el que el agua descarga naturalmente al exterior y se la conduce hacia la línea de aducción (B. Guevara, comunicación personal, 17 de noviembre de 2025).

En la figura 2 se puede observar la caseta de bombeo de los pozos profundos, mostrando sus principales componentes constructivos y la disposición típica empleada para la captación de aguas subterráneas.



**Figura 2.** Caseta de bombeo en pozo profundo.

### **3.1.2 Línea de conducción**

La línea de conducción que transporta de manera conjunta el agua proveniente de la vertiente natural y de los pozos profundos tiene una longitud aproximada de 9 km con un diámetro de tubería de 600 mm, dentro de los cuales existe un tramo cercano a 2 km donde la tubería no se encuentra enterrada debido a la presencia de una capa rocosa densa, razón por la cual se ha optado por instalar una cubierta de malla como protección frente a posibles impactos, mientras que en el resto del recorrido la tubería se encuentra enterrada hasta llegar a la planta de tratamiento Aireadores.

En la figura 3 se presenta un tramo de la línea de conducción que se encuentra expuesto, correspondiente al sistema que conduce el agua hacia la planta de tratamiento, permitiendo identificar las condiciones constructivas y el sistema de protección implementado.



**Figura 3.** Línea de conducción del sistema de captación.

### **3.1.3 Fuente de energía alterna**

Dado que el abastecimiento de agua potable constituye un servicio fundamental y considerando los cortes de energía ocurridos el año pasado, el sistema de pozos de Llio incorporó un generador propio para garantizar la continuidad operativa en los siete pozos ante emergencias o interrupciones eléctricas inesperadas, por lo que se instaló un generador modelo Caterpillar P750-1, además de contar con un regulador automático de voltaje que asegura la estabilidad eléctrica durante su funcionamiento; así mismo, el generador está conectado a un tanque de diésel con una capacidad de 2000 gal, cuyo consumo promedio se mantiene entre 10 y 12 gal/h, lo que, sumado al cumplimiento de las normas ISO 8528-3, IEC 60034-1 y 60034-5, y NEMA MG1-32 y MG1-33, garantiza su operación conforme a estándares internacionales de calidad y seguridad (B. Guevara, comunicación personal, 17 de noviembre de 2025).

En la figura 4 se presenta el generador eléctrico correspondiente al sistema de pozos profundos de Llio, el cual forma parte del equipamiento de respaldo destinado a garantizar la continuidad operativa del sistema de abastecimiento ante eventuales interrupciones del suministro eléctrico.



**Figura 4.** Generador de emergencia en el sistema de Llio.

### 3.1.4 Planta de tratamiento

El agua que abastece a las distintas redes de la ciudad de Riobamba proviene de la planta de tratamiento “Aireadores”. Desde la línea de conducción principal que parte del sistema de captación, el caudal ingresa a dos tanques rompe presiones, a partir de los cuales el flujo se divide en dos tuberías que alimentan un sistema de bandejas de aireación, el cual está conformado por dos torres, cada una de las cuales dispone de cuatro bandejas complementado con dos piscinas de aireación por aspersión y, debido a los desniveles existentes entre la fuente de captación, la línea de conducción y la planta de tratamiento, todo el sistema opera bajo el principio de flujo por gravedad.

En la figura 5 se presenta la infraestructura general correspondiente a la torre de aireación, mostrando su configuración y los elementos que la conforman dentro del sistema de tratamiento.



**Figura 5.** Infraestructura de la torre de aireación.

Después de pasar por las bandejas, el agua ingresa a dos piscinas de aireación por aspersión, en las cuales generan chorros mediante boquillas instaladas en las tuberías de PVC, cuyo propósito es

generar turbulencia para maximizar el contacto entre el agua y el aire para eliminar gases remanentes.

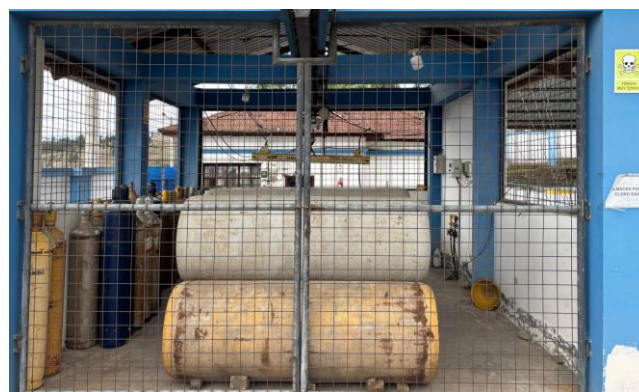
En la figura 6 se presenta el sistema de piscinas de aireación por aspersion, el cual forma parte del proceso de tratamiento.



**Figura 6.** Piscinas de aireación por aspersion.

Al momento de salir de las piscinas se dosifica gas cloro en el conducto de salida, el cual actúa como desinfectante principal y garantiza que permanezca un residual libre en la línea de conducción, protegiendo al agua de posibles contaminaciones.

En la figura 7 se presenta el depósito de cloración al cual únicamente tiene acceso el operador responsable de la planta de tratamiento con el fin de realizar el control, chequeo y dosificación.



**Figura 7.** Depósito de cloración de la planta de tratamiento Aireadores.

## 3.2 Descripción del subsistema de agua potable de Los Álamos

### 3.2.1 Reservas de agua potable

Una vez que el agua está potabilizada en la planta de tratamiento de “Aireadores”, se dirige a la reserva de Los Álamos, donde se almacena en dos tanques: el primero, con una capacidad de 1500 m<sup>3</sup> y el segundo con 2000 m<sup>3</sup>, ambos ubicados en la cota 2900 msnm.; estos tanques se encuentran conectados en paralelo, por lo que el agua converge hacia una única tubería de salida, de hierro dúctil con un diámetro de 500 mm (Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba [EP-EMAPAR], 2025a).

En la figura 8 se presentan los tanques A y B destinados al almacenamiento del agua que abastece al sector Los Álamos.



**Figura 8.** Tanques de la reserva Los Álamos.

### 3.2.2 Línea de conducción y redes de distribución

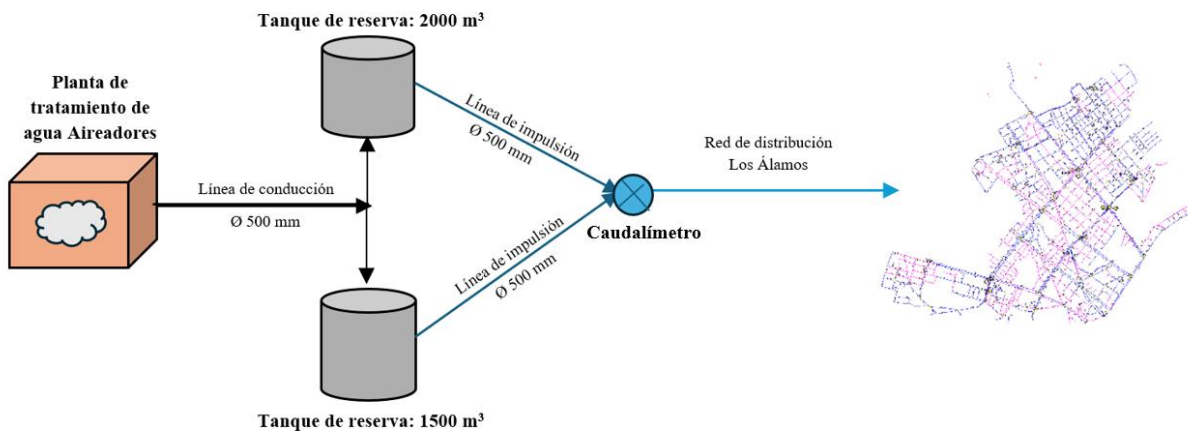
De los tanques de reserva el agua se transporta mediante una única línea de conducción conformada por una tubería de acero de 500 mm de diámetro y una longitud de 2084 m, la cual, a lo largo de su trazado previo a la conexión con la red de distribución, incorpora 14 codos de 45° y 3 codos de 90° en los distintos cambios de dirección y adicionalmente a una distancia aproximada de 80 m antes de llegar a la red de abastecimiento dispone de una válvula reguladora de presión debido a las elevadas presiones que se desarrollan en la conducción (EP-EMAPAR, 2025a).

Una vez incorporada a la red de distribución, el agua circula a través de tuberías de PVC en todo el sector, las cuales presentan reducciones progresivas de diámetro, de manera que hacia el noroeste la conducción inicial se realiza mediante tubería de 110 mm y al ingresar a la zona domiciliaria se reduce a 63 mm, mientras que hacia el suroeste la red presenta una reducción inicial

a 160 mm y conforme se aproxima a los domicilios disminuye igualmente a 63 mm, por su parte en el sentido norte-sur la tubería principal reduce su diámetro a 400 mm y posteriormente, al ramificarse en los distintos tramos domiciliarios, disminuye a 110 mm, finalmente todas las tuberías del sector llegan a las tomas domiciliarias con un diámetro de ½ pulgada y en el caso de otras edificaciones con un diámetro de ¾ de pulgada (O. Merino, comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

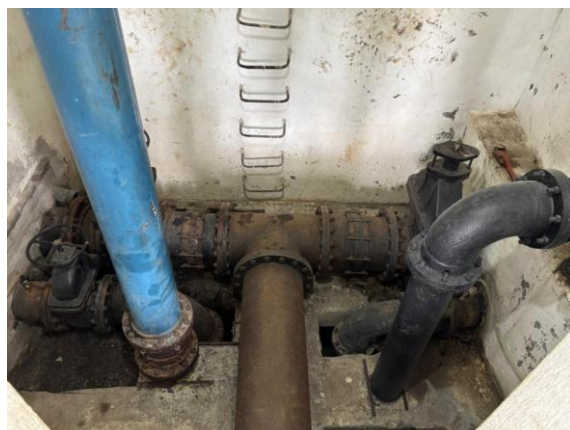
Cabe recalcar que, de acuerdo con el catastro de usuarios proporcionado por la EP-EMAPAR (2025a), la totalidad de los micromedidores instalados en el sector Los Álamos se encuentra registrada en buen estado de funcionamiento.

En la figura 9 se presenta un esquema general del subsistema correspondiente al sector Los Álamos desde la planta de tratamiento de Aireadores hasta la red de abastecimiento del sector.



**Figura 9.** Esquema general del subsistema del sector Los Álamos.

En la figura 10 se visualizan las dos tuberías que salen de los tanques A y B hacia una única conducción que transporta el agua hasta la red de abastecimiento.



**Figura 10.** Tuberías a la salida de las reservas.

Cuando eventualmente el sistema de cloración a base de gas cloro presenta fallas repentinas o deja de suministrar la dosis adecuada, diariamente se toma muestras de agua en los tanques con el fin de verificar el nivel de cloro residual y en caso de que dichos niveles no sean adecuados, el operador a cargo de la planta procede a adicionar cloro granulado en la cantidad que estime necesaria según el nivel medido para garantizar la correcta desinfección del agua (W. Villegas, comunicación personal, 17 de noviembre de 2025).

### **3.3 Macromedición y micromedición del sector Los Álamos**

#### **3.3.1 Macromedidor**

Los registros del caudal de salida de la reserva del sector Los Álamos se realizan en la tubería que conecta ambos tanques mediante un caudalímetro modelo MS 2500 el cual funciona mediante ultrasonido, fabricado por ISOIL Industria S.p.A., está diseñado para operar bajo una presión máxima de 225 psi y emplea conexiones por bridas ANSI 150; asimismo, admite temperaturas de funcionamiento de hasta 80 °C y dispone de un grado de protección IP67, lo que garantiza su resistencia al ingreso de polvo y a inmersiones temporales en agua (O. Merino, comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

En la figura 11 se presenta el modelo del caudalímetro y la disposición en la que se encuentra instalado sobre la tubería principal.



**Figura 11.** Caudalímetro ubicado en la tubería a la salida de los tanques de reserva hacia la red de distribución.

### 3.3.2 Transmisor de datos

El caudalímetro está conectado a un transmisor ISOIL ML 110, el cual procesa la señal mediante electrodos de acero inoxidable (3-AISI316L) cuando el flujo atraviesa el caudalímetro, lo que permite visualizar en tiempo real los registros del caudal saliente por la tubería; asimismo, la precisión de los datos depende del acoplamiento (COUPLING: 04P3202), que garantiza que el transmisor se encuentre emparejado y calibrado para el modelo específico del caudalímetro; de igual manera, la obtención de datos de macromedición se lleva a cabo mediante cuatro operadores que cubren la jornada de 24 horas en turnos rotativos, de modo que los registros se toman cada hora en litros por segundo e incluyen la verificación del nivel de cloro en caso de que la dosificación desde la planta de tratamiento resulte insuficiente; además, aunque la medición es horaria, la reserva de Los Álamos debe reportar diariamente a las 12:00 cualquier novedad vinculada con las lecturas o con el funcionamiento general del sistema (O. Merino, comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

En la figura 12 se presenta el modelo del transmisor ISOIL, encargado de procesar y transmitir los datos generados por el caudalímetro hacia el sistema de lectura y registro correspondiente.



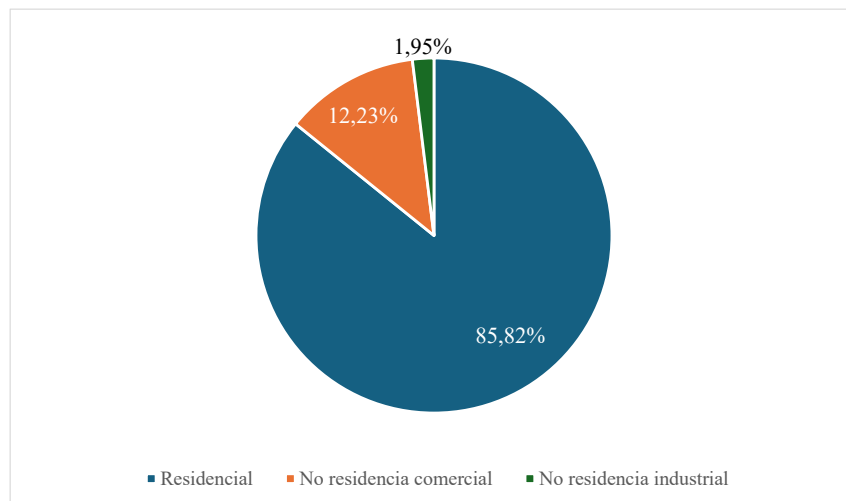
**Figura 12.** Transmisor ISOIL utilizado para la toma de datos.

### 3.4 Usuarios del servicio

El sector Los Álamos cuenta con tres tipos de usuarios del servicio, correspondientes al consumo residencial, al consumo no residencial de tipo comercial y al consumo no residencial de tipo industrial, siendo el consumo residencial el predominante en el sector, seguido por el consumo no residencial comercial y finalmente por el consumo no residencial industrial, jerarquía que se mantiene constante a lo largo de los tres años considerados en el análisis.

La ciudad de Riobamba, a través de la EP-EMAPAR, clasifica a sus usuarios del servicio de agua potable y saneamiento en dos categorías principales, conforme a la Sustitutiva al Reglamento de Prestación de Servicios de la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EP-EMAPAR, en el mismo se establece la categoría residencial para hogares o inmuebles destinados únicamente a vivienda, sin el desarrollo de actividades productivas art. 37, y la categoría no residencial para predios donde se ejecutan actividades comerciales o industriales, como hoteles, restaurantes, oficinas privadas y talleres art. 38; en conjunto con la definición de categorías prevista en el art. 36, esta clasificación aporta un marco uniforme y aplicable en el cantón para la facturación y el control del servicio reglamento (EP-EMAPAR, 2024, arts. 36–38).

En la figura 13 se presenta un gráfico tipo pastel correspondiente al periodo de análisis de 2022-2024 en el cual se muestran los porcentajes representativos de cada tipo de usuario.



**Figura 13.** Distribución de usuarios según su categoría en el periodo de análisis de 2022-2024 (EP-EMAPAR, 2025a).

### **3.5 Catastro de usuarios**

El catastro de usuarios del sector Los Álamos constituye una herramienta operativa utilizada por la EP-EMAPAR para el registro y control de información del servicio de agua potable, ya que en la muestra presentada Anexo 2 se consignan variables como el número de cuenta, el año y el mes de lectura, el código/lectura “actual”, el consumo, los impagos, la categoría de consumo, así como datos de organización del sistema (por ejemplo, ciclo, sector, ruta) y la dirección del predio. Además, el catastro incorpora información asociada al medidor, como el código del medidor y registros de novedad/condición, junto con una descripción del estado, y también incluye coordenadas (X, Y), lo cual facilita la verificación en campo y el control de lecturas cuando se detectan valores atípicos.

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1 Selección del área de investigación**

Para la selección del área de investigación se consideraron varios factores clave, entre ellos que el sector cuente con una red independiente, de manera que los volúmenes registrados en la macromedición correspondan al mismo volumen cubierto por la micromedición, garantizando así coherencia en los datos analizados; aunque no se dispone con información como la antigüedad de los medidores, el catastro de usuarios muestra el estado de funcionamiento de los mismos y que éstos se encuentran en buen estado.

El sector de investigación pertenece a la zona urbana de la ciudad de Riobamba y la mayoría de los usuarios del servicio corresponde a la categoría residencial la cual según los datos provistos por la EP-EMAPAR (2025b) representa aproximadamente el 85 % del total de usuarios, mientras que el porcentaje restante se distribuye entre los consumos comercial e industrial del sector; en la Figura 14 se presenta un esquema del área de servicio del sector Los Álamos.



**Figura 14.** Esquema del área de servicio del sector Los Álamos

## 4.2 Metodología

La metodología empleada inicia con la recopilación de datos de producción y consumo de agua potable correspondientes al sector Los Álamos para el período comprendido entre enero de 2022 y diciembre de 2024 en el cual, para los datos de producción y debido a que no se dispone de un macromedidor con registro automático al momento de la solicitud de la información estos fueron tabulados manualmente por los operadores de la EP-EMAPAR viendo el valor anotado en las fichas de registro donde se reflejaba el valor del transmisor en la hora que se tomó el registro, que corresponden al volumen de agua saliente medido por un único caudalímetro ubicado en la tubería que conecta ambos tanques de reserva y conduce el agua hacia la red de distribución mientras que los datos de consumo de agua potable se obtuvieron a partir de los registros de los micromedidores instalados en las acometidas domiciliarias de los usuarios activos del sector de estudio, garantizando así una base de información coherente para el análisis del comportamiento de la demanda.

Los registros de macromedición fueron entregados en una hoja electrónica de Excel con una disposición organizada en columnas por meses y con registros horarios lo que implica que cada día cuenta con 24 mediciones y que para cada año se dispone de un total de 8760 registros, sin embargo para un análisis adecuado fue necesario reorganizar esta información concentrando todos los valores en una sola columna con el fin de facilitar su procesamiento y el cálculo de resultados, además dichos registros fueron proporcionados en unidades de (l/s) por lo que se realizó en una columna adicional la conversión correspondiente a ( $m^3/h$ ) de manera que la producción anual pudiera analizarse en la misma unidad que los consumos totales, lo cual resulta fundamental para

la determinación del índice de agua no contabilizada que evalúa la diferencia entre la producción y la demanda de agua potable, finalmente una vez obtenida la producción total anual en metros cúbicos se procedió a calcular los parámetros hidráulicos necesarios para el análisis tales como el caudal medio diario anual ( $Q_{md_a}$ ) así como los caudales máximo diario (QMD) y máximo horario (QMH) correspondientes a cada año de estudio

Para el análisis de los datos de micromedición entregados por la EP-EMAPAR (2025b) en una hoja electrónica de Excel, se inició con una depuración de la información a fin de analizar datos anómalos presentes como filas con valores de 0 y 1 o registros con consumos desproporcionados que no correspondían a valores reales de consumo, los cuales según el jefe del departamento de pérdidas era debido a problemas en las tomas domiciliarias debido a un fallo eléctrico o una medida fuera de rango. Posteriormente los datos de consumo que fueron proporcionados en una sola columna y que incluían todos los meses y usuarios del sector se reorganizaron separándolos por año y ordenándolos por número único de usuario con el objetivo de evitar errores en el conteo total de usuarios; una vez estructurada la base de datos y mediante el uso de fórmulas de Excel fue posible asignar a cada usuario su consumo correspondiente en el mes respectivo, de modo que con la información ya ordenada se facilitó la aplicación de filtros para el cálculo de la dotación bruta, la dotación neta total y las dotaciones netas por tipo de usuario de consumo.

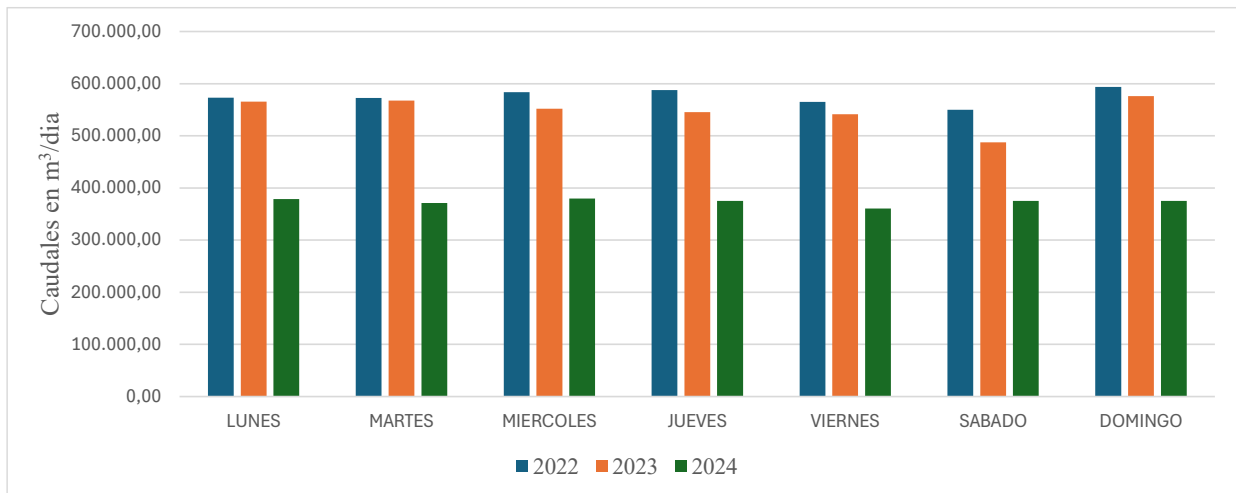
Para la obtención de los histogramas, se ordenaron todos los datos de macromedición de cada año en una sola columna, de modo que fue posible filtrar la información de manera más eficiente para la elaboración de los diferentes histogramas y, conjuntamente con las funciones del programa Excel, determinar los valores máximos tanto horarios como diarios; para el cálculo del caudal máximo diario fue necesario sumar los registros correspondientes a las 24 horas de cada día del año y, una vez obtenido este valor, aplicar un filtro que permitiera identificar el máximo diario, mientras que para las dotaciones netas y brutas se sumaron los consumos mensuales y el consumo anual, y posteriormente, mediante filtros por categoría de consumo y considerando la población servida, se determinaron las dotaciones correspondientes, para el cálculo de los factores de caudal máximo diario y máximo horario se necesita realizar la división del caudal máximo diario y el caudal máximo horario para el caudal medio diario anual; finalmente, para el cálculo del IANC y el IPUF, contando con los datos de macromedición, micromedición, número de personas por usuario y número de usuarios por categoría, se procedió a la determinación de dichos índices.

## 4.3 Presentación de resultados

### 4.3.1 Histogramas de consumo bruto

#### 4.3.1.1 Histograma de consumo bruto en semana típica

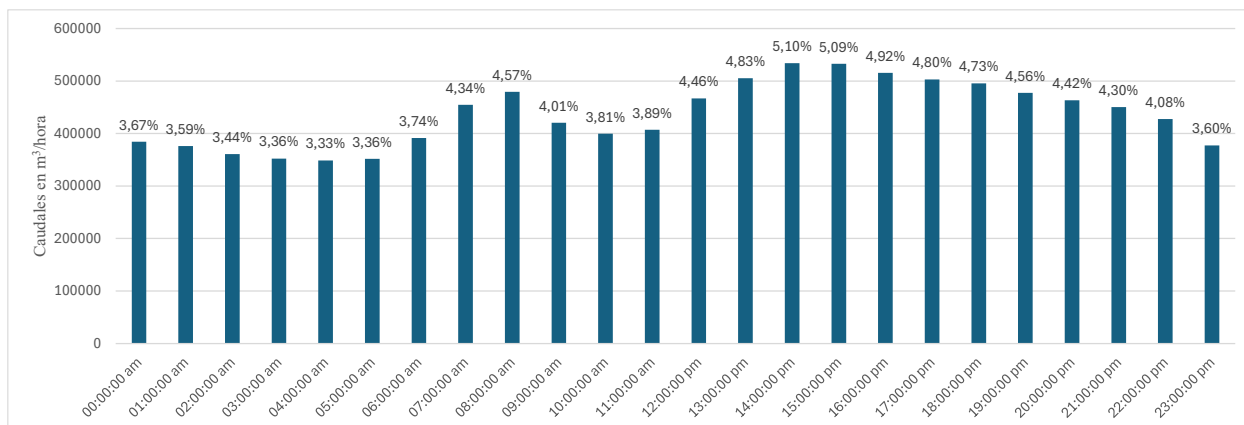
Para el análisis de los patrones de consumo en una semana típica se elaboró un histograma de consumo bruto correspondientes al periodo de análisis; este procedimiento tuvo como finalidad agrupar y sumar los consumos registrados para cada día de la semana a lo largo de todo el año; cabe recalcar que la unidad se encuentra en  $m^3/día$ , pero el análisis es a lo largo de todo el año, con el objetivo de identificar el día en el que se presenta el mayor nivel de demanda, en la Figura 15, se presenta el histograma de consumo bruto en la semana típica para del periodo 2022 a 2024 que fue elaborado a partir de los datos presentados en la tabla del Anexo 3.1.



**Figura 15.** Histograma de consumo bruto en semana típica del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

#### 4.3.1.2 Histogramas de consumo anual por hora del día

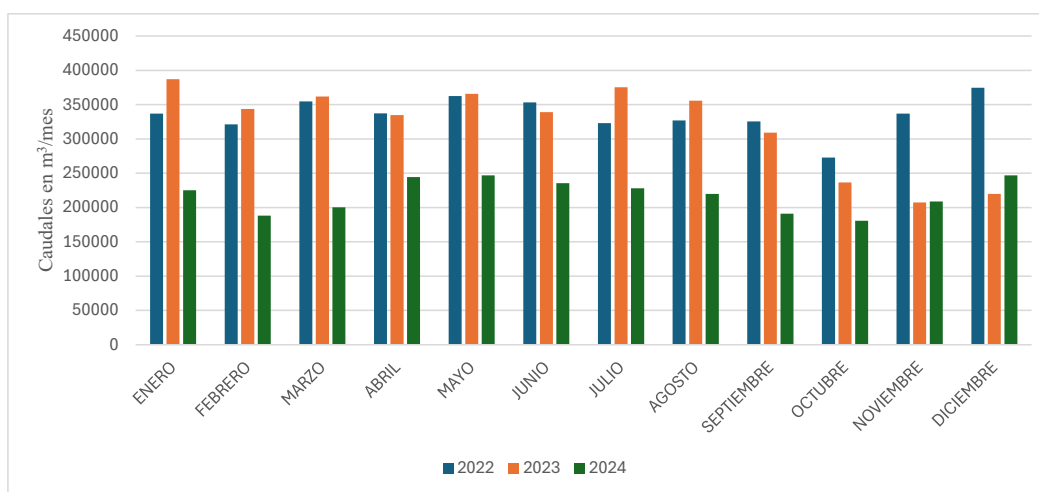
Un factor muy importante es también identificar en qué hora a lo largo del año se tuvo un mayor consumo y cuál fue la distribución horaria del consumo, para lo cual el consumo se expresa en  $m^3/h$ , pero corresponde a valores acumulados horarios a lo largo del año. En la Figura 16 se presenta el histograma de consumo horario acumulado del periodo 2022 a 2024 que fue elaborado a partir de los datos presentados en la tabla del Anexo 3.2.



**Figura 16.** Histograma de consumo horario del período 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

### 4.3.1.3 Histogramas de consumo mensual

Con el fin de determinar el comportamiento mensual del consumo a lo largo del año y establecer el mes de mayor demanda, la Figura 17 presenta el histograma correspondiente al consumo mensual del periodo comprendido de 2022 a 2024 que fue elaborado a partir de los datos presentados en la tabla del Anexo 3.3.

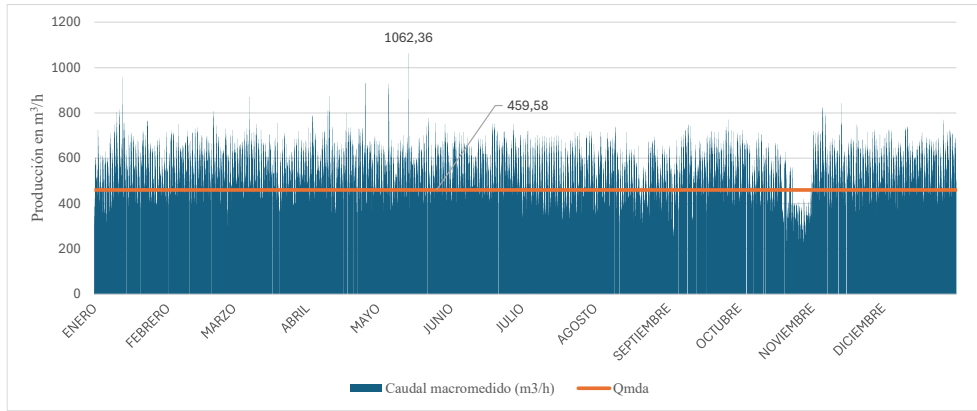


**Figura 17.** Histograma de consumo mensual del período 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

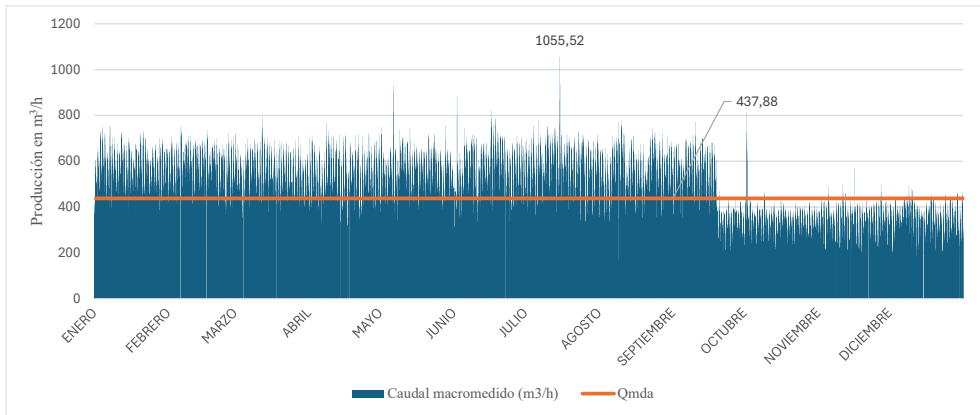
### 4.3.2 Factores de mayoración

Para la determinación de los factores de mayoración correspondientes al caudal máximo diario y al caudal máximo horario, lo primero que se realizó fue la elaboración de histogramas tanto de los consumos brutos horarios como de los consumos brutos diarios para cada año de análisis; de esta manera fue posible identificar los valores de caudal pico asociados a la hora de mayor consumo y

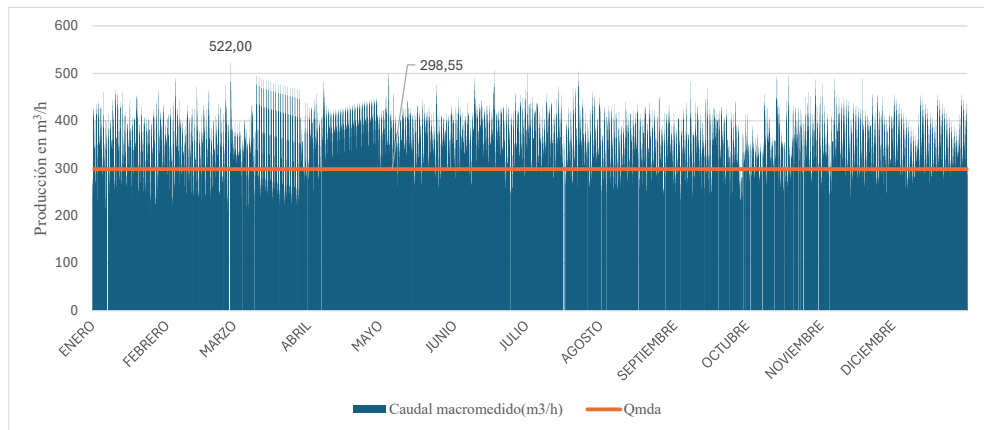
al día de mayor demanda respectivamente, por lo que en las Figuras 18, 19 y 20 se presentan los histogramas de consumos brutos horarios correspondientes a los años 2022, 2023 y 2024.



**Figura 18.** Histograma de consumo bruto horario del año 2022 (EP-EMAPAR, 2025b).



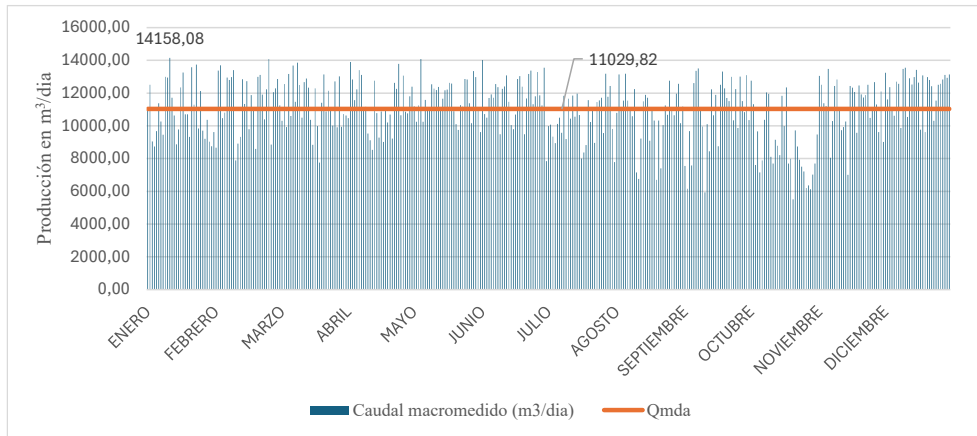
**Figura 19.** Histograma de consumo bruto horario del año 2023 (EP-EMAPAR, 2025b).



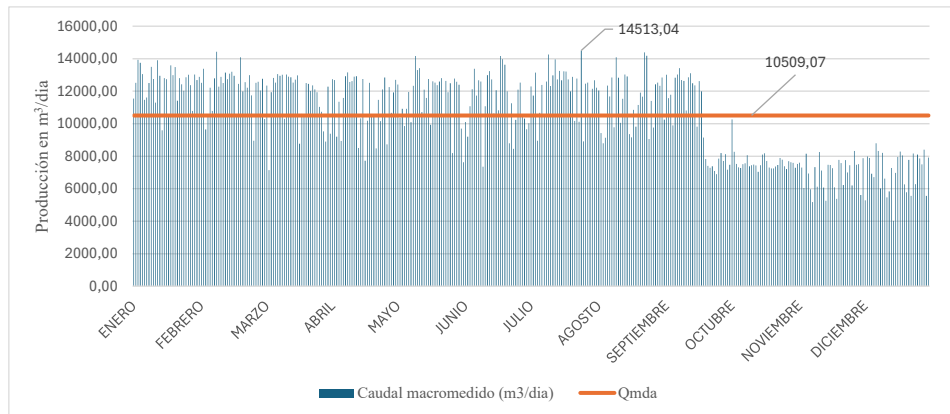
**Figura 20.** Histograma de consumo bruto horario del año 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

El mayor consumo horario en el año 2022 se presentó entre las 00:00 y 01:00 del 14 de mayo; en el año 2023 se presentó entre las 12:00 y 13:00 del 15 de julio, y en el año 2024 se presentó entre las 15:00 y 16:00 del 27 de febrero.

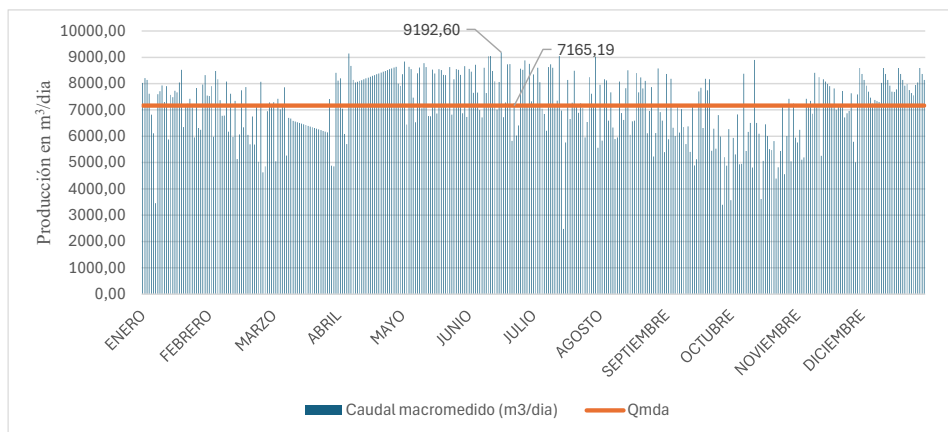
En las Figuras 21, 22 y 23 se muestran los histogramas de consumos brutos diarios para los mismos años de estudio.



**Figura 21.** Histograma de consumo bruto diario del año 2022 (EP-EMAPAR, 2025b).



**Figura 22.** Histograma de consumo bruto diario del año 2023 (EP-EMAPAR, 2025b).



**Figura 23.** Histograma de consumo bruto diario del año 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

El mayor consumo diario en el año 2022 se presentó el 11 de enero; en el año 2023 se presentó el 25 de julio, y en el año 2024 se presentó el 17 de junio.

Una vez obtenidos los histogramas, se identificaron los valores correspondientes a los caudales máximo diario y máximo horario de los años 2022, 2023 y 2024, y una vez contando con el caudal medio diario anual, se estimaron los factores de mayoración. En la Tabla 3 se presenta un resumen de los factores de mayoración para caudal máximo horario y en la Tabla 4 el resumen de los factores de mayoración para caudal máximo diario.

**Tabla 3.** Resumen de los factores de mayoración de caudal máximo horario (EP-EMAPAR, 2025b).

Año	Qmda (m <sup>3</sup> /h)	QMH (m <sup>3</sup> /h)	Factor de caudal máximo horario (FQMH)	Promedio (FQMH)
2022	459,58	1.062,36	2,31	2,16
2023	437,88	1.055,52	2,41	
2024	298,55	522,00	1,75	

**Tabla 4.** Resumen de los factores de mayoración de caudal máximo diario (EP-EMAPAR, 2025b).

Año	Qmda (m <sup>3</sup> /d)	QMD (m <sup>3</sup> /d)	Factor de caudal máximo diario (FQMD)	Promedio (FQMD)
2022	11.029,82	14.158,08	1,28	1,32
2023	10.509,07	14.513,04	1,38	
2024	7.165,19	9.192,60	1,28	

### 4.3.3 Dotaciones brutas y netas

Para realizar el cálculo de las dotaciones fue necesario determinar el número de personas por usuario existente en el cantón Riobamba, para lo que se emplearon los datos del último censo realizado en noviembre de 2022 provistos por el INEC (2022), considerando la población total del cantón que es de 260.882 habitantes junto con el porcentaje de cobertura del servicio de agua potable que corresponde al 94,80% y complementando esta información con los datos proporcionados por la EP-EMAPAR (2025b) referentes al número total de usuarios domésticos en noviembre de 2022 (fecha del censo) que fue de 46.924 usuarios; de esta manera se obtuvo una población servida de 247.316 habitantes y finalmente al dividir dicha población para el número total de usuarios del cantón, se obtuvo como resultado 5,27 habitantes por usuario.

Para el cálculo de las dotaciones bruta y neta durante el periodo de análisis fue necesario determinar previamente la producción anual y el consumo neto por parte de los usuarios, así como el número promedio de usuarios residenciales con el fin de estimar la población servida del sector Los Álamos, de manera que, a partir de esta información, se obtuvieron los valores correspondientes a cada año de estudio. En las Tablas 5, 6 y 7 se presenta un resumen de las dotaciones netas y de la dotaciones brutas mensuales y totales correspondientes a los años 2022, 2023 y 2024 respectivamente.

**Tabla 5.** Resumen de dotaciones netas y brutas del año 2022 (EP-EMAPAR, 2025b).

Dotaciones netas y brutas del año 2022															
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio mensual anual	Total anual	
Número de usuarios	Residencial	4223	4229	4237	4274	4289	4295	4301	4316	4338	4345	4355	4364	4298	4298
	Comercial	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	Industrial	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
	Total	4917	4923	4931	4968	4983	4989	4995	5010	5032	5039	5049	5058	4992	4992
Número de personas por usuario residencial	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	
Población servida total (hab)	22.255	22.287	22.329	22.524	22.603	22.635	22.666	22.745	22.861	22.898	22.951	22.998	22.650	22.650	
Consumo neto (m <sup>3</sup> /mes)	Residencial	129.738,00	123.370,00	116.877,00	108.490,00	122.981,00	115.931,00	111.143,00	112.332,00	109.759,00	117.961,00	119.043,00	121.217,00	117.403,50	1.408.842,00
	Comercial	26.656,00	26.769,00	26.043,00	23.376,00	33.928,00	27.950,00	27.868,00	26.835,00	27.275,00	34.161,00	32.659,00	30.251,00	28.647,58	343.771,00
	Industrial	3.640,00	3.835,00	3.888,00	3.352,00	4.405,00	2.826,00	3.221,00	3.843,00	3.491,00	3.889,00	3.654,00	3.906,00	3.662,50	43.950,00
Consumo total (m <sup>3</sup> /mes)	160.034,00	153.974,00	146.808,00	135.218,00	161.314,00	146.707,00	142.232,00	143.010,00	140.525,00	156.011,00	155.356,00	155.374,00	149.713,58	1.796.563,00	
Producción (m <sup>3</sup> /mes)	336.877,98	321.421,14	354.580,92	337.149,21	362.431,80	353.387,34	322.906,68	327.020,40	325.685,88	272.855,52	336.801,96	374.763,96	335.490,23	4.025.882,79	
Dotación neta (l/hab*d)	Residencial	188,05	197,70	168,85	160,55	175,51	170,73	158,18	159,31	160,04	166,18	172,90	170,02	170,67	170,41
	Comercial	38,64	42,90	37,62	34,59	48,42	41,16	39,66	38,06	39,77	48,12	47,43	42,43	41,57	41,58
	Industrial	5,28	6,15	5,62	4,96	6,29	4,16	4,58	5,45	5,09	5,48	5,31	5,48	5,32	5,32
Dotación neta total (l/hab*d)	231,96	246,74	212,09	200,11	230,22	216,05	202,42	202,82	204,90	219,78	225,64	217,93	217,56	217,31	
Dotación bruta (l/hab*d)	488,29	497,31	512,25	498,95	517,25	520,42	459,55	463,79	474,87	384,39	489,16	525,65	485,99	486,96	

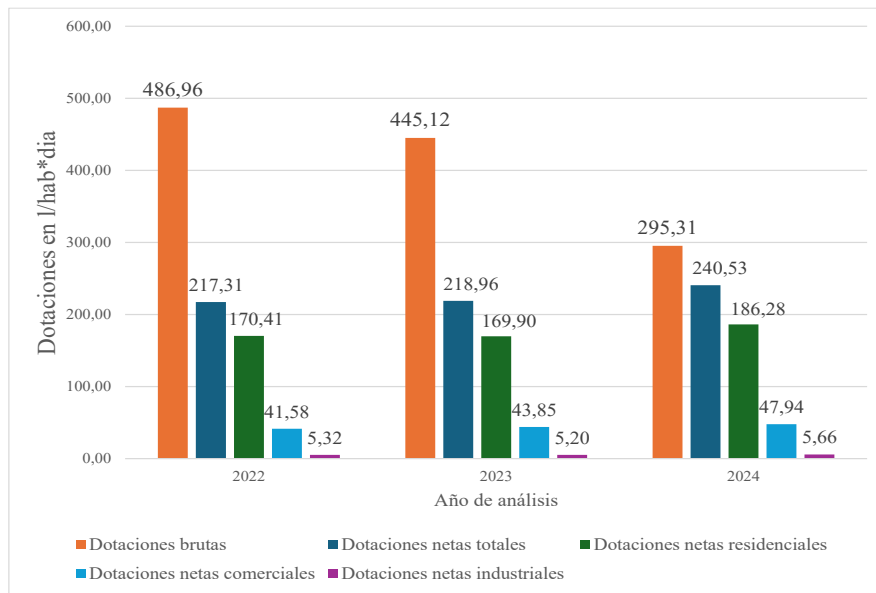
**Tabla 6.** Resumen de las dotaciones netas y dotación bruta para el año 2023 (EP-EMAPAR, 2025b).

Dotaciones netas y brutas del año 2023															
Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio mensual anual	Total anual
Número de usuarios	Residencial	4381	4405	4432	4451	4463	4473	4488	4500	4528	4535	4546	4555	4480	4480
	Comercial	621	621	621	621	621	621	621	621	621	621	621	621	621	621
	Industrial	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Total	5102	5126	5153	5172	5184	5194	5209	5221	5249	5256	5267	5276	5201	5201
Número de personas por usuario residencial		5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27
Población servida total (hab)		23.088	23.214	23.357	23.457	23.520	23.573	23.652	23.715	23.863	23.899	23.957	24.005	23.610	23.610
Consumo neto (m <sup>3</sup> /mes)	Residencial	123.585,00	113.650,00	101.368,00	134.532,00	116.257,00	130.996,00	124.436,00	121.687,00	131.208,00	114.314,00	121.126,00	130.929,00	122.007,33	1.464.088,00
	Comercial	32.914,00	27.923,00	21.797,00	34.905,00	32.159,00	35.409,00	34.643,00	32.184,00	29.156,00	28.307,00	34.270,00	34.224,00	31.490,92	377.891,00
	Industrial	4.285,00	3.372,00	2.679,00	4.405,00	3.491,00	4.121,00	3.727,00	3.427,00	3.564,00	3.764,00	4.087,00	3.926,00	3.737,33	44.848,00
	Total	160.784,00	144.945,00	125.844,00	173.842,00	151.907,00	170.526,00	162.806,00	157.298,00	163.928,00	146.385,00	159.483,00	169.079,00	157.235,58	1.886.827,00
Consumo total (m <sup>3</sup> /mes)		160.784,00	144.945,00	125.844,00	173.842,00	151.907,00	170.526,00	162.806,00	157.298,00	163.928,00	146.385,00	159.483,00	169.079,00	157.235,58	1.886.827,00
Producción (m <sup>3</sup> /mes)		386.903,52	343.639,80	361.878,84	334.787,40	365.700,60	338.972,76	375.288,12	355.600,44	309.282,48	236.610,72	207.455,04	219.690,72	319.650,87	3.835.810,44
Dotación neta (l/hab*d)	Residencial	172,67	174,85	140,00	191,18	159,45	185,24	169,72	165,52	183,28	154,29	168,53	175,94	170,06	169,90
	Comercial	45,99	42,96	30,10	49,60	44,11	50,07	47,25	43,78	40,73	38,21	47,68	45,99	43,87	43,85
	Industrial	5,99	5,19	3,70	6,26	4,79	5,83	5,08	4,66	4,98	5,08	5,69	5,28	5,21	5,20
	Total	224,65	222,99	173,80	247,04	208,34	241,13	222,05	213,96	228,99	197,58	221,90	227,21	219,14	218,95
Dotación neta total (l/hab*d)		224,65	222,99	173,80	247,04	208,34	241,13	222,05	213,96	228,99	197,58	221,90	227,21	219,14	218,95
Dotación bruta (l/hab*d)		540,58	510,44	499,79	475,75	501,56	479,33	511,85	483,70	432,03	319,36	288,64	295,22	444,86	445,12

**Tabla 7.** Resumen de las dotaciones netas y dotación bruta para el año 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Dotaciones netas y brutas del año 2024															
Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio mensual anual	Total anual
Número de usuarios	Residencial	4568	4569	4572	4580	4589	4595	4600	4615	4621	4639	4644	4649	4604	4604
	Comercial	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641
	Industrial	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
	Total	5316	5317	5320	5328	5337	5343	5348	5363	5369	5387	5392	5397	5352	5352
Número de personas por usuario residencial		5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27
Población servida total (hab)		24073	24079	24094	24137	24184	24216	24242	24321	24353	24448	24474	24500	24263	24263
Consumo neto (m <sup>3</sup> /mes)	Residencial	130.641,00	130.662,00	149.329,00	138.847,00	129.149,00	148.592,00	137.193,00	130.185,00	143.449,00	134.257,00	137.126,00	144.747,00	137.848,08	1.654.177,00
	Comercial	34.598,00	33.792,00	37.093,00	39.116,00	35.200,00	39.480,00	37.626,00	32.174,00	31.661,00	33.263,00	35.090,00	36.594,00	35.473,92	425.687,00
	Industrial	4.089,00	3.894,00	4.092,00	4.424,00	3.747,00	4.620,00	3.995,00	4.081,00	4.974,00	4.162,00	3.801,00	4.407,00	4.190,50	50.286,00
	Total	169.328,00	168.348,00	190.514,00	182.387,00	168.096,00	192.692,00	178.814,00	166.440,00	180.084,00	171.682,00	176.017,00	185.748,00	177.512,50	2.130.150,00
Consumo total (m <sup>3</sup> /mes)		169.328,00	168.348,00	190.514,00	182.387,00	168.096,00	192.692,00	178.814,00	166.440,00	180.084,00	171.682,00	176.017,00	185.748,00	177.512,50	2.130.150,00
Producción (m <sup>3</sup> /mes)		225.171,00	188.155,44	200.422,80	244.340,28	246.868,56	235.553,76	227.882,16	219.792,24	190.965,60	180.578,45	208.856,88	246.708,00	2.615.295,17	2.615.295,17
Dotación neta (l/hab*d)	Residencial	175,06	187,12	199,92	191,75	172,27	204,54	182,56	172,67	196,35	177,15	186,77	190,58	186,39	186,28
	Comercial	46,36	48,39	49,66	54,02	46,95	54,35	50,07	42,67	43,34	43,89	47,79	48,18	47,97	47,94
	Industrial	5,48	5,58	5,48	6,11	5,00	6,36	5,32	5,41	6,81	5,49	5,18	5,80	5,67	5,66
	Total	226,90	241,09	255,06	251,88	224,22	265,24	237,94	220,76	246,49	226,53	239,73	244,56	240,03	240,53
Dotación neta total (l/hab*d)		226,90	241,09	255,06	251,88	224,22	265,24	237,94	220,76	246,49	226,53	239,73	244,56	240,03	240,53
Dotación bruta (l/hab*d)		301,73	269,46	268,33	337,44	329,29	324,24	303,24	291,52	261,39	238,27	284,46	324,83	294,52	295,31

Con el fin de mostrar el comportamiento de las dotaciones durante el periodo de análisis se elaboró un histograma que muestra de manera visual el crecimiento de las dotaciones netas y brutas en base a las Tablas 7, 8 y 9, así como la disminución de la dotación bruta durante el periodo de análisis; en la Figura 24 se muestra un histograma de las dotaciones netas y brutas para el periodo de análisis 2022 a 2024.



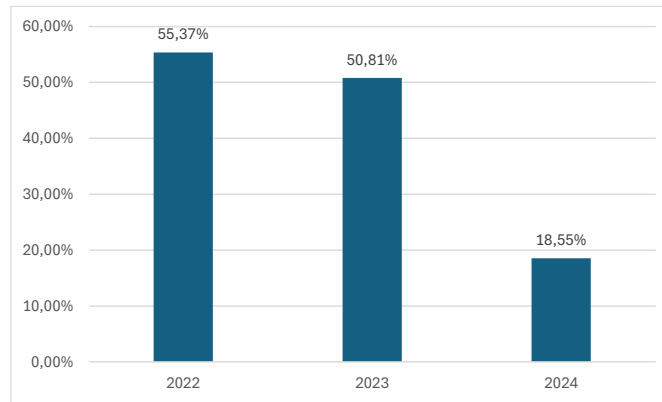
**Figura 24.** Histograma de dotaciones para el periodo de análisis 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

#### 4.3.5 Índice de agua no contabilizada (IANC)

Para determinar el índice de agua no contabilizada en el sector Los Álamos se realizó un análisis comparativo de la producción mensual y del consumo mensual, lo que permitió identificar los meses en los que se registraron mayores pérdidas de agua, así como el IANC anual; en la Tabla 8 se presenta un resumen del índice de agua no contabilizada correspondiente al periodo de análisis 2022 a 2024 y en la Figura 25 se muestran los porcentajes anuales del IANC.

**Tabla 8.** Resumen de índice de agua no contabilizada (EP-EMAPAR, 2025b).

Índice de agua no contabilizada (IANC)															
Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio mensual anual	Total anual
Consumo mensual (m <sup>3</sup> /mes)	2022	160.034,00	153.974,00	146.808,00	135.218,00	161.314,00	146.707,00	142.232,00	143.010,00	140.525,00	156.011,00	155.356,00	155.374,00	149.713,58	1.796.563,00
	2023	160.784,00	144.945,00	125.844,00	173.842,00	151.907,00	170.526,00	162.806,00	157.298,00	163.928,00	146.385,00	159.483,00	169.079,00	157.235,58	1.886.827,00
	2024	169.328,00	168.348,00	190.514,00	182.387,00	168.096,00	192.692,00	178.814,00	166.440,00	180.084,00	171.682,00	176.017,00	185.748,00	177.512,50	2.130.150,00
Producción mensual (m <sup>3</sup> /mes)	2022	336.877,98	321.421,14	354.580,92	337.149,21	362.431,80	353.387,34	322.906,68	327.020,40	325.685,88	272.855,52	336.801,96	374.763,96	335.490,23	4.025.882,79
	2023	386.903,52	343.639,80	361.878,84	334.787,40	365.700,60	338.972,76	375.288,12	355.600,44	309.282,48	236.610,72	207.455,04	219.690,72	319.650,87	3.835.810,44
	2024	225.171,00	188.155,44	200.422,80	244.340,28	246.868,56	235.553,76	227.882,16	219.792,24	190.965,60	180.578,45	208.856,88	246.708,00	217.941,26	2.615.295,17
Índice de agua no contabilizada (%)	2022	52,49%	52,10%	58,60%	59,89%	55,49%	58,49%	55,95%	56,27%	56,85%	42,82%	53,87%	58,54%	55,11%	55,37%
	2023	58,44%	57,82%	65,22%	48,07%	58,46%	49,69%	56,62%	55,77%	47,00%	38,13%	23,12%	23,04%	48,45%	50,81%
	2024	24,80%	10,53%	4,94%	25,36%	31,91%	18,20%	21,53%	24,27%	5,70%	4,93%	15,72%	24,71%	17,72%	18,55%



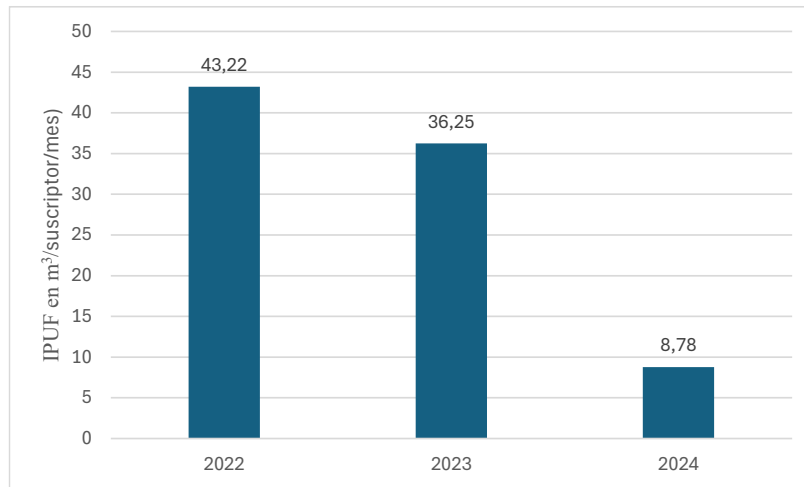
**Figura 25.** Porcentaje de IANC del periodo de análisis 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

#### 4.3.6 Índice de pérdida por suscriptor facturado (IPUF)

Para determinar el índice de pérdidas por suscriptor facturado en el sector Los Álamos se realizó un análisis mensual y anual de la producción y el consumo dividiendo por el número de usuarios domésticos del periodo de análisis; en la Tabla 9 se presenta un resumen del índice de pérdidas por suscriptor facturado correspondiente al periodo de análisis 2022 a 2024 y en la Figura 26 se muestran los valores anuales del IPUF

**Tabla 9.** Resumen de índice de pérdidas por suscriptor facturado (EP-EMAPAR, 2025b).

Índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF)															
Mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio mensual anual	Total anual
Número promedio de usuarios residenciales	2022	4223	4229	4237	4274	4289	4295	4301	4316	4338	4345	4355	4364	4298	4298
	2023	4381	4405	4432	4451	4463	4473	4488	4500	4528	4535	4546	4555	4480	4480
	2024	4568	4569	4572	4580	4589	4595	4600	4615	4621	4639	4644	4649	4604	4604
Consumo mensual (m <sup>3</sup> /mes)	2022	160.034,00	153.974,00	146.808,00	135.218,00	161.314,00	146.707,00	142.232,00	143.010,00	140.525,00	156.011,00	155.356,00	155.374,00	149.713,58	1.796.563,00
	2023	160.784,00	144.945,00	125.844,00	173.842,00	151.907,00	170.526,00	162.806,00	157.298,00	163.928,00	146.385,00	159.483,00	169.079,00	157.235,58	1.886.827,00
	2024	169.328,00	168.348,00	190.514,00	182.387,00	168.096,00	192.692,00	178.814,00	166.440,00	180.084,00	171.682,00	176.017,00	185.748,00	177.512,50	2.130.150,00
Producción mensual (m <sup>3</sup> /mes)	2022	336.877,98	321.421,14	354.580,92	337.149,21	362.431,80	353.387,34	322.906,68	327.020,40	325.685,88	272.855,52	336.801,96	374.763,96	335.490,23	4.025.882,79
	2023	386.903,52	343.639,80	361.878,84	334.787,40	365.700,60	338.972,76	375.288,12	355.600,44	309.282,48	236.610,72	207.455,04	219.690,72	319.650,87	3.835.810,44
	2024	225.171,00	188.155,44	200.422,80	244.340,28	246.868,56	235.553,76	227.882,16	219.792,24	190.965,60	180.578,45	208.856,88	246.708,00	217.941,26	2.615.295,17
Índice de pérdidas por suscriptor facturado (m <sup>3</sup> /suscriptor/mes)	2022	41,88	39,59	49,04	47,25	46,89	48,12	42,01	42,63	42,68	26,89	41,66	50,27	43,24	43,22
	2023	51,61	45,11	53,26	36,16	47,90	37,66	47,34	44,07	32,10	19,90	10,55	11,11	36,40	36,25
	2024	12,22	4,34	2,17	13,53	17,17	9,33	10,67	11,56	2,35	1,92	7,07	13,11	8,79	8,78



**Figura 26.** Valores del IPUF del periodo de análisis 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

#### 4.3.5 Plan de control y reducción de pérdidas

Los niveles de IANC para el año 2024 presentan valores bastante aceptables, pero en búsqueda de obtener un sistema más eficiente se propone un programa de reducción de pérdidas para reducir estos indicadores.

Problemática identificada	Indicador del último año	Valor del indicador	Unidad del indicador	Programa de control de pérdidas
Agua producida que no se factura (pérdidas reales + aparentes).	IANC	18,55	%	Cierre hidráulico del sector y balance hídrico local .
Pérdidas por suscriptor altas frente a referencia (CRA ≤ 6).	IPUF	8,78	m³/suscriptor/mes	Ciclo rápido de fugas por subred/ruta.
La dotación bruta aún refleja margen de ineficiencia	Dotación bruta total	295,31	l/hab·día	Operación por demanda del sector y gestión de presiones

- a) **Cierre hidráulico del sector y balance hídrico local:** se plantea establecer rutinas periódicas de evaluación de indicadores como el IANC, el caudal mínimo nocturno y la relación entrada–consumo, de manera que variaciones significativas activen inspecciones de campo inmediatas, mientras que en paralelo se propone estandarizar la operación de los tanques de reserva y documentar todas las maniobras operativas, con el fin de evitar reboses, descargas no controladas y errores de interpretación en los datos, contribuyendo así a una reducción progresiva y sostenida del índice de agua no contabilizada.
- b) **Ciclo rápido de fugas por subred/ruta:** para reducir el IPUF en el sector Los Álamos se propone un enfoque operativo por rondas basado en la subdivisión del sector en subsectores, los cuales serán intervenidos de manera sistemática, de modo que en cada subsector se realice la medición del caudal mínimo nocturno para identificar pérdidas activas, seguido de un barrido focalizado de detección de fugas y posteriormente se prioricen las reparaciones en función del volumen potencial de agua recuperable y no únicamente por orden de reporte, mientras que finalmente se ejecute una verificación post–reparación mediante nuevas mediciones nocturnas o control de presiones para confirmar la reducción del caudal, complementando este proceso con un protocolo operativo que garantice la atención de fugas visibles en un plazo máximo de 24 a 72 horas, lo cual permitirá una disminución progresiva, controlada y medible del IPUF.
- c) **Operación por demanda del sector y gestión de presiones:** El objetivo es que el sector opere con presiones y caudales ajustados a la demanda real, considerando que las pérdidas aumentan con la presión, por lo que se propone diseñar una curva operativa horaria propia del sector y regular el suministro mediante válvulas o control de bombeo para evitar sobrepresiones en horas de baja demanda, mientras que para garantizar su control se instalan puntos de monitoreo de presión en zonas alta, media y baja y se define un rango operativo objetivo, de modo que cualquier desviación active ajustes operativos y registro de maniobras, complementando este esquema con la revisión sistemática de consumos atípicos como disparadores de inspección, lo cual permitirá reducir fugas, estabilizar el servicio en horas pico y evitar la sobreproducción destinada a compensar pérdidas.

## 4.4 Análisis de resultados

### 4.4.1 Análisis de histogramas de consumo bruto

En lo que respecta al consumo durante una semana típica, y a partir del histograma presentado en la Figura 15 respaldados por los datos del Anexo 3.1, los días de mayor consumo registraron valores de 593.843,76 m<sup>3</sup>/día, 576.019,44 m<sup>3</sup>/día y 379.760,04 m<sup>3</sup>/día, correspondientes a los días domingo, domingo y miércoles, con un promedio general para el periodo 2022–2024 de 516.541,08 m<sup>3</sup>/día, de modo que para los años 2022 y 2023 el día de mayor consumo correspondió al domingo, lo cual se considera un comportamiento habitual en el sector de estudio debido a que en esta jornada las actividades domésticas asociadas al uso del agua aumentan y además se intensifica la actividad comercial, sin embargo en el año 2024 se observa un comportamiento atípico dado que el día de mayor consumo es el miércoles, presentando una reducción del 34,07% respecto al valor registrado en 2023 y una reducción del 36,05% respecto del valor del año 2022, lo que evidencia posiblemente una transición hacia un sistema más eficiente y ajustado a la demanda real de los usuarios.

Realizando un análisis del histograma presentado en la Figura 16, se puede identificar que la hora de mayor consumo de agua para el periodo de análisis 2022 a 2024 se presenta entre las 14:00 y las 15:00; este comportamiento se explica por las dinámicas cotidianas de la ciudad de Riobamba, como por ejemplo el caso de los estudiantes, cuyos horarios de clases suelen concluir alrededor de las 13:00, lo que implica su retorno al domicilio para realizar actividades como el aseo personal y otras labores domésticas que incrementan el consumo de agua; de manera similar, estos horarios coinciden con los periodos de descanso de una parte significativa de los trabajadores, lo que refuerza este patrón de demanda.

En la Figura 17 cuyos valores se pueden observar en el Anexo 3.3, se observa que los caudales mensuales de 2022 se mantienen relativamente estables durante la mayor parte del año, con un descenso en octubre 272.855,52 m<sup>3</sup>/mes y un máximo en diciembre 374.763,96 m<sup>3</sup>/mes, para 2023 se registran los mayores volúmenes en enero 386.903,52 m<sup>3</sup>/mes y julio 375.288,12 m<sup>3</sup>/mes; sin embargo, desde octubre se evidencia una caída y sostenida que pasa de 236.610,72 a 207.455,04 m<sup>3</sup>/mes, asociada a un cambio operativo del sistema, por último para el año 2024 los caudales se sitúan en un rango menor de 180.578 a 246.869 m<sup>3</sup>/mes, con el mínimo nuevamente en octubre 180.578,45 m<sup>3</sup>/mes y valores más altos en mayo y diciembre con 246.868,56 y 246.708 m<sup>3</sup>/mes

respectivamente; por lo que en conjunto, el patrón sugiere una transición hacia una producción más controlada y mejor ajustada a la demanda del sector.

Los histogramas de las Figuras 18 a la 23 muestran variaciones asociadas a los picos de mayor y menor consumo, de modo que los caudales medios diarios anuales fueron de 11029.82 m<sup>3</sup>/d en 2022, 10509.07 m<sup>3</sup>/d en 2023 y 7165.19 m<sup>3</sup>/d en 2024, mientras que el promedio del periodo 2022–2024 alcanzó 9568,07 m<sup>3</sup>/d. En el año 2023 se evidencia una disminución considerable del caudal macromedido a partir de octubre debido a un comportamiento atípico de los consumos que posteriormente fue aclarado mediante entrevista con el jefe del Departamento de Control de Fugas y Pérdidas, quien indicó que hasta septiembre 2023 la producción superaba ampliamente a la demanda y provocaba que los tanques del sector alcanzaran niveles de rebose, lo que generaba riesgos estructurales por el incremento de la columna de agua y además producía pérdidas operacionales porque el rebose descargaba al alcantarillado combinado, por lo que la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba había decidido suspender temporalmente el bombeo desde los tres pozos en Llio cerrando la válvula principal de la línea de impulsión y complementando la medida con una válvula de alivio para evitar presiones residuales, esta reducción provocó una disminución del caudal macromedido para finales del 2023 en adelante sin embargo estas variaciones en producción no generaron cambios en los consumos los cuales se mantuvieron estables durante los tres años analizados (O. Merino, comunicación personal, 10 de diciembre de 2025).

#### **4.4.2 Análisis de factores de mayoración**

Los resultados obtenidos para los factores de mayoración de caudal máximo diario (FQMD) evidencian un comportamiento variable a lo largo del periodo analizado, pues se obtuvieron valores de 1,28 para el año 2022, 1,38 para el año 2023, 1,28 para el año 2024 y 1,32 como promedio del periodo de análisis de 2022–2024; en los años 2022 y 2024 el factor se mantiene ligeramente por debajo del rango recomendado por la norma INEN (1992), el cual establece valores entre 1,3 y 1,5, situación que puede estar asociada a una menor concentración de picos de demanda, mientras que en el año 2023 el FQMD se encuentra dentro del rango establecido en la norma; y, al considerar el promedio del periodo completo se observa que este se encuentra dentro de los valores determinados en la norma, lo que indica que el rango normativo permitiría incorporar un margen adicional de seguridad frente a incrementos inesperados en la demanda.

En cuanto a los factores de mayoración de caudal máximo horario (FQMH), los resultados evidencian una mayor dispersión y, en algunos casos, desviaciones más significativas respecto a los valores de referencia establecidos por el INEN (1992), el cual establece rangos entre 2 y 2,3, pues los valores obtenidos fueron 2,31 para el año 2022, 2,41 para el año 2023, 1,75 para el año 2024 y un factor promedio de 2,16 para el periodo de análisis de 2022 a 2024, lo que sugiere que el sistema experimenta demandas máximas horarias regulares; el aumento observado en 2023 y la disminución marcada en 2024 pueden atribuirse a variaciones en los patrones horarios de uso, a cambios operativos en la gestión del caudal y a ajustes en la distribución del suministro; aun así el promedio del periodo analizado se mantiene dentro de los límites establecidos por la norma, lo que sugiere que adoptar esos valores permitirá diseñar sistemas capaces de responder adecuadamente a las demandas pico sin comprometer la continuidad ni la calidad del servicio. No obstante, se aclara que, la norma INEN (1992) establece que los rangos antes analizados son recomendados para los casos en que no se disponga de un estudio de demanda en la localidad.

#### **4.4.3 Análisis de dotaciones**

Los resultados obtenidos a partir del promedio de los resultados anuales de las dotaciones brutas totales presentadas en las Tablas 5, 6 y 7, nos da como resultados una dotación bruta promedio mensual anual de 485,99 l/hab·día para el año 2022, 444,86 l/hab·día para el año 2023, 294,52 l/hab·día para el año 2024 y 408,46 l/hab.día como promedio general para el periodo de análisis de 2022 a 2024, evidenciándose un incremento progresivo en la eficiencia del sistema; sin embargo, la brecha observada en el período anterior y posterior a octubre 2023 se podría explicar principalmente por el elevado volumen de agua no facturada, originado en desvíos de agua realizados para evitar el rebose de los tanques de almacenamiento, lo que ocasionó que más de la mitad del agua producida no sea registrada como consumo durante ese periodo; en este contexto, el año 2024 representaría un escenario cercano a una producción ajustada a la demanda real de agua por parte de los usuarios del sector Los Álamos.

Los resultados obtenidos a partir del promedio anual de las dotaciones netas totales presentadas en las Tablas 5, 6 y 7 evidencian una tendencia de crecimiento, ya que la dotación neta promedio mensual anual alcanza 217,56 l/hab·día para el año 2022, 219,14 l/hab·día en el año 2023, 240,03 l/hab·día en el año 2024 y 225.58 l/hab·día como promedio general para el periodo de análisis de 2022 a 2024, comportamiento que sugiere un aumento leve y progresivo del consumo per cápita

en el sistema, el cual puede estar asociado a cambios en los hábitos de consumo de la población o al incremento de actividades no residenciales; asimismo, a pesar de que se ha experimentado un ligero aumento de la población servida durante el mismo periodo, la dotación neta no presenta una reducción, lo que indica que el crecimiento demográfico no ha provocado una disminución con respecto al consumo unitario.

Al comparar las dotaciones netas obtenidas con los valores establecidos por la norma INEN (1992) se observa que, las dotaciones recomendadas cuando no existen estudios de demanda para zonas de clima frío y para ciudades de más de 50000 habitantes, como es el caso de la ciudad de Riobamba es mayor que 200 l/hab·día, por lo podemos ver que hay correspondencia con respecto al valor normativo.

#### **4.4.4 Análisis del índice de agua no contabilizada e índice de pérdidas por suscriptor facturado**

Los resultados del índice de agua no contabilizada (IANC) muestran una mejora progresiva en el desempeño del sistema de abastecimiento, ya que, como se observa en la tabla 8, se obtuvieron valores promedio mensuales anuales de 55,11% para el año 2022, 48,45% para el año 2023, 17,72% para el año 2024 y 40,42% como promedio general para el periodo de análisis 2022–2024, lo que indica que en los dos primeros años alrededor de la mitad del volumen de agua producido no fue facturado, situación que se asocia a problemas como fugas en la red, conexiones clandestinas y errores de medición, lo que podría estar reflejando una baja eficiencia operativa en el prestador del servicio, mientras que en el año 2024 se observa un descenso significativo del IANC, reducción que se atribuye al control del volumen de salida hacia los tanques de reserva desde la planta de tratamiento debido al problema de sobreproducción registrado a finales del 2023, ajuste operativo que permitió estabilizar la relación entre la producción y la demanda real, lo que evidencia una mejora sustancial de la eficiencia del sistema durante el último año analizado.

Bajo los estándares establecidos por el ARCA (2018) que establece que el índice de agua no contabilizada es inaceptable cuando es mayor que 45%, los valores de IANC en los años 2022 y 2023 superan ese límite, mientras que en el año 2024 se logró cumplir con dicho objetivo; por otra parte, según Hammer y Hammer Jr. (2012), para que un sistema pueda considerarse verdaderamente efectivo las pérdidas aceptables deben oscilar entre el 15% y el 20% del agua producida, razón por la cual, en vista de la importante reducción alcanzada en 2024, el sistema en

ese año estaría cumpliendo con este criterio de la literatura técnica; por otro lado, el RAS (2010) establece que el porcentaje de pérdidas admisibles no debe superar el 25%, de modo que, siguiendo la tendencia observada en 2024, la red del sector Los Álamos se ubicaría dentro de este rango.

Para el IPUF se obtuvieron valores que evidencian un cambio significativo a lo largo del periodo de análisis, ya que en el año 2022 se registró un valor promedio mensual de 43,24 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes y en 2023 éste disminuyó a 36,40 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, lo que representa una reducción aproximada del 16%, mientras que en 2024 el valor descendió de manera drástica hasta 8,79 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, equivalente a una reducción aproximada del 76%, lo cual refleja una mejora en la eficiencia del sistema; no obstante, es importante señalar que los valores correspondientes a 2022 y 2023 son considerablemente altos dado que el CRA (2014) establece que el valor del IPUF para determinar la eficiencia de un sistema debe ser igual o menor a 6 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, por lo que en ninguno de los tres años se cumple este criterio, aunque en 2024 el indicador se aproxima de manera significativa al valor de referencia, evidenciando un avance importante en la eficiencia del sistema.

#### **4.4.5 Análisis del coeficiente de variación (CV)**

El coeficiente de variación (CV) permite interpretar cuán estable o variable es una serie mensual, ya que expresa la dispersión de los datos en proporción a su media, de modo que mientras mayor sea el valor del CV, mayor será la fluctuación relativa observada, por lo que para facilitar su interpretación se emplean rangos de referencia en los cuales un CV menor al 10% se considera bajo, entre 10% y 20% medio, entre 20% y 30% alto y superior al 30% muy alto, lo que indica una variabilidad marcada y, por consiguiente, una menor consistencia del indicador analizado (Ferreira et al., 2018).

En base a lo calculado en las tablas de los Anexos 6.1-6.5, la dotación bruta presenta un CV = 27%, correspondiente a una variabilidad alta, lo que indica que el volumen bruto del sistema no se comportó de forma estable mes a mes y que la media del periodo está acompañada de fluctuaciones relevantes, comportamiento coherente con la presencia de cambios operativos y ajustes en la producción que modifican el volumen bruto sin afectar necesariamente el consumo real; en contraste, la dotación neta total y la dotación neta residencial presentan CV = 8%, valores clasificados como bajos, lo que sugiere que el consumo neto facturable per cápita se mantuvo relativamente homogéneo a lo largo del periodo y que la demanda del usuario final fue más estable

que la dotación bruta; por su parte, la dotación neta comercial muestra un  $CV = 10\%$  y la dotación neta industrial un  $CV = 11\%$ , correspondientes a una variabilidad media, lo que refleja una mayor sensibilidad a factores como la actividad económica, la estacionalidad y las dinámicas productivas.

En los indicadores de pérdidas, el coeficiente de variación calculado en base a la tabla del Anexo 6.6 evidencia con mayor claridad la inestabilidad del fenómeno, ya que el IANC presenta un CV del periodo de aproximadamente  $54,53\%$ , valor que corresponde a una variabilidad muy alta ( $>30\%$ ), lo que indica que el porcentaje de agua no contabilizada no se mantuvo constante a lo largo del tiempo, sino que presentó fluctuaciones mensuales significativas respecto a su media, comportamiento característico de sistemas donde ocurren eventos puntuales, tales como cambios operativos, episodios de sobreproducción y descargas no controladas, fugas relevantes o ajustes en los procesos de medición, los cuales impactan de forma más intensa en el indicador que las variaciones propias de la demanda de los usuarios.

El IPUF presenta un coeficiente de variación aproximado del  $70\%$  según lo calculado en la tabla del Anexo 6.7, valor que corresponde a una variabilidad muy alta, lo cual indica que las pérdidas por suscriptor experimentaron oscilaciones mensuales muy marcadas, comportamiento que suele asociarse a la presencia de meses con pérdidas controladas y otros con incrementos súbitos derivados de fugas localizadas, reparaciones intermitentes, ajustes operativos o cambios en la calidad de la medición, por lo que este nivel de dispersión implica que el valor promedio del IPUF no representa adecuadamente el comportamiento real del sistema y que resulta necesario analizar los meses críticos para identificar la causa operativa dominante.

## **5.1 Conclusiones**

- El sector Los Álamos se localiza en la zona urbana de la ciudad de Riobamba, la cual es abastecida por dos fuentes de abastecimiento pertenecientes a la ciudad: una vertiente natural ubicada en el sector San Pablo; y, un sistema de siete pozos profundos en el sector de Llío, cuya extracción se realiza mediante bombas sumergibles; la infraestructura de reserva del sector Los Álamos dispone de una capacidad total de almacenamiento de  $3500 \text{ m}^3$ , distribuida en dos tanques, lo que permite abastecer a una población aproximada de 27 470 habitantes, correspondiente a un total de 5212 usuarios registrados hasta el año 2024.
- Desde los tanques de reserva hasta el sector Los Álamos se dispone de una única línea de conducción de acero, que transporta el agua proveniente de ambos tanques, la cual presenta

una longitud total de 2084 m y un diámetro de 500 mm; la red de distribución del sector Los Álamos está conformada en su totalidad por tuberías de PVC, donde la mayor parte de las conexiones residenciales utilizan tuberías de ½ pulgada de diámetro, mientras que las edificaciones correspondientes a consumos no residenciales, como locales comerciales y actividades industriales, disponen generalmente de tuberías de ¾ de pulgada de diámetro.

- En el sector Los Álamos se determinó que los factores de mayoración de caudal máximo diario se ubican en un rango entre 1,28 y 1,38 para el periodo de análisis, por lo que se encuentran prácticamente dentro de los límites establecidos por la norma INEN (1992) que, ante ausencia de datos, recomienda valores entre 1,3 y 1,5, lo cual indica que la adopción de estos valores responde bastante bien a los valores realmente medidos; sin embargo, los factores de mayoración de caudal máximo horario presentan valores entre 1,75 y 2,41, que no se ajustan completamente a las recomendaciones de la normativa, que, ante ausencia de datos, recomiendan valores entre 2 y 2,3.
- Las dotaciones netas totales del sector Los Álamos fueron 217,31 l/hab·día para el año 2022, 218,95 l/hab·día para el año 2023 y 240,53 l/hab·día para el año 2024, con un promedio de 225,60 l/hab·día. Estos valores cumplen con lo establecido en la norma INEN (1992) para ciudades de clima frío y >50.000 habitantes, la cual aplica cuando no existen estudios locales de demanda. En contraste, las dotaciones brutas alcanzaron 486,96 para el año 2022, 445,12 para el año 2023 y 295,31 l/hab·día para el año 2024, con un promedio de 409,13 l/hab·día, evidenciando una reducción marcada hacia 2024.
- En el período de análisis se estimaron índices de agua no contabilizada promedio mensual de 55,11%, 48,45% y 17,72 % para los años 2022, 2023 y 2024 respectivamente, lo que evidencia una mejora progresiva en la eficiencia del sistema; además, para el último año de diseño el valor obtenido se encuentra dentro del estándar establecido por el ARCA (2018), el cual establece que el IANC no debe sobrepasar el 45 %.
- En el período de análisis se estimaron valores promedio mensuales de IPUF de 43,24, 36,40 y 8,79 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes para los años 2022, 2023 y 2024, respectivamente, lo que evidencia una reducción sostenida y, por tanto, una mejora progresiva en la eficiencia del sistema; sin embargo, para los tres años el indicador aún se mantiene por encima del valor de referencia propuesto por el CRA (2014) ( $\leq 6$  m<sup>3</sup>/suscriptor/mes), aunque en 2024 se observa un acercamiento significativo a dicho umbral.

## 5.2 Recomendaciones

- Instalar un macromedidor electromagnético que registre de manera automática los caudales a la salida del tanque y que permita almacenar la información o transferirla directamente a una hoja electrónica, con el fin de contar con datos más confiables, continuos y ordenados para el análisis de consumos de agua potable en el sistema.
- Implementar un programa integral de control y reducción de pérdidas, orientado a mejorar de manera sostenida la eficiencia hidráulica y operativa del sistema de abastecimiento.
- Complementar el catastro de usuarios incorporando información específica de micromedidores como la antigüedad y el estado de funcionamiento, lo cual permitirá identificar equipos obsoletos o que requieran revisión.
- Desarrollar una campaña de concientización dirigida a los usuarios del sector, con el propósito de fomentar el reporte oportuno de fugas y problemas en las lecturas de consumo.
- Continuar con este tipo de investigaciones para caracterizar con mayor precisión los patrones reales de consumo, lo que permitirá optimizar los criterios de diseño hidráulico, reducir la incertidumbre en la estimación de caudales de diseño y contribuir al desarrollo de sistemas de agua potable más eficientes, seguros y acordes con las condiciones locales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2018). *Normativa técnica para el establecimiento de criterios técnicos y actuariales para la determinación de costos sostenibles en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento y, para la fijación de tarifas por los prestadores públicos de estos.*
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2022). *Regulación de uso eficiente del agua. Guía de formulación del balance hídrico metodología IWA.*
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2023a). *Guía técnica para la fijación de: tarifas de los servicios de agua potable y saneamiento provistos por prestadores comunitarios.*
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2023b). *Normativa técnica para el establecimiento de los criterios técnicos y actuariales para la fijación de tarifas en la prestación del servicio de riego, por parte de los prestadores públicos.* Quito.
- Álvarez, D., Arias, E., Araque, M., Avilés, E., Borja, X., Cuarán, F., Fernández, G., García, D., Prehn, C., Valdiviezo, J., Vásconez, M. (2022). *Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable.* Editorial Universitaria Abya-Yala.
- American Water Works Association [AWWA]. (1997). *ANSI/AWWA D103-97: Standard for Factory-Coated Bolted Steel Tanks for Water Storage.* Denver.
- American Water Works Association [AWWA]. (2012). *Water distribution systems handbook.* New York : McGraw-Hil.
- Cárdenas, C., & Ríos, C. (2025). *Metodología para cualificar, cuantificar, controlar y minimizar las pérdidas de agua en los sistemas de distribución de agua en zonas rurales de la sierra ecuatoriana, caso de estudio: parroquia San Vicente, cantón el Pan, provincia de Azuay.*
- CDM Smith. (2020). *Section 5: Estimated Water Usage and Wastewater Flows (en Wastewater Needs Assessment).* Obtenido de <https://www.lclwd.com/wp-content/uploads/2020/12/Section-5-Estimated-Water-Usage-and-Wastewater-Flows.pdf>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX]. (s.f). *Datos - Hidrogeología.* Obtenido de Hispagua: <https://hispagua.cedex.es/datos/hidrogeologia#5>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico [CRA]. (2014). *Resolución CRA 688 de 2014. Metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana.*

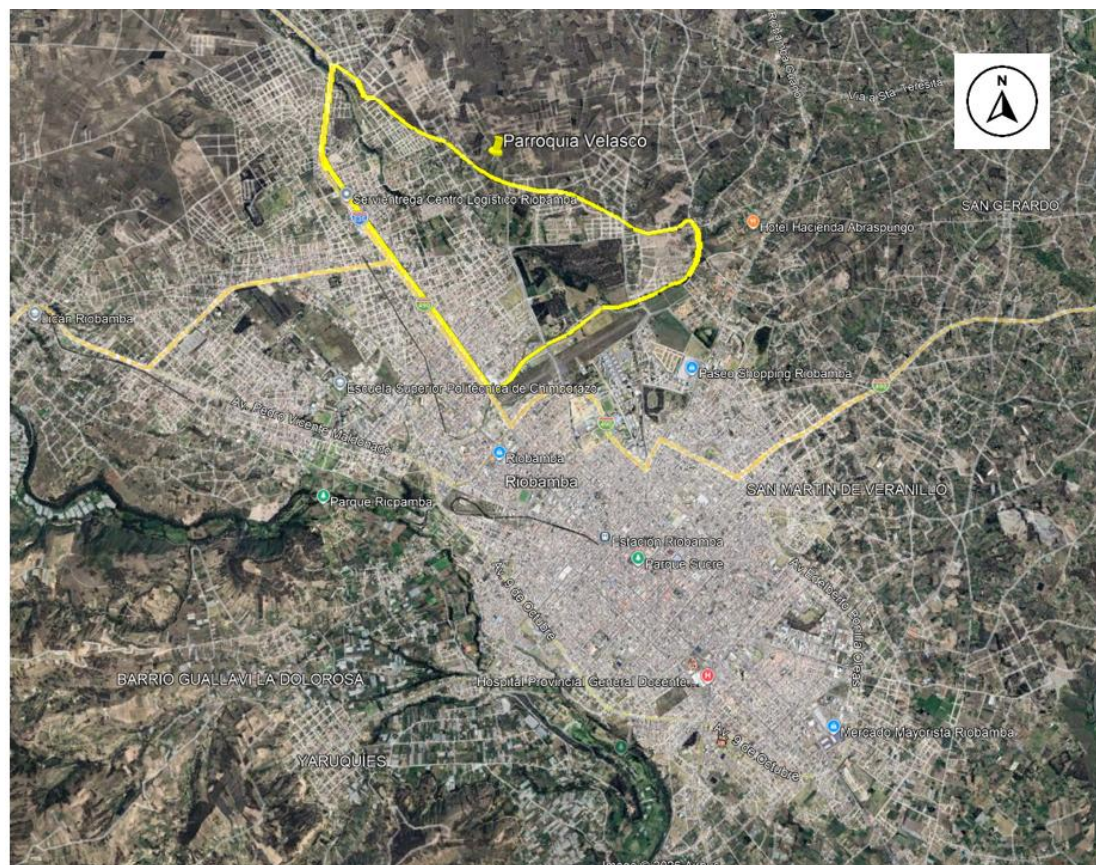
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado (libro 4)*.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015a). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de plantas potabilizadoras de tecnología simplificada (libro 24)*.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015b). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Obras de captación superficiales (libro 7)*.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015c). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable (Libro 12)*.
- Cotterill, S., McGrath, T., & Kleemann, R. (2024). *Non-domestic Water Use; Learnings from International Data & Conservation Initiatives*.
- Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba [EP-EMAPAR]. (2025a). *Datos generales sobre el sistema de la ciudad de Riobamba y sector Los Álamos*.
- Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba [EP-EMAPAR]. (2025b). *Datos de macromedición y micromedición: enero 2022 - diciembre 2024 del sector Los Álamos*.
- Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito [EMAAP-Q]. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q (1era ed.)*.
- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento [EPMAPS]. (2015). *Norma para la administración, actualización y mantenimiento del catastro de clientes de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento*.
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba [EP-EMAPAR]. (2024). *Sustitutiva al Reglamento de Prestación de Servicios de la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba. Resolución N°23*.
- Environmental Protection Agency [EPA]. (2013). *Water audits and water loss control for public water systems (EPA 816-F-13-002)*. Office of Water.
- Ferreira, A., Dourado, L., Biagiotti, D., Santos, N., Nascimento, D., & Sousa, K. (2018). *Methods for classifying coefficients of variation in experimentation with poultrys*.
- García, R. (2018). *Apuntes sobre Captación de Aguas Subterráneas*. Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam) y Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Garzón, A. (2014). *Evaluación patrones de consumo y caudales máximos instantáneos de usuarios residenciales de la ciudad de Bogotá*.
- Hammer, M., & Hammer Jr, M. (2012). *Water and wastewater technology (7th ed.)*. Pearson Education Limited.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1992). *CPE INEN 005-9-1: Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1680: Urbanización. Sistema de abastecimiento de agua potable. Requisitos (Primera Revisión)*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). *Censo de población y vivienda*. Obtenido de <https://cubos.inec.gob.ec/AppCensoEcuador/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2024a). *Estadística de Información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios/2023/Agua\\_potable\\_alcantarillado/Presentacion\\_APA\\_2023\\_VF\\_3.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Agua_potable_alcantarillado/Presentacion_APA_2023_VF_3.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2024b). *Estimaciones y Proyecciones de Población*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Instituto Nacional de Normalización [INN] . (2015). *Agua potable - producción, conducción, almacenamiento y distribución - requisitos de diseño. Norma NCh-691*
- Instituto Vasco de Estadística. (2022). *Proyecciones demográficas*. Obtenido de [https://es.eustat.eus/estadisticas/tema\\_47/opt\\_1/tipo\\_5/temas.html](https://es.eustat.eus/estadisticas/tema_47/opt_1/tipo_5/temas.html)
- Jiménez, J. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Ministerio de Desarrollo Económico [MDE]. (2001). *Catastro de Usuarios: Municipios Menores y Zonas Rurales*. Colombia: Gente Nueva Editorial.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones [MOPC]. (2012). *Manual de Indicadores de gestión en agua potable y alcantarillado sanitario*. Paraguay.
- Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2009). *Resolución 2320 de 2009. Modificación parcial de la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS–*. Obtenido de Función Pública.
- Naciones Unidas. (1974). *Methods for Projections of Urban and Rural Population*.
- Naciones Unidas. (2022). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2022: Aguas subterráneas, Hacer visible el recurso invisible*. París: UNESCO.

- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas - Acuíferos*. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *Guidelines for drinking-water quality (fourth edition)*.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [RAS]. (2010). *Sistemas de Acueducto (Título B)*.
- Rodríguez, D., & Ángeles, M. (2017). *Guía básica para la reducción del agua no contabilizada: Mejoramiento del sistema de medición en los acueductos administrados por ASADAS*.
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos*. Alfaomega .
- Zuñiga, M. G., Santillán, B., Izurieta, C., & Carolina, M. (2025). *Influencia del coeficiente máximo horario en el diseño de tanques de reserva de agua potable en Riobamba*.  
Obtenido de Novasinergia:  
<https://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/588/443>

**Anexo 1**  
**Esquemas de localización del sector Los Álamos y parroquia Velasco**

**Anexo 1.1** Esquema de localización de la parroquia Velasco en la ciudad Riobamba.



**Anexo 1.2** Esquema del sistema de agua potable del sector Los Álamos en la ciudad de Riobamba.



## Anexo 2

Extracto del registro de catastro de usuarios de la EP-EMAPAR para los usuarios del sector Los Álamos (EP-EMAPAR, 2025b).

cuenta	año	actual	consumo	impagos	categoria	ciclo	sector	ruta	direccion	medidor	secuencia	novedad	MES	descripcion	id_factura	id_ciclo	canon	emix	y
2367	2022	4159	3	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	ENERO	Bueno	21372229	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4171	12	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	FEBRERO	Bueno	21516758	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4174	3	3	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	MARZO	Bueno	21600196	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4180	6	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	ABRIL	Bueno	21687346	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4177	0	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	MAYO	Bueno	21824788	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4211	34	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	JUNIO	Bueno	21897985	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4219	8	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	JULIO	Bueno	22028177	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4234	15	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	AGOSTO	Bueno	22106533	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4244	10	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	SEPTIEMBRE	Bueno	22181985	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4261	17	3	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	OCTUBRE	Bueno	22318936	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4274	13	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	NOVIEMBRE	Bueno	22395627	10	2022	758398,82	9817414
2367	2022	4288	14	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	DICIEMBRE	Bueno	22469052	10	2022	758398,82	9817414
2367	2023	4301	13	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	ENERO	Bueno	22854071	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4312	11	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	FEBRERO	Bueno	22929164	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4324	12	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	MARZO	Bueno	23008058	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4338	14	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	ABRIL	Bueno	23087236	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4352	14	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	MAYO	Bueno	23168148	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4365	13	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	JUNIO	Bueno	23301256	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4379	14	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	JULIO	Bueno	23379017	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4392	13	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	AGOSTO	Bueno	23457671	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4406	14	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	SEPTIEMBRE	Bueno	23533784	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4417	11	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	OCTUBRE	Bueno	23610672	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4436	19	3	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	NOVIEMBRE	Bueno	23685777	10	2023	758398,82	9817414
2367	2023	4449	13	4	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	DICIEMBRE	Bueno	23760009	10	2023	758398,82	9817414
2367	2024	4475	26	5	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	ENERO	Bueno	25004601	10	2024	758398,82	9817414
2367	2024	4507	32	6	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	FEBRERO	Bueno	25081635	10	2024	758398,82	9817414
2367	2024	4558	51	1	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	MARZO	Bueno	25161076	10	2024	758398,82	9817414
2367	2024	4582	24	2	Residencial	004	Ce004	Pm	Subred	1AV. JOSE ZR123635	2730	NORMAL	ABRIL	Bueno	25238678	10	2024	758398,82	9817414

### **Anexo 3**

#### **Tablas de valores para los histogramas de consumo bruto**

**Anexo 3.1** Tabla de consumos brutos en semana típica del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

DÍA	2022	2023	2024	Promedio de valores máximos del periodo de análisis
LUNES	573.042,06	565.512,48	378.715,32	516.541,08
MARTES	572.444,71	567.578,52	371.032,49	
MIÉRCOLES	583.814,16	552.007,44	379.760,04	
JUEVES	587.641,68	545.434,92	375.008,04	
VIERNES	564.908,90	541.644,48	360.452,88	
SABADO	550.187,52	487.613,16	375.215,40	
DOMINGO	593.843,76	576.019,44	375.111,00	

**Anexo 3.2** Tabla de consumos anuales por hora del día del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Horas	2022	2023	2024	Total	Porcentaje
00:00:00 am	146.644,56	132.660,36	105.159,24	384.464,16	3,67%
01:00:00 am	144.788,47	129.438,72	101.995,56	376.222,75	3,59%
02:00:00 am	138.173,76	124.254,36	98.447,76	360.875,88	3,44%
03:00:00 am	134.453,16	122.176,44	95.647,32	352.276,92	3,36%
04:00:00 am	132.718,32	120.490,56	95.360,40	348.569,28	3,33%
05:00:00 am	133.867,44	123.071,76	95.033,45	351.972,65	3,36%
06:00:00 am	142.752,24	142.360,92	106.258,32	391.371,48	3,74%
07:00:00 am	168.230,88	172.363,32	114.206,76	454.800,96	4,34%
08:00:00 am	183.547,44	179.652,96	116.087,04	479.287,44	4,57%
09:00:00 am	163.682,64	156.228,12	100.440,36	420.351,12	4,01%
10:00:00 am	150.956,64	151.938,00	96.684,12	399.578,76	3,81%
11:00:00 am	156.246,48	154.863,00	96.062,40	407.171,88	3,89%
12:00:00 pm	182.867,76	175.562,64	108.478,44	466.908,84	4,46%
13:00:00 pm	203.005,08	188.898,48	113.673,60	505.577,16	4,83%
14:00:00 pm	212.790,08	199.703,52	121.685,40	534.179,00	5,10%
15:00:00 pm	208.274,40	193.509,00	131.127,48	532.910,88	5,09%
16:00:00 pm	199.756,80	188.482,68	127.456,56	515.696,04	4,92%
17:00:00 pm	194.203,44	183.380,04	125.442,00	503.025,48	4,80%
18:00:00 pm	191.319,84	181.087,20	123.085,80	495.492,84	4,73%
19:00:00 pm	185.902,20	176.077,44	115.515,72	477.495,36	4,56%
20:00:00 pm	180.450,36	170.312,76	112.735,08	463.498,20	4,42%
21:00:00 pm	176.015,52	164.736,72	109.658,88	450.411,12	4,30%
22:00:00 pm	164.887,74	158.359,32	104.311,08	427.558,14	4,08%
23:00:00 pm	130.347,54	146.202,12	100.742,40	377.292,06	3,60%
Total	4.025.882,80	3.835.810,44	2.615.295,17	10.476.988,40	100,00%

**Anexo 3.3** Tabla de consumos mensuales del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Mes	2022	2023	2024
ENERO	336.877,98	386.903,52	225.171,00
FEBRERO	321.421,14	343.639,80	188.155,44
MARZO	354.580,92	361.878,84	200.422,80
ABRIL	337.149,21	334.787,40	244.340,28
MAYO	362.431,80	365.700,60	246.868,56
JUNIO	353.387,34	338.972,76	235.553,76
JULIO	322.906,68	375.288,12	227.882,16
AGOSTO	327.020,40	355.600,44	219.792,24
SEPTIEMBRE	325.685,88	309.282,48	190.965,60
OCTUBRE	272.855,52	236.610,72	180.578,45
NOVIEMBRE	336.801,96	207.455,04	208.856,88
DICIEMBRE	374.763,96	219.690,72	246.708,00

## Anexo 4

Número de usuarios por categoría del sector Los Álamos del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Número de usuarios									
Año Mes	2022			2023			2024		
	Residencial	Comercial	Industrial	Residencial	Comercial	Industrial	Residencial	Comercial	Industrial
Enero	4223	600	94	4381	621	100	4568	641	107
Febrero	4229	600	94	4405	621	100	4569	641	107
Marzo	4237	600	94	4432	621	100	4572	641	107
Abril	4274	600	94	4451	621	100	4580	641	107
Mayo	4289	600	94	4463	621	100	4589	641	107
Junio	4295	600	94	4473	621	100	4595	641	107
Julio	4301	600	94	4488	621	100	4600	641	107
Agosto	4316	600	94	4500	621	100	4615	641	107
Septiembre	4338	600	94	4528	621	100	4621	641	107
Octubre	4345	600	94	4535	621	100	4639	641	107
Noviembre	4355	600	94	4546	621	100	4644	641	107
Diciembre	4364	600	94	4555	621	100	4649	641	107

### Anexo 5.

Consumo mensual por categoría de usuario del sector Los Álamos del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Consumos mensuales (m <sup>3</sup> /mes)									
Año Mes	2022			2023			2024		
	Residencial	Comercial	Industrial	Residencial	Comercial	Industrial	Residencial	Comercial	Industrial
Enero	129.738,00	3.640,00	26.656,00	123.585,00	4.285,00	32.914,00	130.641,00	4.089,00	34.598,00
Febrero	123.370,00	3.835,00	26.769,00	113.650,00	3.372,00	27.923,00	130.662,00	3.894,00	33.792,00
Marzo	116.877,00	3.888,00	26.043,00	101.368,00	2.679,00	21.797,00	149.329,00	4.092,00	37.093,00
Abril	108.490,00	3.352,00	23.376,00	134.532,00	4.405,00	34.905,00	138.847,00	4.424,00	39.116,00
Mayo	122.981,00	4.405,00	33.928,00	116.257,00	3.491,00	32.159,00	129.149,00	3.747,00	35.200,00
Junio	115.931,00	2.826,00	27.950,00	130.996,00	4.121,00	35.409,00	148.592,00	4.620,00	39.480,00
Julio	111.143,00	3.221,00	27.868,00	124.436,00	3.727,00	34.643,00	137.193,00	3.995,00	37.626,00
Agosto	112.332,00	3.843,00	26.835,00	121.687,00	3.427,00	32.184,00	130.185,00	4.081,00	32.174,00
Septiembre	109.759,00	3.491,00	27.275,00	131.208,00	3.564,00	29.156,00	143.449,00	4.974,00	31.661,00
Octubre	117.961,00	3.889,00	34.161,00	114.314,00	3.764,00	28.307,00	134.257,00	4.162,00	33.263,00
Noviembre	119.043,00	3.654,00	32.659,00	121.126,00	4.087,00	34.270,00	137.126,00	3.801,00	35.090,00
Diciembre	121.217,00	3.906,00	30.251,00	130.929,00	3.926,00	34.224,00	144.747,00	4.407,00	36.594,00

## **Anexo 6**

### **Tablas de datos estadísticos del periodo de análisis 2022 a 2024**

**Anexo 6.1** Tabla de coeficientes de variación de dotaciones brutas del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

		<b>Dotación bruta</b>			<b>Datos estadísticos del periodo</b>		
<b>Mes</b> \ <b>Año</b>	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coefficiente de variación (CV)	
Enero	488,29	540,58	301,73	443,53	125,56	0,28	
Febrero	497,31	510,44	269,46	425,74	135,50	0,32	
Marzo	512,25	499,79	268,33	426,79	137,37	0,32	
Abril	498,95	475,75	337,44	437,38	87,32	0,20	
Mayo	517,25	501,56	329,29	449,37	104,29	0,23	
Junio	520,42	479,33	324,24	441,33	103,46	0,23	
Julio	459,55	511,85	303,24	424,88	108,54	0,26	
Agosto	463,79	483,70	291,52	413,00	105,68	0,26	
Septiembre	474,87	432,03	261,39	389,43	112,94	0,29	
Octubre	384,39	319,36	238,27	314,01	73,21	0,23	
Noviembre	489,16	288,64	284,46	354,09	117,00	0,33	
Diciembre	525,65	295,22	324,83	381,90	125,37	0,33	
Promedio del periodo	485,99	444,86	294,52	408,45	111,35	0,27	

**Anexo 6.2** Tabla de coeficientes de variación de dotaciones netas totales del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

		<b>Dotación neta total</b>			<b>Datos estadísticos del periodo</b>		
Mes	Año	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coefficiente de variación (CV)
	Enero		231,96	224,65	226,90	227,84	3,75
Febrero		246,74	222,99	241,09	236,94	12,41	0,05
Marzo		212,09	173,80	255,06	213,65	40,65	0,19
Abril		200,11	247,04	251,88	233,01	28,60	0,12
Mayo		230,22	208,34	224,22	220,93	11,30	0,05
Junio		216,05	241,13	265,24	240,81	24,60	0,10
Julio		202,42	222,05	237,94	220,80	17,79	0,08
Agosto		202,82	213,96	220,76	212,51	9,06	0,04
Septiembre		204,90	228,99	246,49	226,79	20,89	0,09
Octubre		219,78	197,58	226,53	214,63	15,15	0,07
Noviembre		225,64	221,90	239,73	229,09	9,41	0,04
Diciembre		217,93	227,21	244,56	229,90	13,52	0,06
Promedio del periodo		217,56	219,14	240,03	225,58	17,26	0,08

**Anexo 6.3** Tabla de coeficientes de variación de dotaciones netas residenciales del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Dotación neta residencial				Datos estadísticos del periodo		
Año Mes	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coefficiente de variación (CV)
Enero	188,05	172,67	175,06	178,59	8,28	0,05
Febrero	197,70	174,85	187,12	186,55	11,44	0,06
Marzo	168,85	140,00	199,92	169,59	29,97	0,18
Abril	160,55	191,18	191,75	181,16	17,85	0,10
Mayo	175,51	159,45	172,27	169,08	8,49	0,05
Junio	170,73	185,24	204,54	186,83	16,96	0,09
Julio	158,18	169,72	182,56	170,15	12,20	0,07
Agosto	159,31	165,52	172,67	165,84	6,68	0,04
Septiembre	160,04	183,28	196,35	179,89	18,39	0,10
Octubre	166,18	154,29	177,15	165,87	11,43	0,07
Noviembre	172,90	168,53	186,77	176,06	9,52	0,05
Diciembre	170,02	175,94	190,58	178,85	10,58	0,06
Promedio del periodo	170,67	170,06	186,39	175,71	13,48	0,08

**Anexo 6.4** Tabla de coeficientes de variación de dotaciones netas comerciales del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Dotación neta comercial				Datos estadísticos del periodo		
Año Mes	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coefficiente de variación (CV)
Enero	38,64	45,99	46,36	43,66	4,36	0,10
Febrero	42,90	42,96	48,39	44,75	3,16	0,07
Marzo	37,62	30,10	49,66	39,13	9,86	0,25
Abril	34,59	49,60	54,02	46,07	10,18	0,22
Mayo	48,42	44,11	46,95	46,49	2,19	0,05
Junio	41,16	50,07	54,35	48,53	6,73	0,14
Julio	39,66	47,25	50,07	45,66	5,38	0,12
Agosto	38,06	43,78	42,67	41,50	3,03	0,07
Septiembre	39,77	40,73	43,34	41,28	1,85	0,04
Octubre	48,12	38,21	43,89	43,41	4,98	0,11
Noviembre	47,43	47,68	47,79	47,64	0,18	0,00
Diciembre	42,43	45,99	48,18	45,53	2,90	0,06
Promedio del periodo	41,57	43,87	47,97	44,47	4,57	0,10

**Anexo 6.5** Tabla de coeficientes de variación de dotaciones netas industriales del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

Dotación neta industrial				Datos estadísticos del periodo		
Año Mes	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coficiente de variación (CV)
Enero	5,28	5,99	5,48	5,58	0,37	0,07
Febrero	6,15	5,19	5,58	5,64	0,48	0,09
Marzo	5,62	3,70	5,48	4,93	1,07	0,22
Abril	4,96	6,26	6,11	5,78	0,71	0,12
Mayo	6,29	4,79	5,00	5,36	0,81	0,15
Junio	4,16	5,83	6,36	5,45	1,15	0,21
Julio	4,58	5,08	5,32	4,99	0,37	0,07
Agosto	5,45	4,66	5,41	5,17	0,44	0,09
Septiembre	5,09	4,98	6,81	5,63	1,03	0,18
Octubre	5,48	5,08	5,49	5,35	0,23	0,04
Noviembre	5,31	5,69	5,18	5,39	0,26	0,05
Diciembre	5,48	5,28	5,80	5,52	0,27	0,05
Promedio del periodo	5,32	5,21	5,67	5,40	0,60	0,11

**Anexo 6.6** Tabla de coeficientes de variación del IANC del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

IANC mensual y estadísticas del periodo				Datos estadísticos del periodo		
Mes	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coefficiente de variación (CV)
Enero	0,52	0,58	0,25	0,45	0,18	0,40
Febrero	0,52	0,58	0,11	0,40	0,26	0,64
Marzo	0,59	0,65	0,05	0,43	0,33	0,77
Abril	0,60	0,48	0,25	0,44	0,18	0,39
Mayo	0,55	0,58	0,32	0,49	0,15	0,30
Junio	0,58	0,50	0,18	0,42	0,21	0,50
Julio	0,56	0,57	0,22	0,45	0,20	0,45
Agosto	0,56	0,56	0,24	0,45	0,18	0,40
Septiembre	0,57	0,47	0,06	0,37	0,27	0,74
Octubre	0,43	0,38	0,05	0,29	0,21	0,72
Noviembre	0,54	0,23	0,16	0,31	0,20	0,65
Diciembre	0,59	0,23	0,25	0,35	0,20	0,57
Promedio del periodo	55,11%	48,45%	17,72%	40,43%	21,38%	54,53%

**Anexo 6.7** Tabla de coeficientes de variación del IPUF del periodo 2022 a 2024 (EP-EMAPAR, 2025b).

IPUF mensual y estadísticas del periodo				Datos estadísticos del periodo		
Mes	2022	2023	2024	Promedio mensual	Desviación estándar	Coficiente de variación (CV)
Enero	41,88	51,61	12,22	35,24	20,52	0,58
Febrero	39,59	45,11	4,34	29,68	22,12	0,75
Marzo	49,04	53,26	2,17	34,82	28,36	0,81
Abril	47,25	36,16	13,53	32,31	17,19	0,53
Mayo	46,89	47,90	17,17	37,32	17,46	0,47
Junio	48,12	37,66	9,33	31,70	20,07	0,63
Julio	42,01	47,34	10,67	33,34	19,82	0,59
Agosto	42,63	44,07	11,56	32,75	18,37	0,56
Septiembre	42,68	32,10	2,35	25,71	20,91	0,81
Octubre	26,89	19,90	1,92	16,23	12,88	0,79
Noviembre	41,66	10,55	7,07	19,76	19,05	0,96
Diciembre	50,27	11,11	13,11	24,83	22,05	0,89
Promedio del periodo	43,24	36,40	8,79	29,48	19,90	0,70

**Anexo 7** Extracto normativo de clasificación de usuarios (EP-EMAPAR, 2024, arts. 36–38).

- **Art. 36.-** Se establecen las siguientes categorías para los servicios de agua potable y saneamiento: Categoría Residencial y Categoría NO Residencial, de conformidad a lo determinado por el ARCA.
- **Art. 37.-** Categoría Residencial: Esta categoría contempla los consumidores de hogares/ inmuebles destinados únicamente a la vivienda de las personas en donde no se desarrolle ninguna actividad productiva.
- **Art. 38.-** Categoría NO Residencial: Esta categoría contempla todos los consumidores que se ubiquen en los inmuebles donde se practiquen actividades comerciales e industriales, tales como hoteles, restaurantes, oficinas privadas, talleres y en general todas aquellas que no corresponden a inmuebles residenciales.