

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y  
CREATIVIDAD  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de Integración Curricular

Tema: Determinación de factores de mayoración e índice de agua no contabilizada en la red de distribución del sector Techo Propio, parroquia Pishilata, ciudad de Ambato, cantón Ambato.

AUTOR:

Wilson Hans Viscarra Velarde

TUTOR:

Ing. Fernando Castro Carrera

QUITO DM, 2026

### ***Agradecimiento***

A la persona que entendió lo que necesitaba incluso cuando yo no sabía qué me hacía falta, y que, pese a mi inmadurez, ha sabido sostenerme y acompañarme. A mi madre, la señora Anita Velarde, porque todos mis logros llevarán su nombre, aunque no siempre sepa decirlo.

### ***Dedicatoria***

Para la persona en la que espero convertirme. Para el nombre que cargo, como compromiso de mantenerlo en el camino que me ha traído hasta aquí y de procurar que, en el futuro, sea reconocido como sinónimo de integridad. Que este trabajo no sea un punto final, sino la continuidad de una carrera construida con constancia y esfuerzo. Asimismo, lo dedico a quienes han esperado algo de mí y me han apoyado, y también a esas metas que hoy aún son frágiles, pero que con el tiempo deseo forjar hasta convertirlas en una extensión de mí mismo.

## **Resumen**

En el presente Trabajo de Integración Curricular se determinaron histogramas diarios y horarios de producción y consumo del sistema de agua potable del sector Techo Propio, parroquia urbana Pishilata, ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. El objetivo fue estimar el factor máximo horario y máximo diario, el índice de agua no contabilizada (IANC), el índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) y las dotaciones del sistema. Para ello se analizaron registros de macromedición de enero 2023 a agosto 2025 y de micromedición de enero 2019 a agosto 2025 de la EP-EMAPA-A. Los resultados mostraron un factor de mayoración máximo horario promedio de 3.65 y un factor de mayoración máximo diario promedio de 1.62. El IANC presentó un promedio del período de 53.22%, mientras que el IPUF alcanzó 18.78 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes. La dotación neta total promedio anual fue de 126.65 L/hab.d, la dotación neta residencial fue de 123.85 L/hab.d y la dotación neta comercial fue de 2.80 L/hab.d, mientras que la dotación bruta promedio fue de 272.61 L/hab.d.

**Palabras Clave:** factores de mayoración; agua no contabilizada; pérdidas por suscriptor; dotaciones.

## ***Abstract***

In this Final Degree Project, daily and hourly consumption histograms were developed for the water distribution system of the Techo Propio sector, Pishilata urban parish, Ambato (Tungurahua, Ecuador). The objective was to estimate the peak factors (KQMH and KQMD), the non-revenue water indicator (IANC), the losses per billed subscriber indicator (IPIUF), and the system's net and gross per-capita demands. For this purpose, EP-EMAPA-A macro-metering records (January 2023–August 2025) and micro-metering records (January 2019–August 2025) were analyzed. The results show average values of KQMH = 3.65 and KQMD = 1.62. The IANC averaged 53.22%, while IPIUF reached 18.78 m<sup>3</sup>/subscriber/month. The mean annual net demand was 126.65 L/cap.d, with 123.85 L/cap.d for the residential category and 2.80 L/cap.d for the commercial category; the average gross demand was 272.61 L/cap.d.

**Keywords:** peak factors; non-revenue water; losses per subscriber; per-capita demand.

## Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Objetivos general y específicos.....	1
Objetivo general.....	1
Objetivos específicos.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Sistemas de agua potable.....	2
2.1.1 Estructuras de captación de aguas superficiales y de aguas subterráneas.....	2
2.1.1.1 Estructuras de captación de aguas superficiales.....	2
2.1.1.2 Estructuras de captación de aguas subterráneas.....	3
2.1.2 Sistemas de bombeo.....	3
2.1.2.1 Bomba centrífuga.....	3
2.1.2.2 Bombas sumergibles.....	4
2.1.3 Líneas de conducción.....	4
2.1.4 Potabilización del agua.....	4
2.1.4.1 Coagulación y floculación.....	5
2.1.4.2 Sedimentación.....	6
2.1.4.3 Filtración.....	6
2.1.4.4 Desinfección.....	6
2.1.4.5 Tanques de almacenamiento.....	7
2.1.5 Red de distribución.....	7
2.1.5.1 Tipos de redes de distribución.....	7
2.1.5.2 Conexiones domiciliarias.....	8
2.2 Consumo de agua potable.....	8
2.2.1 Población total y servida.....	8
2.2.2 Categorías de usuarios en un sistema de agua potable.....	8
2.2.3 Macromedición y micromedición.....	9
2.2.3.1 Macromedición.....	9
2.2.3.2 Micromedición.....	10
2.2.4 Consumos de agua potable y factores que inciden en el consumo.....	10
2.2.4.1 Consumos de agua potable según categoría de usuarios.....	10
2.2.4.2 Factores que inciden en el consumo de agua potable.....	11

2.2.5 Dotación neta y dotación bruta.....	12
2.2.5.1 Dotación neta.....	12
2.2.5.2 Dotación bruta.....	12
2.2.6 Factores de mayoración de caudal máximo diario y máximo horario.....	13
2.2.7 Caudales de diseño.....	14
2.2.8 Catastro de usuarios.....	14
2.3 Pérdidas de agua.....	15
2.3.1 Pérdidas técnicas y comerciales.....	15
2.3.1.1 Pérdidas técnicas.....	15
2.3.1.2 Pérdidas comerciales.....	16
2.3.2 Índice de agua no contabilizada.....	16
2.3.3 Índice de pérdidas por suscriptor.....	17
2.3.4 Plan de reducción de pérdidas.....	17
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR TECHO PROPIO DE LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE AMBATO.....	18
3.1 Información general del sector.....	18
3.2 Descripción general del sistema de agua potable de Ambato.....	19
3.2.1 Fuentes de abastecimiento de agua.....	19
3.2.2 Plantas de tratamiento.....	19
3.2.3 Estaciones de bombeo.....	20
3.2.4 Tanques de reserva.....	20
3.3 Descripción de los componentes del sistema de agua potable del sector Techo Propio.....	20
3.3.1 Pozo profundo.....	21
3.3.2 Conducción.....	22
3.3.3 Potabilización.....	22
3.3.4 Tanque de reserva.....	24
3.3.5 Redes de distribución.....	25
3.4 Sistema de macromedición y micromedición.....	25
3.4.1 Macromedición.....	25
3.4.2 Micromedición.....	25
3.5 Usuarios del sistema de agua potable.....	26
3.6 Descripción del catastro de usuarios implementado.....	27
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	28
4.1 Selección del área de investigación.....	28

4.2 Metodología .....	28
4.2.1 Metodología empleada en la determinación de factores de mayoración.....	29
4.2.2 Metodología empleada en la determinación de dotaciones de agua potable.....	29
4.2.3 Metodología empleada en la determinación del índice de agua no contabilizada e índice de pérdidas por suscriptor facturado. ....	29
4.3 Presentación de resultados.....	30
4.3.1 Histogramas de producción.....	30
4.3.2 Resultados de factores de mayoración.....	34
4.3.3 Resultados de dotaciones netas y brutas. ....	36
4.3.3.1 Resultados de dotaciones netas por categoría .....	39
4.3.3.2 Resultados de dotaciones netas totales.....	40
4.3.3.3 Resultados de dotaciones brutas.....	41
4.3.4 Resultados del índice de agua no contabilizada.....	42
4.4 Análisis de resultados. ....	46
4.4.1 Análisis de resultados de producción y consumo. ....	46
4.4.2 Análisis de resultados de factores de mayoración.....	47
4.4.3 Análisis de resultados de dotaciones. ....	47
4.4.3.1 Análisis de resultados de dotaciones netas. ....	47
4.4.3.2 Análisis de resultados de dotaciones netas por categoría. ....	48
4.4.3.3 Análisis de resultados de dotaciones brutas. ....	49
4.4.4 Análisis de resultados de pérdidas de agua .....	49
4.5 Propuesta general para reducción de pérdidas.....	50
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1 Conclusiones. ....	52
5.2 Recomendaciones. ....	53
Referencias Bibliográficas.....	54
ANEXOS.....	59
Anexo A. Componentes principales del sistema de agua potable de Ambato .....	59
Anexo B. Información del sector Techo Propio .....	60
Anexo C. Informe mensual de análisis de agua potable de los sistemas de Ambato .....	62
Anexo D. Registro de suscriptores por categoría .....	63
Anexo E. Desviación estándar y coeficiente de variación .....	66

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Resumen de los límites máximo permitidos para agua potable.....	5
<b>Tabla 2.</b> Dotación neta según población y clima. ....	12
<b>Tabla 3.</b> Factores de mayoración por consumo máximo diario y horario.....	13
<b>Tabla 4.</b> Caudales de diseño según el elemento del sistema de agua potable. ....	14
<b>Tabla 5.</b> Rangos de desempeño según índice de agua no contabilizada.....	16
<b>Tabla 6.</b> Principales tanques de reserva de la ciudad de Ambato.....	20
<b>Tabla 7.</b> Producción mensual en los años 2023 a 2025.....	30
<b>Tabla 8.</b> Producción diaria en la semana típica en los años 2023 a 2025.....	31
<b>Tabla 9.</b> Producción horaria en día típico en los años 2023 a 2025. ....	33
<b>Tabla 10.</b> Factores de mayoración del caudal máximo horario período 2023 – 2024.....	35
<b>Tabla 11.</b> Factores de mayoración del caudal máximo diario período 2023 – 2024.....	36
<b>Tabla 12.</b> Determinación de dotaciones netas por mes del año 2019.....	37
<b>Tabla 13.</b> Determinación de dotaciones netas por mes del año 2020.....	37
<b>Tabla 14.</b> Determinación de dotaciones netas por mes del año 2021.....	37
<b>Tabla 15.</b> Determinación de dotaciones netas por mes del año 2022.....	38
<b>Tabla 16.</b> Determinación de dotaciones netas y brutas por mes del año 2023.....	38
<b>Tabla 17.</b> Determinación de dotaciones netas y brutas por mes del año 2024.....	38
<b>Tabla 18.</b> Determinación de dotaciones netas y brutas por mes del año 2025.....	39
<b>Tabla 19.</b> Dotaciones netas residenciales en el período enero 2019 – agosto 2025.....	39
<b>Tabla 20.</b> Dotaciones netas comerciales en el período enero 2019 – agosto 2025.....	40
<b>Tabla 21.</b> Dotaciones netas totales en el período enero 2019 – agosto 2025.....	41
<b>Tabla 22.</b> Dotación bruta en el período enero 2023 – agosto 2025.....	41
<b>Tabla 23.</b> Variación entre dotación neta total y dotación bruta.....	42
<b>Tabla 24.</b> IANC e IPUF del año 2023.....	42
<b>Tabla 25.</b> IANC e IPUF del año 2024.....	43
<b>Tabla 26.</b> IANC e IPUF del año 2025.....	43
<b>Tabla 27.</b> Resultados anuales del IANC e IPUF en el período enero 2023 – agosto 2025.....	43
<b>Tabla 28.</b> Puntos críticos considerados en el diagnóstico.....	50
<b>Tabla D.1.</b> Suscriptores por categoría en el año 2019.....	63
<b>Tabla D.2.</b> Suscriptores por categoría en el año 2020.....	63
<b>Tabla D.3.</b> Suscriptores por categoría en el año 2021.....	63
<b>Tabla D.4.</b> Suscriptores por categoría en el año 2022.....	64
<b>Tabla D.5.</b> Suscriptores por categoría en el año 2023.....	64

<b>Tabla D.6.</b> Suscriptores por categoría en el año 2024. ....	64
<b>Tabla D.7.</b> Suscriptores por categoría en el año 2025. ....	65
<b>Tabla E.1.</b> Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación neta residencial.....	66
<b>Tabla E.2.</b> Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación neta comercial. ....	66
<b>Tabla E.3.</b> Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación neta total.....	66
<b>Tabla E.4.</b> Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación bruta. ....	67
<b>Tabla E.5.</b> Desviación estándar y coeficiente de variación de IANC. ....	67
<b>Tabla E.6.</b> Desviación estándar y coeficiente de variación del IPUF.....	68

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Dotación neta.....	12
Ecuación 2. Dotación bruta.....	13
Ecuación 3. Caudal medio diario anual.....	14
Ecuación 4. Factor de mayoración caudal máximo horario .....	14
Ecuación 5. Factor de mayoración caudal máximo diario.....	14
Ecuación 6. Índice de agua no contabilizada .....	16
Ecuación 7. Índice de pérdidas por suscriptor facturado .....	17

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Esquema del sistema de agua potable del sector Techo Propio.....	21
<b>Figura 2.</b> Motor del sistema de bombeo Techo Propio. ....	21
<b>Figura 3.</b> Registrador de caudal macromedición del pozo profundo. ....	22
<b>Figura 4.</b> Línea de impulsión sector Techo Propio.....	22
<b>Figura 5.</b> Conjunto de equipos que forman parte del sistema de cloración.....	23
<b>Figura 6.</b> Dosificador de gas cloro. ....	23
<b>Figura 7.</b> Sistema de pesaje y monitoreo para cilindros de cloro gas. ....	24
<b>Figura 8.</b> Tanque de reserva de Techo Propio. ....	24
<b>Figura 9.</b> Registros de macromedición correspondiente a la salida del tanque de reserva. ....	24
<b>Figura 10.</b> Transmisor electromagnético Siemens.....	25
<b>Figura 11.</b> Marcas de micromedidores del sector Techo Propio .....	26
<b>Figura 12.</b> Diámetro de micromedidores del sector de Techo Propio .....	26
<b>Figura 13.</b> Antigüedad de micromedidores del sector Techo Propio.....	26
<b>Figura 14.</b> Categorías de usuarios del sector de Techo Propio .....	27
<b>Figura 15.</b> Mapa del área de estudio .....	28
<b>Figura 16.</b> Histograma de producción mensual en el año 2023. ....	30
<b>Figura 17.</b> Histograma de producción mensual en el año 2024. ....	31
<b>Figura 18.</b> Histograma de producción mensual en el año 2025. ....	31
<b>Figura 19.</b> Histograma de producción diaria en la semana típica del año 2023. ....	32
<b>Figura 20.</b> Histograma de producción diaria en la semana típica del año 2024. ....	32
<b>Figura 21.</b> Histograma de producción diaria en la semana típica del año 2025. ....	32
<b>Figura 22.</b> Histograma de producción horaria en día típico del año 2023. ....	33
<b>Figura 23.</b> Histograma de producción horaria en día típico del año 2024. ....	34
<b>Figura 24.</b> Histograma de producción horaria en día típico del año 2025. ....	34
<b>Figura 25.</b> Histograma de producción horaria en el año 2023. ....	34
<b>Figura 26.</b> Histograma de producción horaria en el año 2024 .....	35
<b>Figura 27.</b> Histograma de producción diaria en el año 2023.....	35
<b>Figura 28.</b> Histograma de producción diaria en el año 2024.....	36
<b>Figura 29.</b> Histograma de dotaciones netas residenciales en el período 2019 a 2025.....	40
<b>Figura 30.</b> Histograma de dotaciones netas comerciales en el período 2019 a 2025. ....	40
<b>Figura 31.</b> Histograma de dotaciones netas totales en el período 2019 – 2025.....	41
<b>Figura 32.</b> Histograma de dotaciones brutas en el período 2023 – 2025.....	42
<b>Figura 33.</b> Histograma del índice de agua no contabilizada por mes en el año 2023. ....	44

<b>Figura 34.</b> Histograma del índice de agua no contabilizada por mes en el año 2024. ....	44
<b>Figura 35.</b> Histograma del índice de agua no contabilizada por mes en el año 2025. ....	44
<b>Figura 36.</b> Histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado del año 2023. ....	45
<b>Figura 37.</b> Histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado del año 2024. ....	45
<b>Figura 38.</b> Histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado del año 2025. ....	45
<b>Figura A.1.</b> Ubicación de los principales componentes del sistema de agua potable de Ambato .....	59
<b>Figura B.1.</b> Ubicación del sector Techo Propio en la provincia de Tungurahua. ....	60
<b>Figura B.2.</b> Mapa esquematizado del sistema de Techo Propio.....	61
<b>Figura C.1.</b> Resultados de calidad de agua potable en el mes de agosto del año 2025 .....	62

# 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Justificación.

El propósito de este trabajo de integración curricular es el análisis de los consumos de agua potable en el sector Techo Propio, de la parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua lo cual es fundamental para poder planificar y diseñar de forma adecuada las redes de distribución. Según Del Giudice et al. (2020) en el diseño se debe contemplar las necesidades reales y la continuidad del servicio; en este sentido, definir los factores de caudal máximo horario y máximo diario es clave para determinar un caudal de diseño que se ajuste a las reales demandas. La factibilidad del tema se sustenta en la disponibilidad de información de consumos, la cual corresponde al período de enero de 2019 a agosto de 2025, clasificados por categoría de usuario según los datos de micromedición. Por otro lado, los archivos de macromedición corresponden al período desde enero de 2023 hasta agosto de 2025, cuyos caudales corresponden específicamente al volumen suministrado a la red de distribución del sector Techo Propio.

## 1.2 Planteamiento del problema.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (1992) establece la necesidad de efectuar un estudio que identifique las dotaciones y los factores de mayoración de los caudales máximo horario y máximo diario, ajustados a las condiciones locales de consumo, por lo cual en la planeación de sistemas de agua potable es necesario realizar estudios basados en el sistema existente, ya que estos permiten definir el comportamiento real de la demanda de agua.

Es importante que se consideren datos reales relacionados al sector de estudio, ya que ante su ausencia se puede inducir a un sub o sobredimensionamiento del sistema de agua potable. En este contexto, el presente trabajo de integración curricular se orienta a determinar las dotaciones netas y brutas, el índice de agua no contabilizada y los factores de mayoración para el caudal máximo diario y máximo horario en el sector Techo Propio, mediante el análisis de los datos disponibles de micro y macromedición proporcionados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A].

## 1.3 Objetivos general y específicos.

### Objetivo general.

Determinar los factores de mayoración y el índice de agua no contabilizada en la red de distribución en el sector Techo Propio, parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato.

### Objetivos específicos.

- Explicar las características básicas del sistema de agua potable del sector Techo Propio.

- Estimar los factores de mayoración en la red de distribución de agua potable en el sector Techo Propio, parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato.
- Estimar el índice de agua no contabilizada y las dotaciones netas y brutas del sistema de agua potable del sector Techo Propio, parroquia Pishilata.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1 Sistemas de agua potable.**

El Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (1992) define a un sistema de agua potable como el conjunto de obras e instalaciones destinadas a la captación, tratamiento, conducción y distribución del agua, enfocadas principalmente al consumo humano, precautelando la preservación de los recursos hídricos en conjunto con una planificación simultánea del sistema de agua potable y alcantarillado.

#### **2.1.1 Estructuras de captación de aguas superficiales y de aguas subterráneas.**

##### **2.1.1.1 Estructuras de captación de aguas superficiales.**

###### **a) Toma directa.**

De acuerdo con lo establecido por la Comisión Nacional del Agua [CONAGUA] (2016), la toma directa es una obra de captación superficial que para garantizar su eficiencia hidráulica y operativa debe diseñarse considerando diversos factores entre los cuales se incluyen los caudales promedio, máximos y mínimos en los distintos períodos del año, la ubicación del punto de toma en un tramo del río no susceptible a la erosión, y la calidad del agua disponible en la fuente.

Asimismo, con el fin de retener sólidos suspendidos en el flujo, sin generar pérdidas de carga significativas, la CONAGUA (2016) recomienda el diseño de la rejilla de entrada que debe contar con un espaciamiento entre barras de 3 a 5 cm y a una velocidad de 0.10 a 0.15 m/s, condiciones que permiten su correcto funcionamiento.

###### **b) Toma con presa de derivación.**

Según la CONAGUA (2016), la toma con presa de derivación es una estructura hidráulica donde la presa cumple la función de elevar el nivel de agua en el cauce durante períodos de estiaje cuando el caudal disminuye considerablemente, garantizando así que el flujo alcance la cota necesaria para ingresar de manera continua y eficiente a la toma, lo cual se logra con una altura adecuada que mantenga una lámina suficiente sin provocar desbordamientos significativos ni alterar el régimen natural del río.

### 2.1.1.2 Estructuras de captación de aguas subterráneas.

#### a) Pozos.

Los pozos constituyen uno de los métodos más empleados para la captación de aguas subterráneas, ya que permite aprovechar acuíferos confinados o no confinados mediante la perforación del terreno hasta alcanzar las capas donde el agua se encuentra almacenada, permitiendo su extracción de forma continua y controlada a través de sistemas de bombeo que permiten un suministro constante y de buena calidad (Hammer & Hammer Jr, 2011).

Un pozo de captación de agua subterránea está conformado por una estructura hidráulica compuesta por una camisa o entubado que reviste las paredes para mantener la estabilidad del terreno, un filtro o rejilla que permite el paso del agua evitando la entrada de partículas finas, un empaque de grava que rodea el filtro y mejora la transmisión hidráulica entre el acuífero y el pozo, un sellado anular con lechada de cemento o bentonita que impide la infiltración de contaminantes superficiales, una bomba sumergible o de turbina vertical que impulsa el agua hasta la superficie y una cabeza de pozo equipada con válvulas, medidores y protección sanitaria que aseguran la correcta operación del sistema y la preservación de la calidad del agua captada (Hammer & Hammer Jr, 2011).

### **2.1.2 Sistemas de bombeo.**

Según el INEN (1992), las estaciones de bombeo deben diseñarse de modo que no alteren la calidad del agua y deben contar con cerramientos que restrinjan el acceso de animales y personas con el fin de garantizar la protección sanitaria de la instalación.

De igual manera, el INEN (1992) señala que las estaciones de bombeo deben contar con al menos dos bombas, cada una con la capacidad de manejar el caudal total requerido, sin embargo, en el caso de pozos profundos se admite la instalación de una sola bomba siempre que se disponga de un equipo sustituto que garantice la continuidad del servicio.

#### 2.1.2.1 Bomba centrífuga.

De acuerdo con De las Heras (2018), las bombas centrífugas emplean una rueda con paletas o impulsor que gira a alta velocidad, transfiriendo energía cinética al agua que, al pasar por la voluta o difusor, se transforma en energía de presión; este principio permite impulsar el fluido mediante la fuerza centrífuga, característica que otorga a este tipo de bombas una alta eficiencia en la conducción de grandes volúmenes de agua.

Asimismo, De las Heras (2018) destaca que estas bombas son ampliamente utilizadas en sistemas de agua potable por su capacidad para mantener un caudal uniforme, su bajo costo de mantenimiento y su buena relación entre caudal impulsado y energía consumida.

#### 2.1.2.2 Bombas sumergibles.

Las bombas sumergibles deben operar completamente inmersas en el fluido, de manera que el motor eléctrico se encuentre sellado herméticamente y acoplado directamente al cuerpo de la bomba, evitando así el ingreso de agua al sistema eléctrico (De las Heras, 2018).

Según De las Heras (2018) este tipo de bombas es común en pozos profundos, donde se utilizan bombas centrífugas que presentan alta eficiencia energética y bajo nivel de ruido, cualidades que las hacen especialmente adecuadas para zonas urbanas, no obstante, su principal desventaja radica en que el mantenimiento o reemplazo exige interrumpir temporalmente la extracción, lo que puede afectar la continuidad del servicio.

#### 2.1.3 Líneas de conducción.

Las líneas de conducción de agua pueden construirse bajo dos esquemas distintos: sistemas a flujo libre y sistemas presurizados; cuando la fuente de captación se ubica en una cota superior al punto de entrega, el transporte del agua se realiza por gravedad, aprovechando la energía potencial del desnivel, mientras que si la fuente se encuentra a un nivel inferior, es necesario incorporar un sistema de bombeo que permita alcanzar la altura requerida y garantizar el caudal de diseño (Gulbahar, 2016).

Asimismo, es importante considerar los señalamientos del INEN (1992), que detalla dividir la tubería de conducción a presión en tramos de mantenimiento de manera que no superen los 5 km cuando existan múltiples líneas o 3 km cuando la conducción sea de una sola línea, lo cual no solo garantiza la facilidad de mantenimiento, sino que además asegura la continuidad del servicio evitando la paralización de la captación y el transporte hacia los tanques de almacenamiento.

#### 2.1.4 Potabilización del agua.

La potabilización de agua se define como el conjunto de procesos físicos y químicos que permiten transformar el agua cruda en apta para el consumo humano, con el objetivo de eliminar microorganismos patógenos, sólidos suspendidos, sustancias químicas y sustancias que alteren su color, olor y sabor (INEN, 1992).

En un estudio realizado por Al-Mahasneh et al. (2023), en el que se analiza el tratamiento del agua captada de un acuífero, se destaca que específicamente en su caso de estudio, la cloración fue la única fase de potabilización necesaria debido a la excelente calidad natural del recurso; aun así, para eliminar la contaminación microbiológica se aplicó desinfección química mediante cloro, demostrando que la captación de agua subterránea constituye una alternativa económicamente favorable en el proceso de potabilización, ya que el tratamiento de fuentes

superficiales habría requerido etapas más prolongadas y costosas en comparación con el agua procedente de dicho acuífero.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (2019), establece los límites máximos permitidos dentro de la caracterización del agua potable, diferenciando los parámetros físicos, inorgánicos y orgánicos, como se resume en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resumen de los límites máximo permitidos para agua potable.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Antimonio	mg/l	0.02
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.003
Cloro libre residual	mg/l	0.3 a 1.5
Coliformes fecales	ufc/ 100ml	ausencia
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Fluoruros	mg/l	1.5
Nitratos	mg/l	50
Nitritos	mg/l	3.0
Turbidez	NTU	5

*Nota.* Adaptado de (INEN, 2019)

Los procesos de purificación de agua que tienen como objetivo el consumo humano y es realizada por un municipio, suelen consistir en métodos como: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (Grzegorzek et al., 2023).

#### 2.1.4.1 Coagulación y floculación.

La coagulación es un proceso que se realiza mediante la adición de coagulantes como sulfato de aluminio o cloruro férrico, que desestabilizan partículas coloidales presentes en el agua cruda, promoviendo su aglomeración y remoción; la eficiencia de este proceso recae en factores como el pH, tipo y dosis de coagulante, composición química del agua y la intensidad de mezcla para permitir la formación de flóculos (Grzegorzek et al., 2023).

La floculación consiste en un proceso en el que, luego de la desestabilización de partículas, favorece la agrupación para formar partículas de mayor tamaño denominados flóculos (Hammer & Hammer Jr, 2011). Uno de los mecanismos principales es la floculación por barrido, en el cual, por hidrólisis del coagulante que actúa como una malla atrapa partículas coloidales,

formando así un flóculo de mayor tamaño y densidad que se separe fácilmente en un proceso de sedimentación (Grzegorzek et al., 2023).

#### 2.1.4.2 Sedimentación.

La sedimentación es un proceso que consiste en separar por gravedad los flóculos y los sólidos suspendidos resultantes de los procesos de coagulación y floculación, en tanques de sedimentación o decantadores donde las partículas más densas descienden al fondo del tanque ya que la velocidad del flujo de agua es baja y permite la formación de los lodos; a pesar de la simplicidad del proceso de sedimentación se requiere una limpieza periódica y mayor control directamente dependiente del índice de partículas suspendidas en el agua cruda (Grzegorzek et al., 2023).

#### 2.1.4.3 Filtración.

La filtración es un proceso que busca principalmente retener partículas finas y coloides remanentes (Hammer & Hammer Jr, 2011). Según Grzegorzek et al. (2023), uno de los métodos más empleados es la filtración lenta en arena, la cual se caracteriza por su bajo costo, simplicidad de diseño y alta eficiencia microbiológica; el filtro está constituido por tres capas:

- a) Capa superior de arena que proporciona una carga hidráulica constante y permite la precipitación inicial de partículas sedimentables.
- b) Lecho filtrante de arena fina que está conformado por granos de arena entre 0.15 a 0.35 mm, en el que se desarrolla una biopelícula que se encarga de la degradación de materia orgánica, inactivación de patógenos y reducción de turbidez y color.
- c) Capa inferior de grava, que actúa como soporte al lecho de arena y facilita el drenaje del agua filtrada, además evita la pérdida de partículas finas.

Por otro lado, la filtración rápida presenta una mayor tasa de filtración y emplea un lecho granular en el que el material suspendido se retiene dentro de los poros del medio; a diferencia de la filtración lenta, este método requiere retrolavados periódicos, lo que implica un mayor consumo de agua de lavado y una producción de lodos mayor (Hammer & Hammer Jr, 2011).

#### 2.1.4.4 Desinfección.

La desinfección del agua corresponde a la etapa final del tratamiento de potabilización; entre los desinfectantes más utilizados en los sistemas de agua potable, Choi et al. (2022) señalan el cloro gaseoso debido a su alta eficacia, bajo costo y capacidad de mantener un residual activo en la red de distribución, ya que al disolverse en agua forma ácido hipocloroso y ion hipoclorito, compuestos responsables de la inactivación de microorganismos patógenos y de la oxidación de materia orgánica, manteniendo un residual desinfectante que garantice la calidad

del agua durante la distribución. Una vez aplicada la desinfección, el agua tratada se conduce hacia los tanques de almacenamiento, desde donde se suministra a la red de distribución.

#### 2.1.4.5 Tanques de almacenamiento.

De acuerdo con el INEN (1992), un tanque de almacenamiento se define como un depósito cerrado destinado a disponer de una reserva de agua que permita compensar las variaciones en el consumo, atender demandas por incendios y cubrir situaciones de emergencia, estableciendo que la suma de estos volúmenes no deberá ser, en ningún caso, inferior a 15 m<sup>3</sup>, con lo cual se garantiza la continuidad del servicio ante condiciones imprevistas. Más allá de cumplir una función de almacenamiento, estos tanques actúan como reguladores hidráulicos de presión, ya que permiten equilibrar las variaciones de la red durante las horas pico de consumo y mantener un suministro constante y estable a lo largo del día (CONAGUA, 2016).

Con el fin de determinar el caudal distribuido de los tanques de almacenamiento, el INEN (1992), menciona que, para poblaciones ubicadas en la Sierra con menos de 5 000 habitantes, se debe instalar un medidor domiciliario a la salida del tanque, mientras que, si la población supera este límite, se debe incorporar un dispositivo de registro y medida compuesto por un tubo Venturi y un registrador-totalizador de caudales.

#### 2.1.5 Red de distribución.

El INEN (1992) define la red de distribución como el conjunto de elementos que permiten entregar agua potable a cada uno de los usuarios conectados, comprendiendo los usos residencial o doméstico, servicios públicos, comercio, industria y demanda contra incendios. Por otro lado, Liu et al. (2017), describe a las redes de distribución como el componente final de sistemas de abastecimiento de agua potable que tiene como función transportar agua tratada desde los tanques de almacenamiento hasta los usuarios.

##### 2.1.5.1 Tipos de redes de distribución.

###### a) Red ramificada.

La red ramificada son redes de distribución abiertas caracterizadas por una disposición lineal de tuberías que se ramifican en secundarias sin formar bucles; la ventaja de este tipo de distribución es su bajo costo de instalación, sin embargo, generan limitaciones ya que dificulta mantener presiones uniformes y genera zonas estancadas que puede reducir la calidad del agua por los sedimentos que se acumulan en estas zonas (Liu et al., 2017).

###### b) Red mallada.

La red mallada es una disposición de tuberías interconectadas que forman circuitos cerrados que permiten el flujo bidireccional del agua, además de reducir pérdidas de carga y mejorar la distribución de presiones (Liu et al., 2017). Una red ramificada genera zonas

estancadas que degradan la calidad del agua, a diferencia de la red mallada que las minimiza brindando al usuario una mejor calidad del agua (López Cualla, 1995).

c) Red mixta.

Combina los dos esquemas anteriores, realizando consideraciones poblacionales como el hecho de predominar una red mallada en una zona urbana con alta densidad poblacional, mientras que una red ramificada en sectores periféricos o una menor densidad de población, esto beneficia una mejor relación entre costo, parámetros hídricos y calidad del agua (Liu et al., 2017).

#### 2.1.5.2 Conexiones domiciliarias.

Según López Cualla (1995), para las conexiones domiciliarias se utilizan tuberías con un diámetro mínimo de ½ pulgada y máximo de 2½ pulgadas, dependiendo del tipo de uso y del grado de simultaneidad previsto en cada conexión.

Se debe garantizar una presión mínima de 10 metros de columna de agua (m.c.a.) y, en situaciones desfavorables, puede reducirse hasta 5 m.c.a. cuando el suministro se realiza mediante grifos públicos; por otro lado, las presiones estáticas no deben exceder los 70 m.c.a., mientras que las presiones dinámicas deben mantenerse por debajo de 50 m.c.a. (INEN, 1992).

### **2.2 Consumo de agua potable.**

El volumen de agua utilizado por persona en un día se denomina consumo de agua potable que se determina con base en los hábitos de consumo, las condiciones climáticas, la disponibilidad del recurso y el nivel de desarrollo de la población, para lo cual debe realizarse una investigación cualitativa sobre los hábitos de uso del agua con el fin de definir tarifas apropiadas por parte de la autoridad competente en la gestión del recurso (INEN, 1992).

#### **2.2.1 Población total y servida.**

La población total hace referencia al número total de personas que habitan un área determinada y su determinación se la realiza mediante censos o proyecciones (López Cualla, 1995).

La población servida corresponde a la fracción de la población que tiene cobertura de agua potable y se la estima como un porcentaje de la población total, mientras que el número de suscriptores de la red de agua potable corresponde al número de conexiones domiciliarias y no al número de habitantes (INEN, 1992).

#### **2.2.2 Categorías de usuarios en un sistema de agua potable.**

De acuerdo con el uso, la clasificación de los consumos puede diferenciarse en distintas categorías de usuarios, las cuales, según Steel y McGhee (1979), son: doméstico, comercial, industrial y uso público.

López Cualla (1995) define como usuario doméstico al que destina el agua potable a un uso residencial donde las actividades involucradas están principalmente relacionadas con la higiene y consumo humano; dichas actividades están englobadas por: aseo personal, descarga de sanitarios, lavado de ropa, cocina, riego de jardines, lavado de pisos.

El usuario comercial está relacionado con el consumo generado por comercios minoristas, mayoristas y edificios de oficinas, y depende del número de trabajadores, la intensidad de las actividades económicas y en ocasiones la extensión de la zona comercial, y no está en función de la población residente, por lo cual este tipo de consumo se suele interpretar en función del área de trabajo o terreno que posea el comercio (Hammer & Hammer Jr, 2011).

El usuario industrial corresponde a consumidores que basan sus actividades en la producción o transformación de productos, como fábricas o instalaciones manufactureras; este tipo de usuario utiliza el agua como insumo de los procesos industriales lo que hace que la demanda sea constante (Bonilla et al., 2023).

El usuario público o institucional está relacionado directamente con entidades del sector público, educativo, salud o administrativo, como oficinas gubernamentales, escuelas, universidades y hospitales; por lo que no es un consumo que se encuentre ligado a la producción, sino a la prestación de servicios administrativos que se sujeta a la variación horaria dependiente del horario laboral o académico (Bonilla et al., 2023).

### **2.2.3 Macromedición y micromedición.**

#### **2.2.3.1 Macromedición.**

Los equipos destinados a la macromedición son dispositivos cuya función es medir el caudal de agua que circula a través de una tubería, y debe garantizar que se registren y almacenen los datos del caudal de manera continua en períodos de hora o minutos (Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA], 2022b).

En este contexto, el ARCA (2022b) determina que los puntos de medición deben ubicarse estratégicamente en la salida de las plantas de tratamiento y en la entrada y salida de los sistemas de almacenamiento de agua potable, de manera que se garantice un monitoreo integral del flujo dentro del sistema de distribución.

La clasificación de los macromedidores se basa en los mecanismos que cuentan para contabilizar el caudal que pasa por ellos, y según el ARCA (2022b) los que principalmente se usan en Ecuador son:

- a) Los medidores de velocidad que ocupan una turbina o hélice en la tubería tomando el flujo de agua para que en relación con el número de revoluciones se pueda definir la información equivalente a volúmenes.

- b) Los medidores de presión diferencial son equipos que a partir de la diferencia de presión generada en una sección de paso define la magnitud de caudal.
- c) Los medidores ultrasónicos determinan el caudal mediante la transmisión de una señal acústica a través del fluido, y su principio se basa en medir el tiempo de tránsito de la señal.
- d) Los medidores electromagnéticos miden el caudal basándose en la ley de Faraday, y establece que al pasar un fluido conductor por un campo magnético se induce una fuerza electromotriz proporcional a su velocidad.

#### 2.2.3.2 Micromedición.

Los micromedidores son equipos regulados por el prestador de servicio de agua potable que tienen la función de registrar el volumen de agua que ingresa de la red de distribución a la acometida de cada domicilio en el cual se encuentre instalado; para poder recuperar información de estos medidores es necesario que el personal del prestador del servicio se acerque a registrar el volumen consumido (ARCA, 2022a).

La Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA] (2022a) clasifica a los dispositivos de micromedición en:

- a) Medidores de velocidad: los cuales registran los volúmenes de agua mediante un procedimiento mecánico que genera el flujo de agua al producir un giro sobre una turbina o hélice.
- b) Medidores volumétricos: se mide a través de la oscilación de un disco en la cámara de medición, el cual hace girar a un magneto y mediante la inducción magnética transmite el registro a un imán seguidor.

Para garantizar un funcionamiento confiable, el ARCA (2022a) establece que los medidores deben operar bajo una presión recomendada de 10 bares, sin exceder los 16 bares de presión, y mantener una curva de error máxima del 5 % en el rango inferior y del 2 % en el rango superior, de modo que su desempeño sea preciso, estable y satisfactorio.

### **2.2.4 Consumos de agua potable y factores que inciden en el consumo.**

#### 2.2.4.1 Consumos de agua potable según categoría de usuarios.

Steel y McGhee (1979) señala que el uso doméstico o residencial comprende todo el suministro de agua destinado a actividades de higiene, cocina y baño, los cuales son consumos variables, dependientes de las rutinas y hábitos domésticos, cuyo rango habitual se encuentra entre 75 y 380 L/hab.d, incluye consumos asociados al uso de sistemas de aire acondicionado, radiadores, calefacción por piso y jardinería, y representa como mínimo el 50 % del consumo

total de una población, siendo más significativo en localidades pequeñas, donde el consumo doméstico y residencial ocupa una mayor proporción del total.

Por otro lado, las actividades industriales y comerciales conforman otra categoría. Steel y McGhee (1979) señalan que, aunque sus características varían según la localidad y el tipo de producción, en poblaciones superiores a 25 000 habitantes este consumo suele representar aproximadamente un 15% del total, y se estima que para las actividades comerciales el consumo se encuentre alrededor de 100 L/hab.d.

Finalmente, las instalaciones de uso público, como entidades municipales, centros penitenciarios, escuelas, universidades y servicios de apoyo comunitario (por ejemplo, riego de parques, limpieza de calles o estaciones de bomberos), presentan dotaciones de entre 50 y 75 litros per cápita diarios; este tipo de consumo no suele generar beneficios económicos directos para las empresas de agua potable, aunque resulta esencial para el funcionamiento urbano y social de las ciudades (Del Giudice et al., 2020).

#### 2.2.4.2 Factores que inciden en el consumo de agua potable.

Según López Cualla (1995), los factores que influyen en el consumo de agua potable están relacionados con aspectos socioeconómicos, meteorológicos y técnicos, entre los cuales destacan:

- a) La temperatura ambiental, que incrementa el consumo a medida que aumenta, debido a la necesidad de un mayor aseo personal, mayor hidratación y el incremento del riego en áreas con producción agrícola.
- b) La calidad del agua, que influye directamente en el aumento del consumo, ya que la confianza en la potabilidad del recurso motiva un uso seguro, mientras que una estructura tarifaria adecuada puede fomentar un consumo racional.
- c) El nivel de desarrollo de la población objetivo del sistema, ya que el nivel socioeconómico condiciona la disponibilidad de artefactos como duchas, lavadoras, sanitarios o sistemas de riego.
- d) La existencia del servicio de alcantarillado también afecta el consumo de agua potable, ya que en sectores perimetrales o rurales que no cuentan con sistemas de evacuación y priorizan el uso de letrinas, se reduce el consumo por habitante al no ocupar el aparato sanitario correspondiente.
- e) Los medidores y tarifas están relacionadas con el consumo de agua potable, ya que mientras la tarifa sea menor influye a los consumidores para que tengan un consumo mayor, mientras que al momento de subir la tarifa es cuando se toman medidas para racionalizar el consumo domiciliario.

### 2.2.5 Dotación neta y dotación bruta.

En el diseño de sistemas de agua potable, la dotación hace referencia al volumen promedio diario de agua consumido por habitante, diferenciando dos tipos de dotación: neta y bruta (INEN, 1992).

#### 2.2.5.1 Dotación neta.

López Cualla (1995) define la dotación neta como la cantidad de agua destinada exclusivamente al consumo directo por habitante, sin incluir pérdidas. Con una base de datos compuesta por los registros de consumo de cada conexión perteneciente al sistema, puede determinarse una dotación neta mediante la ecuación (1) del Instituto Nacional de Normalización [INN] (2015).

$$D_{neta\ total} = \frac{CT}{PS \times D_p} \times \frac{1\ 000\ L}{1\ m^3} \quad (1)$$

Donde:

$D_{neta\ total}$  = Dotación neta total (L/hab.d).

$CT$  = Volumen total facturado (consumo) acumulado en el período  $p$  ( $m^3$ ).

$PS$  = Población servida (hab).

$D_p$  = Días en el período analizado (d).

En la Tabla 2 se observa que, según la norma INEN (1992), ante la ausencia de datos reales de consumo y para estudios de factibilidad, la dotación debe determinarse con base en el clima y el tamaño poblacional.

**Tabla 2.** Dotación neta según población y clima.

Población	Clima	Dotación media futura (L/hab/d)
Hasta 5 000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5 000 a 50 000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50 000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

*Nota.* (INEN, 1992, pág 41).

#### 2.2.5.2 Dotación bruta.

La dotación bruta corresponde al volumen total de agua que debe producirse para cubrir el consumo neto junto con las pérdidas técnicas y comerciales del sistema, valor que puede

obtenerse mediante la multiplicación de un factor que considera dichas pérdidas, las cuales pueden oscilar entre 5% y 45%, dependiendo de la calificación de eficiencia del sistema (López Cualla, 1995). Para su determinación, utilizando registros existentes, se emplea la ecuación (2) tomada del INN (2015) que permite definir la dotación bruta en (L/hab.d).

$$D_{bruta} = \frac{PT}{PS \times D_p} \times \frac{1\,000\,L}{1\,m^3} \quad (2)$$

Donde:

$D_{bruta}$  = Dotación bruta (L/hab.d).

$PT$  = Volumen total producido (producción) acumulado en el período ( $m^3$ ).

$PS$  = Población servida (hab).

$D_p$  = Días en el período analizado (d).

### 2.2.6 Factores de mayoración de caudal máximo diario y máximo horario.

La relación entre el caudal máximo observado en un período determinado y el caudal promedio define un coeficiente adimensional conocido como factor de mayoración o factor pico, parámetro que se utiliza en el dimensionamiento de los componentes de las redes de agua potable, garantizando que las infraestructuras puedan soportar las demandas máximas instantáneas sin riesgo de saturación (INN, 2015).

Según Bose et al. (2012), la magnitud de este factor está estrechamente relacionada con el número de consumidores, existiendo una relación inversamente proporcional entre ambos, es decir que, a menor número de usuarios, mayor es el valor del factor pico; en sus observaciones se determinó que para una población de 100 000 consumidores el factor de mayoración alcanza un valor de 1.5, mientras que para un apartamento ocupado por dos personas puede alcanzar un valor de hasta 98. En la Tabla 3, se indica los factores de mayoración para consumos máximos diarios y horarios cuando no se puede realizar un estudio a sistemas existentes.

**Tabla 3.** Factores de mayoración por consumo máximo diario y horario.

Factor de mayoración	Rango
Máximo diario	1.3 – 1.5
Máximo horario	2.0 – 2.3

*Nota.* (INEN, 1992, pág 43).

De acuerdo con ecuaciones del INN (2015), el caudal medio diario anual puede determinarse con base en los registros de macromedición, valor que constituye un componente necesario para la obtención del factor de mayoración (K) y que puede calcularse mediante las siguientes expresiones.

$$Qmd_a = PT_a \times \frac{1\,000\,L}{1\,m^3} \times \frac{1\,año}{D_{pa}} \times \frac{1\,d}{86\,400\,s} \quad (3)$$

$$KQMH = \frac{QMH}{Qmd} \quad (4)$$

$$KQMD = \frac{QMD}{Qmd} \quad (5)$$

Donde:

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

$PT_a$  = Producción anual total ( $m^3/año$ ).

$D_{pa}$  = Días en el año de análisis (d)

$KQMH$  = Factor pico del caudal máximo horario.

$KQMD$  = Factor pico del caudal máximo diario.

$QMH$  = Caudal máximo horario (L/s).

$QMD$  = Caudal máximo diario (L/s).

### 2.2.7 Caudales de diseño.

Según Del Giudice et al. (2020), el caudal de diseño es un parámetro fundamental para el dimensionamiento de estructuras relacionadas al sistema de agua potable, desde la captación hasta la distribución, ya que representa un volumen a transportar o almacenar durante un período determinado que garantiza su abastecimiento y estabilidad durante el horizonte de diseño previsto. En la Tabla 4 se indican los caudales de diseño de diferentes elementos del sistema de agua potable.

**Tabla 4.** Caudales de diseño según el elemento del sistema de agua potable.

Elemento	Caudal
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

*Nota.* (INEN, 1992, pág 44).

### 2.2.8 Catastro de usuarios.

De acuerdo con la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Agua Potable y Alcantarillado de Loreto [EPS SEDALORETO] (2015), un catastro bien estructurado debe integrar

información del predio como el código catastral, la dirección, las coordenadas geográficas, información del usuario, la categoría tarifaria y el estado (activo o suspendido), así como características técnicas de la conexión, entre ellas el diámetro, el material, la ubicación y los accesorios instalados.

El sistema debe registrar información del medidor, incluyendo la marca, el número de serie, el calibre, el año de instalación y las lecturas históricas, junto con el historial de consumo, facturación y pagos, el estado comercial y las condiciones físicas del punto de suministro, tales como la presencia de fugas, bypass o irregularidades; además, la incorporación de croquis, fotografías y georreferenciación, lo cual fortalece la trazabilidad del sistema y facilita las labores de operación y mantenimiento, garantizando la confiabilidad de los datos para la toma de decisiones operativas y la gestión comercial del servicio (EPS SEDALORETO, 2015).

## **2.3 Pérdidas de agua.**

### **2.3.1 Pérdidas técnicas y comerciales.**

Las pérdidas de agua se definen como el volumen que ingresa al sistema de abastecimiento pero no es contabilizado ni facturado por la empresa prestadora del servicio, se originan principalmente por el deterioro de la infraestructura, la presencia de conexiones clandestinas y la ocurrencia de fugas, y se cuantifican mediante el índice de agua no contabilizada, por lo tanto, pueden interpretarse como la diferencia anual entre el volumen total producido y el volumen total consumido (López Cualla, 1995).

#### **2.3.1.1 Pérdidas técnicas.**

Las pérdidas técnicas corresponden al volumen de agua desperdiciado dentro del sistema debido a problemas en la infraestructura instalada, como puede ser: tuberías, tanques, válvulas, conexiones, accesorios, macromedidores y micromedidores (ARCA, 2022c).

El ARCA (2022c) señala que las pérdidas técnicas se pueden agrupar en tres tipos:

- a) Las fugas detectables, que corresponden a roturas evidentes generadas por fallas estructurales o de diseño en las tuberías y accesorios. Generalmente se manifiestan como afloramientos de agua cristalina visibles a simple vista, los cuales pueden ocasionar disminuciones de presión en la red afectada.
- b) Las fugas no detectables, que se presentan en juntas deterioradas o en tuberías que desarrollan microfisuras en materiales susceptibles a la corrosión. Una característica particular de este tipo de fugas es que no afloran a la superficie, sino que permanecen como filtraciones subterráneas.
- c) Los sobreflujos en tanques, que constituyen pérdidas generadas por el mal funcionamiento del dispositivo flotador encargado de controlar el nivel de agua. Cuando

falla se producen descargas continuas, especialmente durante las horas de menor demanda.

### 2.3.1.2 Pérdidas comerciales.

Las pérdidas comerciales representan el volumen de agua consumida que no genera ingresos y están directamente relacionadas con la gestión administrativa y comercial de la entidad prestadora del servicio (ARCA, 2022c).

Los factores que influyen a las pérdidas comerciales según el ARCA (2022c) son:

- a) Los consumos ilegales debido a conexiones clandestinas o fraudulentas.
- b) Usuarios que no tienen instalado un micromedidor generando consumos no medidos.
- c) Consumos medidos no facturados debido a errores de lectura o en la transmisión de datos.
- d) Errores administrativos en el procesamiento de datos o en la facturación.

### 2.3.2 Índice de agua no contabilizada.

El índice de agua no contabilizada (IANC) constituye un indicador clave para evaluar la eficiencia y la gestión operativa de las entidades prestadoras del servicio de agua potable, pues refleja el volumen total asociado a las pérdidas técnicas y comerciales del sistema; en este sentido, un valor elevado del IANC representa una señal de alerta, ya que evidencia deficiencias en el control y distribución del recurso, lo que a su vez afecta la calidad del servicio y compromete la sostenibilidad financiera de la empresa (ARCA, 2022c).

Este parámetro es señalado por el ARCA (2017), detallando que para los prestadores de servicio de agua potable al exceder el 35% se deberá incorporar a los planes de mejora proyectos que reduzcan el indicador de agua no contabilizada en la red. A pesar de ello el ARCA (2021), señala en la Tabla 5 la clasificación que califica el desempeño en relación con el porcentaje de agua no contabilizada.

**Tabla 5.** Rangos de desempeño según índice de agua no contabilizada

Categoría de desempeño	Rango (%)
Rango I – Alto	$4.8 \leq \text{IANC} \leq 30$
Rango II – Medio	$30 < \text{IANC} \leq 45$
Rango III – Bajo	$\text{IANC} > 45$

*Nota.* Adaptado de (ARCA, 2021).

La ecuación (6) tomada del INN (2015), determina como calcular el índice de agua no contabilizada en el período de un año de consumo y producción.

$$\text{IANC} = \left( \frac{PT - CT}{PT} \right) \times 100 \quad (6)$$

Donde:

IANC = Índice de agua no contabilizada (%).

PT = Producción anual total ( $m^3/año$ ).

CT = Consumo anual total facturado ( $m^3/año$ ).

### 2.3.3 Índice de pérdidas por suscriptor.

El índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) es un indicador que cuantifica cuántos metros cúbicos de agua se pierden por suscriptor al mes (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básicos [CRA], 2014).

Un beneficio fundamental del uso del IPUF es que se expresa en función de cada suscriptor, lo que permite realizar comparaciones homogéneas entre distintos prestadores del servicio de agua potable, independientemente del tamaño o la escala del sistema, de esta manera se evitan distorsiones asociadas a la magnitud de la población atendida, algo que sí ocurre con el IANC, ya que este último depende del balance hídrico global del sistema y no del comportamiento individual del suscriptor (CRA, 2014).

La ecuación (7) tomada del CRA (2014), permite definir el índice de pérdidas por suscriptor facturado en el período de un año, el cual se expresa en unidades  $m^3/suscriptor/mes$ , y se recomienda que sea menor o igual a  $6 m^3/suscriptor/mes$  para poder garantizar el estándar de eficiencia del sistema.

$$IPUF = \frac{AS_0 - AF_{0,ac}}{N_{0,ac} * 12} \quad (7)$$

Donde:

IPUF = Índice de pérdidas por suscriptor facturado en el año base ( $m^3/suscriptor/mes$ ).

$AS_0$  = Agua potable suministrada en el año base (volumen producido) ( $m^3/año$ ).

$AF_{0,ac}$  = Consumo de agua facturada para el servicio domiciliario en el año base (volumen consumido facturado) ( $m^3/año$ ).

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

### 2.3.4 Plan de reducción de pérdidas.

El plan de reducción de pérdidas debe partir de un diagnóstico integral del sistema y, para ello, se requiere comprender primero cómo, dónde y por qué se pierde el agua dentro de la red, de modo que el análisis del estado actual incluya el balance hídrico, la identificación de las pérdidas reales y aparentes y la caracterización de sus factores influyentes, lo que permite vincular las fallas estructurales, operativas y de gestión con la magnitud de las pérdidas y, en

consecuencia, establecer una línea base confiable desde la cual formular acciones sostenibles (Fallis et al., 2011).

El plan debe estructurar una estrategia técnica coherente, en el que se señale indicadores de desempeño a evaluar y seleccionar las intervenciones adecuadas, lo que implica articular medidas como la gestión de presiones, la detección activa de fugas, la mejora en la velocidad y calidad de reparaciones y la planificación de la rehabilitación de infraestructura, mientras se fijan metas realistas que orienten la ejecución y permitan priorizar inversiones con criterios de eficiencia (Fallis et al., 2011).

En un plan estratégico de reducción de pérdidas existen programas típicos que permiten reducir pérdidas reales y aparentes y sostener el control en el tiempo, entre los cuales se incluyen: instalación y recambio de medidores para reducir la inexactitud, sectorización hidráulica y gestión de presiones, fortalecimiento del manejo de información comercial y catastro de clientes, fortalecimiento de normativa interna para evitar consumos no autorizados, renovación de infraestructura que ha cumplido su vida útil y calidad de reparaciones e implementación de programas de control activo de fugas (Cedeño et al., 2021).

### **3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR TECHO PROPIO DE LA PARROQUIA PISHILATA DE LA CIUDAD DE AMBATO.**

#### **3.1 Información general del sector.**

La ciudad de Ambato, capital de la provincia de Tungurahua, se ubica en la región Sierra centro del Ecuador, y administrativamente el cantón se divide en varias parroquias urbanas y rurales; entre las urbanas se encuentran La Península, Atocha, Ficoa, Huachi Loreto, La Merced, San Francisco, La Matriz, Huachi Chico, Celiano Monge y Pishilata, y, por otro lado, entre las parroquias rurales se encuentran Ambatillo, Atahualpa, Augusto N. Martínez, Constantino Fernández, Huachi Grande, Izamba, Juan Benigno Vela, Montalvo, Pasa, Picaihua, Pilahuín, Quisapincha, San Bartolomé, San Fernando, Santa Rosa, Totoras, Cunchibamba, Unamuncho (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato [GADMA], 2017).

La parroquia Pishilata posee una superficie político-administrativa de 1 760.51 hectáreas, lo que representa el 1.72 % del área cantonal (GADMA, 2017), y dentro de esta parroquia se localiza el sector Techo Propio, situado aproximadamente a siete kilómetros del casco urbano de Ambato, con una altitud cercana a 2 577 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 15 °C (Valle, 2013). El Concejo Cantonal de Ambato (2009) incorpora al sector Techo Propio dentro de la Pieza Urbana 14 junto con el poblado de Tiuhua conformando una extensión aproximada de 547

hectáreas; se destaca que esta pieza territorial se originó como un asentamiento informal caracterizado por un déficit de infraestructura básica y por el incumplimiento de las ordenanzas urbanas establecidas. En la Figura B.1 (Anexo B) se presenta la ubicación del sector Techo Propio a escala provincial, delimitando los cantones de Tungurahua y su localización dentro de la ciudad de Ambato.

### **3.2 Descripción general del sistema de agua potable de Ambato.**

El sistema de agua potable de Ambato dispone de 14 subsistemas de agua potable, cuyas captaciones corresponden tanto a fuentes subterráneas como superficiales. Posee plantas de tratamiento destinadas principalmente para fuentes superficiales, mientras que los demás procesos de potabilización disponen solamente de desinfección con cloro, como lo detalla la Figura A.1 del anexo A, en donde se esquematizan la ubicación de las diferentes plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y tanques de reserva de la ciudad de Ambato.

#### **3.2.1 Fuentes de abastecimiento de agua**

La Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A] dispone de 27 fuentes de captación, de las cuales el 60 % corresponde a vertientes subterráneas ubicadas en zonas de recarga hídrica que poseen buena calidad natural y caudales relativamente constantes, siendo ejemplos relevantes las vertientes de Quillán, Tilulum y Curiquingue (Alcivar, 2025).

Las fuentes superficiales que representan el 40 % restante, incluyen el río Ambato, río Alajua, el canal Huachi-Pelileo, el embalse de la represa Chiquihurco y Mula Corral, y debido a su interacción directa con la escorrentía estas fuentes están expuestas a aumentos súbitos de turbiedad, contaminación por vertidos y variabilidad de caudal (Alcivar, 2025).

Los pozos administrados por la EP-EMAPA-A se encuentran en San Francisco, Techo Propio y Cochabamba, mismos que operan con equipos de bombeo dependientes de energía eléctrica que los vuelve altamente vulnerables ante fallas o interrupciones en el suministro eléctrico, ya que no poseen respaldo energético (Alcivar, 2025).

#### **3.2.2 Plantas de tratamiento**

Los sistemas de tratamiento de la EP-EMAPA-A están conformados por las plantas de Casigana, Tilulum, Apatug y Santa Marianita, cuyas capacidades oscilan entre 25 l/s y 400 l/s; sin embargo, la producción efectiva puede ser menor debido a la variación existente en los caudales de entrada, y operan bajo un esquema tradicional de potabilización que incluye procesos de floculación, sedimentación y desinfección mediante cloración (Alcivar, 2025).

### 3.2.3 Estaciones de bombeo

La EP-EMAPA-A opera 27 estaciones de bombeo que cuentan principalmente con bombas centrífugas de eje vertical y tableros de control automático, entre las cuales destacan Quillán Playa, San Francisco, Techo Propio, Socavón y Curiquingue, las cuales son vulnerables ante cortes de energía eléctrica y desgaste de impulsores, por lo que requieren un mantenimiento preventivo frecuente (Alcivar, 2025).

### 3.2.4 Tanques de reserva

La entidad prestadora de servicio dispone de 62 tanques de almacenamiento, con una capacidad total de 38 785 m<sup>3</sup>, situados en función de necesidades y crecimiento poblacional (Alcivar, 2025). En la Tabla 6 se presentan los principales tanques de reserva de la ciudad de Ambato, de los cuales se puede destacar que el tanque de reserva de Techo Propio registra una capacidad de 1 000 m<sup>3</sup>.

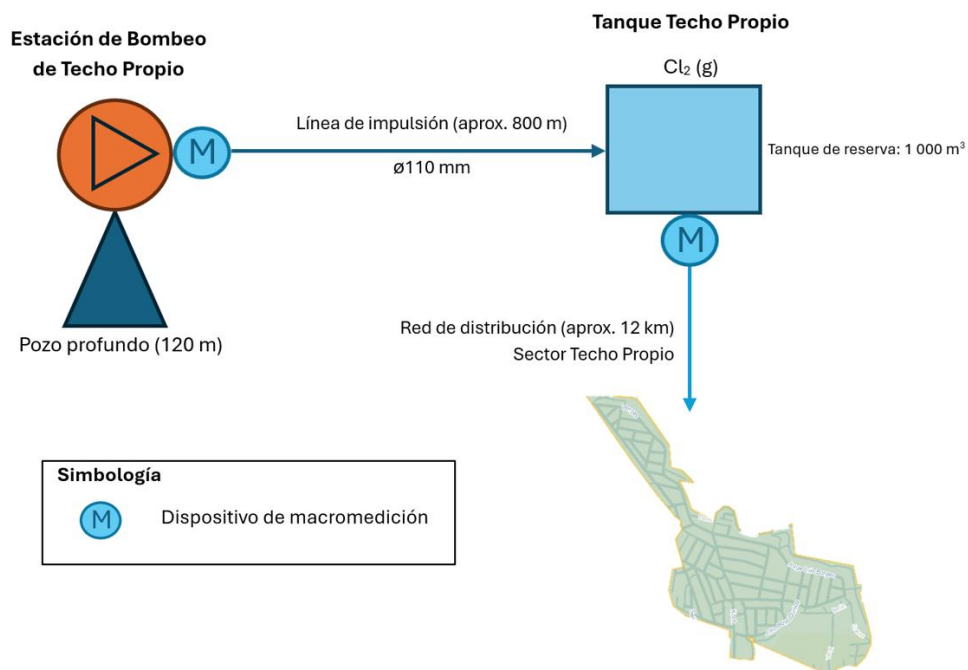
**Tabla 6.** Principales tanques de reserva de la ciudad de Ambato.

Zona	Tanques de reserva	Número de tanques	Capacidad m <sup>3</sup>
Centro	Troya	3	1 000
Centro	La Floresta	2	2 000
Norte	Apatug	2	1 500
Norte	Yaculoma	1	2 000
Norte	Quillán	1	1 000
Norte	Macasto	1	1 000
Norte	Atahualpa	1	1 000
Sur	Techo Propio	1	1 000
Sur	San Francisco	1	1 000
Sur	La Joya	1	1 000
Sur	San José	1	1 000

*Nota.* (Alcivar, 2025)

### 3.3 Descripción de los componentes del sistema de agua potable del sector Techo Propio.

El sector Techo Propio de la ciudad de Ambato, parroquia Pishilata, posee un sistema independiente de agua potable. La captación de este sistema se realiza mediante un pozo profundo, el cual a través de la línea de impulsión conduce el agua al tanque de reserva en donde se realiza el proceso de desinfección antes del ingreso a la red de distribución. En Techo Propio la totalidad del caudal del pozo profundo almacenado en el tanque de reserva es exclusivamente para este sector, estableciendo así la independencia de este sector frente a los demás sistemas de bombeo, almacenamiento y distribución de la ciudad de Ambato. En la Figura 1, se esquematiza cada una de las fases que presenta el sistema de agua potable del sector Techo Propio, además en la Figura B.2, Anexo B se encuentra un mapa esquematizado del sistema de agua potable del sector Techo Propio.



**Figura 1.** Esquema del sistema de agua potable del sector Techo Propio.

### 3.3.1 Pozo profundo.

El sector Techo Propio se abastece de aguas subterráneas, captadas mediante un pozo profundo de 120 m de profundidad, equipado con una bomba sumergible tipo turbina de eje vertical que descarga un caudal de 20 L/s, y está provista de un motor eléctrico localizado en la superficie (Alcivar, 2025). En la Figura 2, se observa el motor de la bomba de turbina vertical antes referida.



**Figura 2.** Motor del sistema de bombeo Techo Propio.

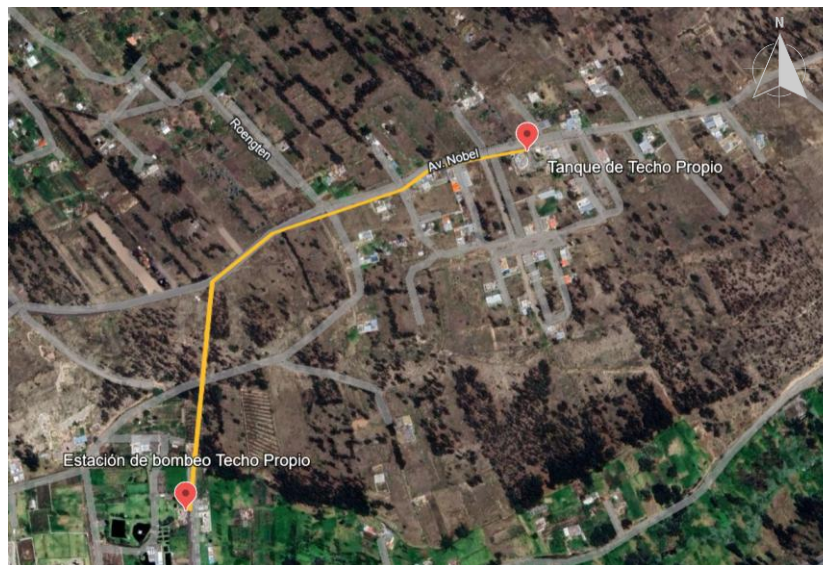
En la línea de impulsión del sistema de bombeo se encuentra instalado un sistema de macromedición que mide el caudal extraído, como se puede ver en la Figura 3, en la cual al momento de realizar la visita técnica se encontraba extrayendo un caudal de 13.7 l/s.



**Figura 3.** Registrador de caudal macromedición del pozo profundo.

### 3.3.2 Conducción.

A partir del pozo profundo, se impulsa el agua cruda a través de una tubería de 110 mm hasta la planta de Techo Propio, en donde el proceso de desinfección se realiza en el tanque de reserva. La línea de conducción sigue un recorrido aproximado según se presenta en la Figura 4, el cual tiene un trayecto de aproximadamente 800 metros de longitud de tubería (W. Alcivar, comunicación personal, 19 de septiembre de 2025). La conducción presenta una elevación inicial aproximada de 2573 m.s.n.m., y al llegar a la planta de Techo Propio alcanza una altura de 2651 m.s.n.m., aproximadamente (Google, 2025b).



**Figura 4.** Línea de impulsión sector Techo Propio (Google Earth, 2025a).

### 3.3.3 Potabilización.

El análisis de calidad de agua realizado por el Laboratorio de Control de Calidad de la EP-EMAPA-A (Figura C.1, Anexo C), al compararlo con los límites establecidos en la NTE INEN

1108 (Tabla 1), evidencia el cumplimiento, debido a que los parámetros evaluados se mantienen por debajo de los valores máximos permitidos. Por ello, para el caso del pozo profundo de Techo Propio, el proceso de potabilización se concreta principalmente en la etapa de desinfección mediante la aplicación de cloro gas, asegurando el cumplimiento de los requisitos de la NTE INEN 1108. En la Figura 5 se observan los equipos que conforman el sistema de cloración, el cual incluye un cilindro de almacenamiento, dispositivos de regulación de vacío, clorador, balanza y sistema de monitoreo de cilindros.



**Figura 5.** Conjunto de equipos que forman parte del sistema de cloración.

El clorador observado, modelo Regal gas chlorinator de la Figura 6, constituye una parte fundamental del proceso ya que este dispositivo permite dosificar mediante el rotámetro, permitiendo ajustar la dosificación que se aplicará según el caudal de agua cruda, demanda de cloro y contenido de cloro residual en la red. El proceso de inyectar el cloro gas se lo realiza directamente en el tanque de almacenamiento, donde se presenta el proceso de inactivación microbiológica, para su posterior distribución (Alcivar, 2025).



**Figura 6.** Dosificador de gas cloro.

El sistema de cloración cuenta con un sistema de pesaje y monitoreo de cilindros, como se puede ver en la Figura 7 el cual permite registrar en tiempo real el peso del cilindro de cloro gas, lo que facilita controlar el consumo diario y planificar el reemplazo oportuno del cilindro.



**Figura 7.** Sistema de pesaje y monitoreo para cilindros de cloro gas.

### 3.3.4 Tanque de reserva

El sector Techo Propio dispone de un tanque de almacenamiento que posee una capacidad de almacenamiento de 1 000 m<sup>3</sup> (Alcivar, 2025). En la Figura 8 se puede observar el tanque circular construido con hormigón armado.



**Figura 8.** Tanque de reserva de Techo Propio.

Este reservorio recibe el agua ya clorada mediante el sistema descrito previamente, permitiendo que exista la cantidad de cloro libre residual que garantice la calidad del suministro (W. Alcivar, comunicación personal, 19 de septiembre de 2025). A la salida de este tanque se encuentra un macromedidor, como se puede ver en la Figura 9, el cual al momento de realizar la visita técnica midió un caudal de salida del tanque de 17.3 l/s; se destaca que los datos que se analizarán en el capítulo 4 sobre el agua producida corresponden al registro de este macromedidor.



**Figura 9.** Registros de macromedición correspondiente a la salida del tanque de reserva.

### 3.3.5 Redes de distribución

Las redes de distribución correspondiente al sector Techo Propio que parten del tanque de reserva ubicada en la planta de Techo Propio poseen un material mayoritariamente de PVC, con diámetros de tubería entre 110 mm y 62 mm. A pesar de que no se cuenta con un catastro total de las redes, se puede estimar que la longitud total de tubería es de aproximadamente 12 km (W. Alcívar, comunicación personal, 24 de noviembre de 2025). En el sistema de agua potable del sector Techo Propio se encuentran presentes 808 usuarios, en donde existe una cobertura de micromedición del 100% es decir que consta un equipo de medición por cada usuario existente en el sector.

## 3.4 Sistema de macromedición y micromedición.

### 3.4.1 Macromedición

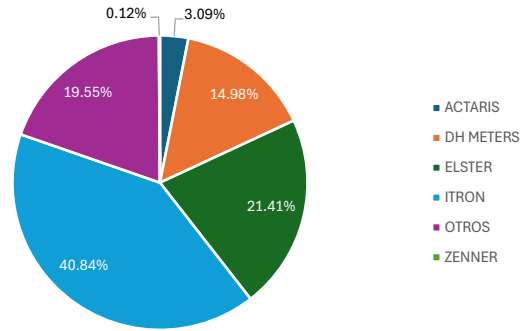
En el sistema de Techo Propio existen dos macromedidores, uno que se encuentra en la línea de impulsión que parte de la estación de bombeo, y otro que se encuentra en la salida del tanque de reserva. Los datos otorgados por la EP-EMAPA-A corresponden a esos dos macromedidores, los cuales registran caudales horarios y para cuyo procesamiento disponen de un transmisor Siemens (Figura 10) que se encarga de procesar la información y determinar el caudal con base al volumen registrado por el macromedidor en función del tiempo.



**Figura 10.** Transmisor electromagnético Siemens.

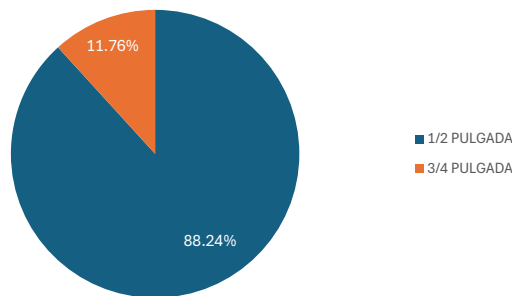
### 3.4.2 Micromedición

El sector Techo Propio dispone de 808 micromedidores, de los cuales 789 corresponden a la categoría residencial, mientras que los 19 restantes corresponden a la categoría comercial; es importante destacar que en el sector Techo Propio no existe presencia industrial. De esta manera en la Figura 11 se puede identificar el porcentaje de micromedidores instalados por marca.



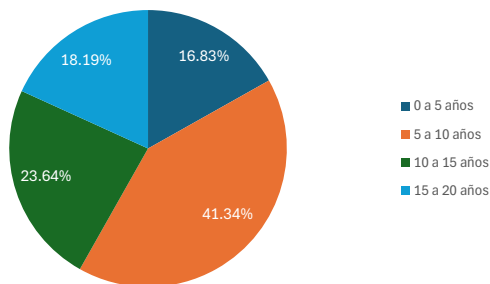
**Figura 11.** Marcas de micromedidores del sector Techo Propio (EP-EMAPA-A, 2025).

En la Figura 12 se puede diferenciar la variabilidad entre diámetros de acometidas, denotando que, de los 808 suscriptores, la mayoría (88.24%) tiene micromedidor  $\frac{1}{2}$  pulgada, y que, por otro lado, 95 usuarios (11.76%) poseen una acometida de  $\frac{3}{4}$  (EP-EMAPA-A, 2025).



**Figura 12.** Diámetro de micromedidores del sector de Techo Propio (EP-EMAPA-A, 2025).

En la Figura 13 se cuantifican porcentualmente dentro de qué intervalos se puede catalogar la antigüedad de los micromedidores instalados.



**Figura 13.** Antigüedad de micromedidores del sector Techo Propio (EP-EMAPA-A, 2025).

### 3.5 Usuarios del sistema de agua potable.

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A] en su Reglamento interno de prestación de servicios, prohibiciones y sanciones, establece las categorías aplicables para los servicios de agua potable y alcantarillado.

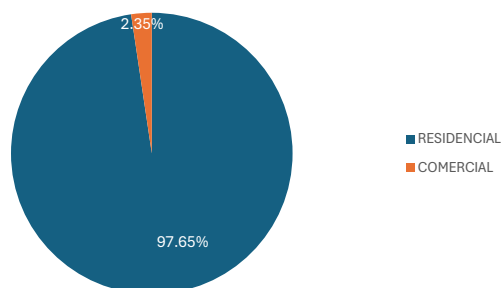
La EP-EMAPA-A (2022) destina la categoría residencial a los usuarios que utilizan el servicio de agua potable para atender necesidades vitales; esta categoría incluye instituciones

públicas, establecimientos públicos, establecimientos de educación de cualquier nivel, empresas mercantiles o locales comerciales que su base imponible de la patente municipal no supere USD 3 000.

La categoría comercial representa a los usuarios que utilizan el servicio de agua potable en inmuebles comerciales o prestadores de bienes o servicios con fines de lucro, cuya base imponible de la patente municipal supere USD 3 000; en esta categoría también se encuentran predios públicos o privados que cuenten con piscinas (EP-EMAPA-A, 2022).

La categoría industrial pertenece a usuarios que utilizan el agua potable como materia primera o elemento necesario en procesos constructivos (EP-EMAPA-A, 2022).

Adicionalmente, existe una categoría especial que engloba a todos los usuarios que poseen beneficios tarifarios debido a que poseen una condición de discapacidad, tercera edad y condición socioeconómica (EP-EMAPA-A, 2020). En la Figura 14 se presenta el porcentaje de usuarios por cada categoría. Para el efecto se agrupó las categorías residenciales con discapacidad y residencial tercera edad, ya que esta diferenciación principalmente tiene un enfoque tarifario más no de la naturaleza del consumo.



**Figura 14.** Categorías de usuarios del sector de Techo Propio (EP-EMAPA-A, 2025).

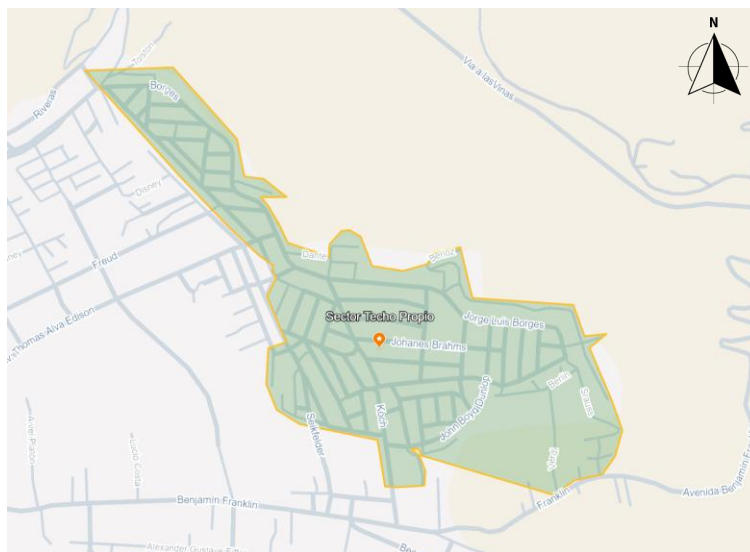
### **3.6 Descripción del catastro de usuarios implementado.**

El catastro de usuarios del sector Techo Propio, parroquia Pishilata del cantón Ambato, es una base datos en Excel administrado por la EP-EMAPA-A que reúne datos completos sobre los suscriptores del sistema de agua potable. Incluye la clasificación del usuario según su actividad, la localización exacta de los predios, la identificación del titular, los documentos que respaldan la propiedad o uso, el estado operativo del servicio y los consumos históricos. Este catastro se actualiza regularmente para asegurar que la información permanezca vigente y sea útil para la gestión y planificación del servicio. También integra elementos técnicos y administrativos tales como nombres de calles, referencias del sector, parroquia, condición del servicio, fecha de instalación, así como el número de serie, diámetro y marca del medidor, además de la categoría tarifaria y la antigüedad del medidor.

## 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 4.1 Selección del área de investigación.

Para el desarrollo de la presente investigación, orientada a estimar el comportamiento de los consumos de agua potable, los factores de caudales máximos diario y horario, las dotaciones y el índice de agua no contabilizada, se definió como área de estudio el sector Techo Propio, ubicado en la parroquia urbana de Pishilata, ciudad de Ambato, cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Se consideró el área por disponer de una cobertura del 100% de micromedición, además de macromedidores a la salida del tanque de almacenamiento. En la selección de este sector se consideró además que los volúmenes registrados por micromedición correspondan a la misma área a la que corresponde la macromedición, es decir, que no existan interferencias provenientes de otros sectores ni aportes externos al sistema. En la Figura 15 se presenta un mapa del área aproximada que corresponde al sector de Techo Propio.



**Figura 15.** Mapa del área de estudio (Google, 2025a).

### 4.2 Metodología.

En lo que respecta a la micromedición, los datos fueron proporcionados por el Departamento Comercial de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A) e incluyen los registros históricos de consumo por usuario desde enero de 2019 hasta agosto de 2025. Previo a su utilización, esta información se sometió a un proceso de validación y depuración, en el cual se identificaron y descartaron registros con anomalías, tales como volúmenes facturados negativos o patrones de consumo atípicos caracterizados por valores constantes de consumo de 0 y 1, los cuales se consideran irreales y no representativos del comportamiento del consumo de agua por parte de los usuarios.

Por otra parte, la información de macromedición del sector Techo Propio fue proporcionada por el Departamento de Operaciones y Mantenimiento de la EP-EMAPA-A y corresponde a registros macromedidos horarios de producción de agua potable disponibles a partir de enero de 2023. Durante el procesamiento de estos registros se identificaron valores nulos o períodos con producción igual a cero, los cuales se asocian principalmente a interrupciones del suministro de energía eléctrica durante la época de estiaje y a cortes registrados a nivel nacional, considerando que el sistema no dispone de generadores eléctricos de emergencia que permitan el funcionamiento continuo del macromedidor para el registro de datos bajo dichas condiciones.

El número de suscriptores a lo largo del período de estudio se presenta en el Anexo D, donde se desglosa el total en las categorías presentes: residencial, tercera edad, discapacidad y comercial, correspondientes a las categorías registradas en el sector Techo Propio. Para el análisis, las categorías de tercera edad y discapacidad se incorporaron dentro de la categoría residencial, debido a que esta diferenciación responde principalmente a criterios tarifarios.

#### **4.2.1 Metodología empleada en la determinación de factores de mayoración.**

Se procesaron los registros de macromedición horaria ( $m^3/h$ ) proporcionados por la empresa prestadora del servicio, a base de los cuales se determinó la producción diaria ( $m^3/d$ ). A partir de estos datos se elaboraron histogramas diarios y horarios que permiten caracterizar el comportamiento de la producción y, con ello, se definieron los factores de mayoración para los años 2023 y 2024.

Para la determinación de los factores de mayoración se emplearon las expresiones establecidas en las ecuaciones (4) y (5) del acápite 2.2.6. Para ello, previamente se definió el caudal medio diario anual ( $Q_{mda}$ ) mediante la ecuación (3) del mismo acápite, así como el caudal máximo horario ( $Q_{MH}$ ) y el caudal máximo diario ( $Q_{MD}$ ), a partir de los registros procesados.

#### **4.2.2 Metodología empleada en la determinación de dotaciones de agua potable.**

La determinación de las dotaciones de agua potable se basó en el cálculo de la dotación neta y la dotación bruta, para lo cual se empleó las ecuaciones (1) y (2) presentadas en el acápite 2.2.5 considerando los consumos netos o la producción total, según el caso, y la población servida.

#### **4.2.3 Metodología empleada en la determinación del índice de agua no contabilizada e índice de pérdidas por suscriptor facturado.**

Para el cálculo del índice de agua no contabilizada (IANC) se empleó la ecuación (6) del acápite 2.3.2, que emplea insumos como la producción macromedida de agua y el consumo neto facturado. Para definir el índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) se empleó la

ecuación (7) del acápite 2.3.3, utilizando como insumos el número de suscriptores de categoría doméstica o residencial, la producción total macromedida en el período de estudio y el consumo total facturado correspondiente al mismo período.

### 4.3 Presentación de resultados.

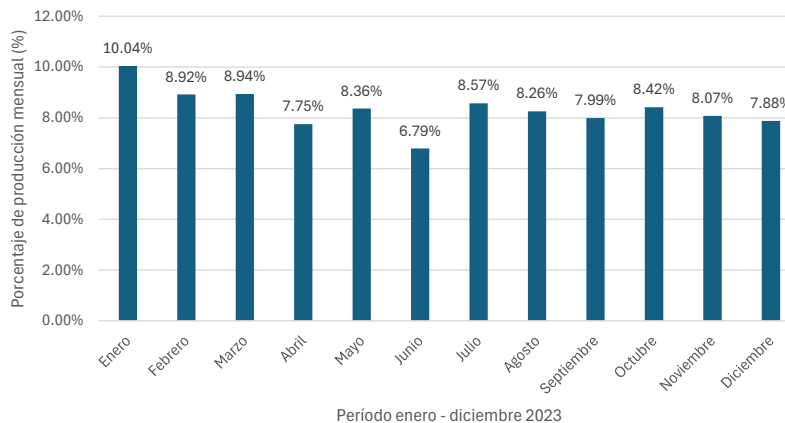
#### 4.3.1 Histogramas de producción

En la tabla 7 se presenta la producción mensual junto con los porcentajes que señalan la representatividad de esta producción anualmente.

**Tabla 7.** Producción mensual en los años 2023 a 2025.

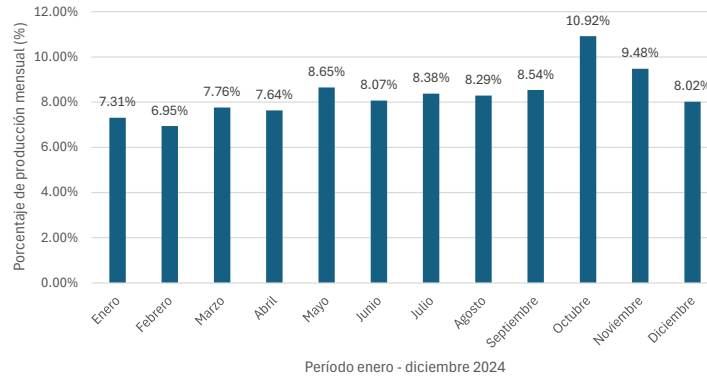
Producción mensual en el período enero 2023 - agosto 2025						
Mes	2023		2024		2025	
	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje
Enero	32 333.68	10.04%	25 101.55	7.31%	28 840.07	12.87%
Febrero	28 729.79	8.92%	23 840.81	6.95%	24 935.62	11.13%
Marzo	28 771.17	8.94%	26 638.15	7.76%	27 979.23	12.48%
Abril	24 937.77	7.75%	26 210.23	7.64%	30 628.45	13.67%
Mayo	26 918.55	8.36%	29 704.61	8.65%	28 061.92	12.52%
Junio	21 861.96	6.79%	27 695.11	8.07%	26 938.67	12.02%
Julio	27 602.39	8.57%	28 765.50	8.38%	27 699.00	12.36%
Agosto	26 579.67	8.26%	28 453.60	8.29%	29 044.81	12.96%
Septiembre	25 721.27	7.99%	29 308.11	8.54%	-	-
Octubre	27 096.69	8.42%	37 475.07	10.92%	-	-
Noviembre	25 985.17	8.07%	32 527.55	9.48%	-	-
Diciembre	25 369.09	7.88%	27 538.71	8.02%	-	-
Total anual	321 907.20	100%	343 258.99	100%	224 127.78	100.00%

En la Figura 16 se presenta el porcentaje de producción mensual (m<sup>3</sup>/mes) en el período enero – diciembre 2023.



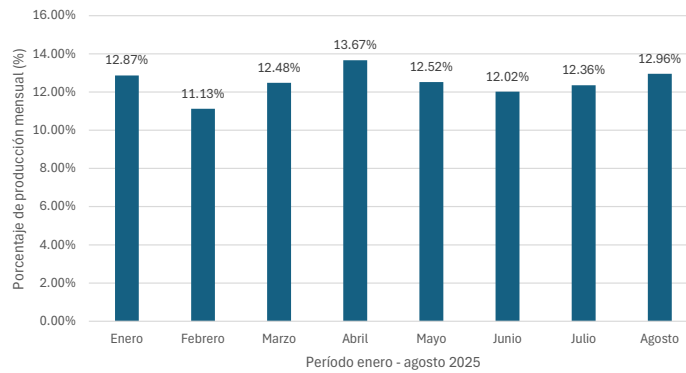
**Figura 16.** Histograma de producción mensual en el año 2023.

En la Figura 17 se muestra el histograma con la producción acumulada por mes (m<sup>3</sup>/mes) en el período enero – diciembre 2024.



**Figura 17.** Histograma de producción mensual en el año 2024.

En la Figura 18 se presenta un histograma con la producción acumulada por mes (m<sup>3</sup>/mes) en el período enero – agosto 2025.



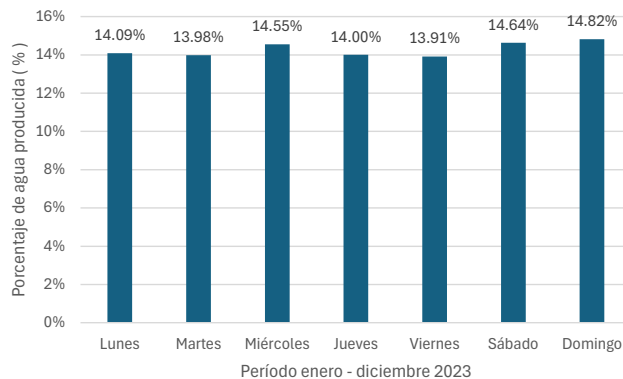
**Figura 18.** Histograma de producción mensual en el año 2025.

En la tabla 8 se presenta la producción diaria en la semana típica, junto con los porcentajes que señalan la representatividad de esta producción anualmente.

**Tabla 8.** Producción diaria en la semana típica en los años 2023 a 2025.

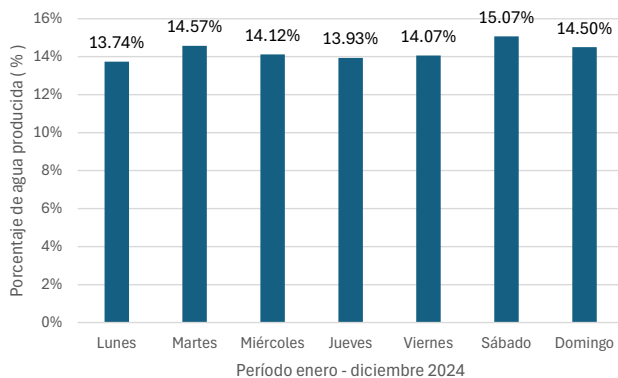
Producción en semana típica en el período de enero 2023 - agosto 2025						
Día	2023		2024		2025	
	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje
Lunes	45 364.84	14.09%	47 165.59	13.74%	29 323.48	13.08%
Martes	45 017.35	13.98%	49 999.07	14.57%	32 518.77	14.51%
Miércoles	46 833.07	14.55%	48 464.28	14.12%	32 006.42	14.28%
Jueves	45 080.45	14.00%	47 828.59	13.93%	32 043.34	14.30%
Viernes	44 790.77	13.91%	48 283.13	14.07%	32 211.37	14.37%
Sábado	47 113.90	14.64%	51 729.82	15.07%	33 766.10	15.07%
Domingo	47 706.82	14.82%	49 788.49	14.50%	32 258.29	14.39%
Total anual	321 907.20	100.00%	343 258.99	100.00%	224 127.78	100.00%

En la Figura 19 se indican los porcentajes diarios de agua producida en la semana típica en el período enero – diciembre 2023.



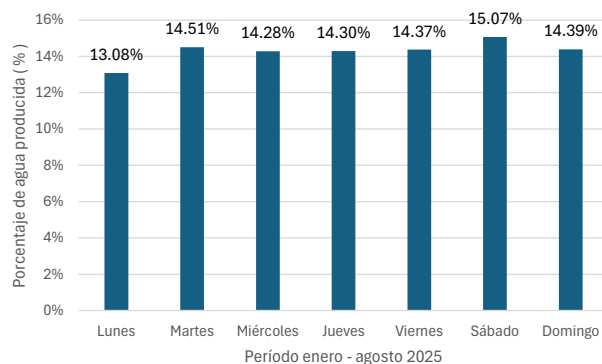
**Figura 19.** Histograma de producción diaria en la semana típica del año 2023.

En la Figura 20 se presenta un histograma con los porcentajes de producción diarios en la semana típica durante el período enero – diciembre 2024.



**Figura 20.** Histograma de producción diaria en la semana típica del año 2024.

En la Figura 21 se presenta un histograma con los porcentajes de producción diarios en semana típica durante el período enero – agosto 2025.



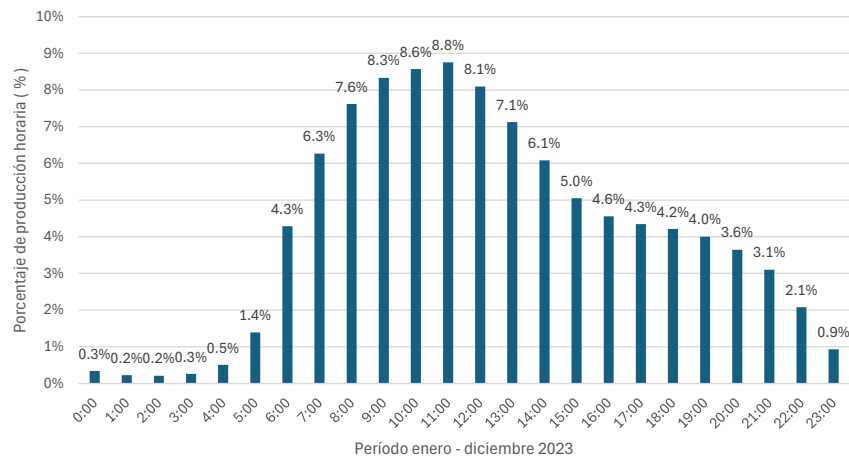
**Figura 21.** Histograma de producción diaria en la semana típica del año 2025.

En la tabla 9 se presenta la producción horaria en el día típico, junto con los porcentajes que señalan la representatividad de la producción durante las 24 horas.

**Tabla 9.** Producción horaria en día típico en los años 2023 a 2025.

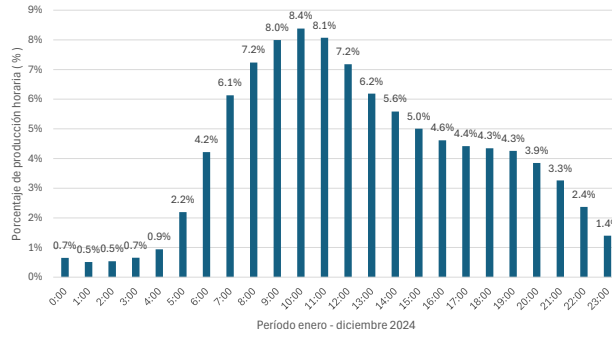
Producción horaria en día típico en el período enero 2023 - agosto 2025						
Hora	2023		2024		2025	
	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje	Producción m <sup>3</sup>	Porcentaje
0:00	1 095.34	0.34%	2 241.65	0.65%	554.52	0.25%
1:00	737.51	0.23%	1 755.87	0.51%	429.98	0.19%
2:00	683.29	0.21%	1 846.94	0.54%	617.77	0.28%
3:00	839.45	0.26%	2 256.77	0.66%	996.99	0.44%
4:00	1 628.65	0.51%	3 222.84	0.94%	2 543.64	1.13%
5:00	4 481.74	1.39%	7 536.16	2.20%	8 583.60	3.83%
6:00	13 803.93	4.29%	14 474.46	4.22%	12 873.08	5.74%
7:00	20 164.47	6.26%	21 039.59	6.13%	14 956.71	6.67%
8:00	24 529.65	7.62%	24 845.06	7.24%	16 809.51	7.50%
9:00	26 817.93	8.33%	27 444.45	8.00%	18 103.03	8.08%
10:00	27 593.01	8.57%	28 776.58	8.38%	18 291.85	8.16%
11:00	28 179.81	8.75%	27 700.83	8.07%	17 412.10	7.77%
12:00	26 064.06	8.10%	24 642.64	7.18%	14 988.10	6.69%
13:00	22 936.57	7.13%	21 234.93	6.19%	13 717.27	6.12%
14:00	19 579.77	6.08%	19 172.68	5.59%	12 179.71	5.43%
15:00	16 255.03	5.05%	17 182.39	5.01%	11 211.40	5.00%
16:00	14 675.75	4.56%	15 841.83	4.62%	10 317.30	4.60%
17:00	13 989.07	4.35%	15 157.50	4.42%	10 115.03	4.51%
18:00	13 566.63	4.21%	14 915.74	4.35%	10 474.69	4.67%
19:00	12 883.24	4.00%	14 616.39	4.26%	9 452.98	4.22%
20:00	11 733.92	3.65%	13 219.41	3.85%	8 462.11	3.78%
21:00	9 970.69	3.10%	11 190.14	3.26%	6 349.94	2.83%
22:00	6 699.79	2.08%	8 132.73	2.37%	3 400.34	1.52%
23:00	2 997.92	0.93%	4 811.44	1.40%	1 286.12	0.57%
Total anual	321 907.20	100.00%	343 258.99	100.00%	224 127.78	100.00%

En la Figura 22 se señala el porcentaje de producción horaria durante las 24 horas del día típico en el período enero – diciembre 2023.



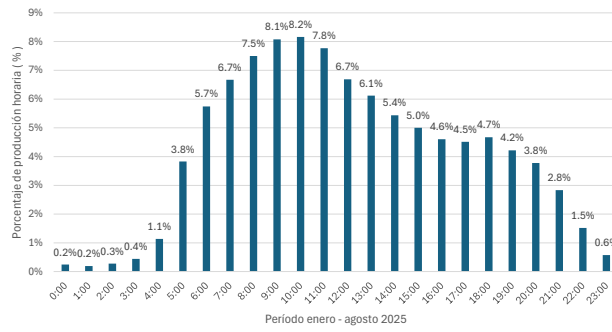
**Figura 22.** Histograma de producción horaria en día típico del año 2023.

En la Figura 23 se señala el porcentaje de producción horaria durante las 24 horas del día típico en el período enero – diciembre 2024.



**Figura 23.** Histograma de producción horaria en día típico del año 2024.

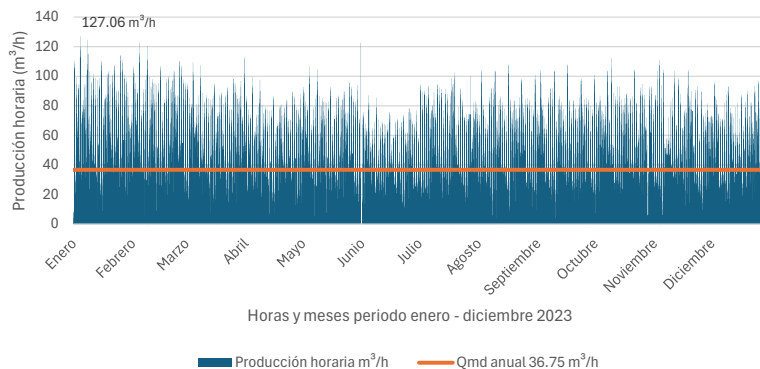
En la Figura 24 se señala el porcentaje de producción horaria durante las 24 horas del día típico en el período enero – agosto 2025.



**Figura 24.** Histograma de producción horaria en día típico del año 2025.

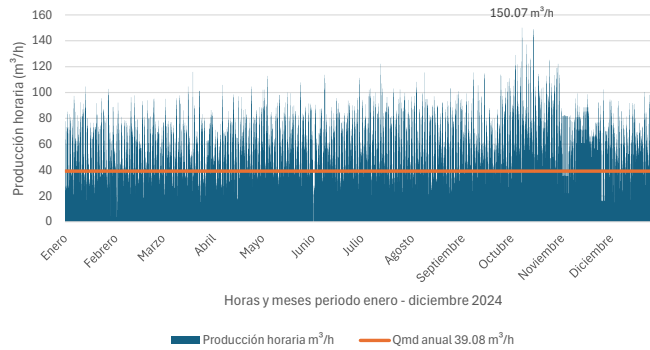
#### 4.3.2 Resultados de factores de mayoración.

Para determinar los factores de mayoración es necesario identificar el comportamiento de producción macromedida del sistema asociado al tanque de Techo Propio. En la Figura 25 se presenta la evolución de la producción de agua durante el año 2023. En este período, el caudal máximo horario registrado fue de 127.06 m<sup>3</sup>/h, ocurrido el miércoles 4 de enero de 8:00 a 9:00, mientras que el caudal medio diario anual corresponde a 36.75 m<sup>3</sup>/h.



**Figura 25.** Histograma de producción horaria en el año 2023 (EP-EMAPA-A, 2025b).

En la Figura 26 se presenta el histograma de producción horaria del sector Techo Propio correspondiente al año 2024, donde se identifica un caudal medio diario anual de 39.08 m<sup>3</sup>/h y un caudal máximo horario de 150.07 m<sup>3</sup>/h, registrado el lunes 14 de octubre de 2024 de las 9:00 a 10:00.



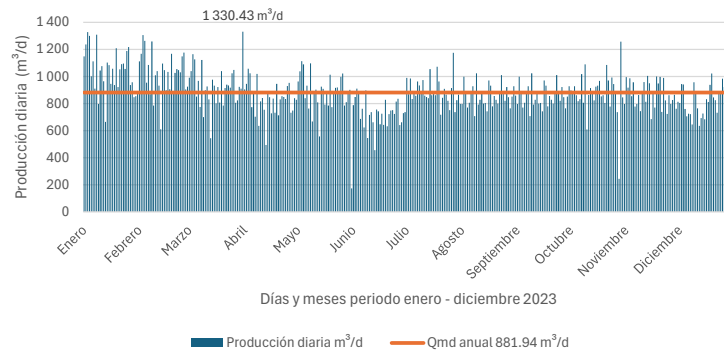
**Figura 26.** Histograma de producción horaria en el año 2024 (EP-EMAPA-A, 2025b).

Para definir el factor de mayoración de caudal máximo horario (KQMH) se emplea la ecuación (4) del acápite 2.2.6, tabulando los resultados obtenidos en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Factores de mayoración del caudal máximo horario período 2023 – 2024.

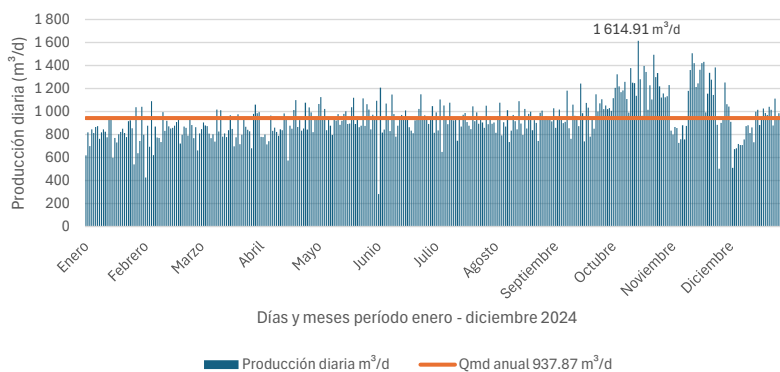
Año	QMH (m <sup>3</sup> /h)	Qmda (m <sup>3</sup> /h)	KQMH
2023	127.06	36.75	3.46
2024	150.07	39.08	3.84
Promedio período	138.57	37.91	3.65

En la Figura 27 se presenta el comportamiento de la producción diaria del sector Techo Propio durante el año 2023, donde se destaca un caudal medio diario anual de 881.94 m<sup>3</sup>/d y un caudal máximo diario de 1 330.43 m<sup>3</sup>/d, registrado el viernes 31 de marzo de 2023.



**Figura 27.** Histograma de producción diaria en el año 2023 (EP-EMAPA-A, 2025b).

En la Figura 28 se presenta el comportamiento de la producción diaria del sector Techo Propio a lo largo del año 2024, donde se identifica un caudal medio diario anual de 937.87 m<sup>3</sup>/d y un caudal máximo diario de 1 614.91 m<sup>3</sup>/d, registrado el lunes 14 de octubre de 2024.



**Figura 28.** Histograma de producción diaria en el año 2024 (EP-EMAPA-A, 2025b).

El factor de mayoración de caudal máximo diario (KQMD) se determina mediante la ecuación (5) del acápite 2.2.6, presentando los resultados obtenidos en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Factores de mayoración del caudal máximo diario período 2023 – 2024.

Año	QMD (m <sup>3</sup> /d)	Qmda (m <sup>3</sup> /d)	KQMD
2023	1330.43	881.94	1.51
2024	1614.91	937.87	1.72
Promedio período	1472.67	909.90	1.62

#### 4.3.3 Resultados de dotaciones netas y brutas.

Con el fin de analizar el comportamiento en las dotaciones en el sector, los usuarios se agruparon según las dos categorías presentes en Techo Propio: residencial y comercial. Mediante la ecuación (1) del acápite 2.2.5.1 se determinó la dotación neta total y para cada categoría, además, para determinar la dotación bruta se empleó la ecuación (2) del acápite 2.2.5.2.

Para definir la población servida es necesario determinar un promedio de habitantes por suscriptor del servicio de agua potable. En el cantón Ambato, la cobertura de agua potable es del 97.60% y la población total es de 370 664 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2022). En cuanto a la operación del servicio, la EP-EMAPA-A registra, a noviembre de 2022, un total de 85 108 usuarios activos (D. Freire, comunicación personal, 21 de noviembre de 2025). Con base en esta información, la población servida se estima multiplicando la población cantonal por la cobertura del servicio y, posteriormente, dividiendo el resultado para el número de usuarios activos. De este modo, se obtiene una relación promedio de 4.25 personas con servicio de agua potable por suscriptor. Para determinar el número de suscriptores residenciales se agrupó esta categoría con las categorías especiales de tercera edad y discapacidad. En la tabla 12 se indican los datos de consumo, población servida y dotaciones netas en el año 2019.

**Tabla 12. Determinación de dotaciones netas por mes del año 2019.**

Consumo por categoría, población servida y dotación neta mensual del año 2019														
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual	
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	11 766.00	11 481.00	11 546.00	11 171.00	12 461.00	10 812.00	11 437.00	11 647.00	12 005.00	12 558.00	11 328.00	11 095.00	139 307.00
	Comercial	263.00	285.00	293.00	314.00	287.00	275.00	285.00	310.00	306.00	276.00	214.00	248.00	3 356.00
Consumo total m <sup>3</sup>	12 029.00	11 766.00	11 839.00	11 485.00	12 748.00	11 087.00	11 722.00	11 957.00	12 311.00	12 834.00	11 542.00	11 343.00	142 663.00	
Número de días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
Promedio de habitantes por suscriptor	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	
Número de suscriptores residenciales	736	739	741	742	743	745	745	748	752	753	755	755	746	
Población servida	3 128	3 141	3 149	3 154	3 158	3 166	3 166	3 179	3 196	3 200	3 209	3 209	3 171	
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	121.34	130.54	118.28	118.06	127.29	113.83	116.53	118.18	125.21	126.59	117.67	111.53	120.42
	Comercial	2.71	3.24	3.00	3.32	2.93	2.90	2.90	3.15	3.19	2.78	2.22	2.49	2.90
Dotación neta total (L/hab.d)	124.05	133.78	121.28	121.38	130.22	116.73	119.43	121.33	128.40	129.38	119.89	114.02	123.32	

En la Tabla 13 se presentan los datos de consumo, población servida y dotaciones netas en el año 2020.

**Tabla 13. Determinación de dotaciones netas por mes del año 2020.**

Consumo por categoría, población servida y dotación neta mensual del año 2020														
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual	
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	10 941.00	11 629.00	11 435.00	11 512.00	11 485.00	12 259.00	12 673.00	13 493.00	12 512.00	12 351.00	13 625.00	12 084.00	145 999.00
	Comercial	164.00	262.00	256.00	243.00	237.00	335.00	271.00	339.00	306.00	251.00	254.00	252.00	3 170.00
Consumo total m <sup>3</sup>	11 105.00	11 891.00	11 691.00	11 755.00	11 722.00	12 594.00	12 944.00	13 832.00	12 818.00	12 602.00	13 879.00	12 336.00	149 169.00	
Número de días	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366	
Promedio de habitantes por suscriptor	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	
Número de suscriptores residenciales	760	760	760	760	760	762	762	763	765	766	770	771	763	
Población servida	3 230	3 230	3 230	3 230	3 230	3 239	3 239	3 243	3 251	3 256	3 273	3 277	3 244	
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	109.27	124.15	114.20	118.80	114.70	126.16	126.21	134.21	128.29	122.36	138.76	118.95	123.01
	Comercial	1.64	2.80	2.56	2.51	2.37	3.45	2.70	3.37	3.14	2.49	2.59	2.48	2.67
Dotación neta total (L/hab.d)	110.91	126.95	116.76	121.31	117.07	129.61	128.91	137.59	131.43	124.85	141.35	121.43	125.68	

En la Tabla 14 se presentan los datos de consumo, población servida y dotaciones netas en el año 2021.

**Tabla 14. Determinación de dotaciones netas por mes del año 2021.**

Consumo por categoría, población servida y dotación neta mensual del año 2021														
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual	
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	12 431.00	12 223.00	12 639.00	13 953.00	12 715.00	11 978.00	12 647.00	13 295.00	11 552.00	13 399.00	11 594.00	12 437.00	150 863.00
	Comercial	317.00	419.00	269.00	311.00	321.00	275.00	302.00	296.00	236.00	276.00	224.00	235.00	3 481.00
Consumo total m <sup>3</sup>	12 748.00	12 642.00	12 908.00	14 264.00	13 036.00	12 253.00	12 949.00	13 591.00	11 788.00	13 675.00	11 818.00	12 672.00	154 344.00	
Número de días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
Promedio de habitantes por suscriptor	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	
Número de suscriptores residenciales	771	772	774	776	776	780	780	780	783	786	786	786	779	
Población servida	3 277	3 281	3 290	3 298	3 298	3 315	3 315	3 315	3 328	3 341	3 341	3 341	3 311	
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	122.37	133.05	123.92	141.02	124.37	120.44	123.07	129.37	115.71	129.37	115.67	120.08	124.87
	Comercial	3.12	4.56	2.64	3.14	3.14	2.77	2.94	2.88	2.36	2.66	2.23	2.27	2.89
Dotación neta total (L/hab.d)	125.49	137.61	126.56	144.17	127.51	123.21	126.01	132.25	118.07	132.04	117.91	122.35	127.76	

En la Tabla 15 se presentan los datos de consumo y población servida empleados en determinar mensualmente las dotaciones netas en el año 2022.

**Tabla 15.** Determinación de dotaciones netas por mes del año 2022.

Consumo por categoría, población servida y dotación neta mensual del año 2022														
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual	
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	12 412.00	13 689.00	12 767.00	12 454.00	13 849.00	12 982.00	11 016.00	13 538.00	10 975.00	12 871.00	12 389.00	12 763.00	151 705.00
	Comercial	259.00	293.00	257.00	302.00	382.00	294.00	245.00	287.00	263.00	296.00	290.00	308.00	3 476.00
Consumo total m <sup>3</sup>	12 671.00	13 982.00	13 024.00	12 756.00	14 231.00	13 276.00	11 261.00	13 825.00	11 238.00	13 167.00	12 679.00	13 071.00	155 181.00	
Número de días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
Promedio de habitantes por suscriptor	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	
Número de suscriptores residenciales	787	787	787	787	787	787	789	789	789	789	789	789	788	
Población servida	3 345	3 345	3 345	3 345	3 345	3 345	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 349	
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	119.70	146.16	123.12	124.11	133.56	129.37	105.98	130.24	109.11	123.83	123.16	122.79	124.26
	Comercial	2.50	3.13	2.48	3.01	3.68	2.93	2.36	2.76	2.61	2.85	2.88	2.96	2.85
Dotación neta total (L/hab.d)	122.19	149.28	125.60	127.12	137.24	132.30	108.34	133.01	111.72	126.68	126.05	125.75	127.11	

En la Tabla 16 se presentan los datos de consumo, producción y población servida empleados en determinar mensualmente las dotaciones netas y brutas en el año 2023.

**Tabla 16.** Determinación de dotaciones netas y brutas por mes del año 2023.

Consumo por categoría, producción, población servida, dotación neta y bruta mensual del año 2023														
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual	
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	12 980.00	14 211.00	12 442.00	12 870.00	13 898.00	14 101.00	12 211.00	12 470.00	13 123.00	12 476.00	12 642.00	13 055.00	156 479.00
	Comercial	303.00	418.00	282.00	255.00	319.00	357.00	268.00	273.00	336.00	280.00	274.00	314.00	3 679.00
Consumo total m <sup>3</sup>	13 283.00	14 629.00	12 724.00	13 125.00	14 217.00	14 458.00	12 479.00	12 743.00	13 459.00	12 756.00	12 916.00	13 369.00	160 158.00	
Número de días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
Promedio de habitantes por suscriptor	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	
Producción Total m <sup>3</sup>	32 333.68	28 729.79	28 771.17	24 937.77	26 918.55	21 861.96	27 602.39	26 579.67	25 721.27	27 096.69	25 985.17	25 369.09	321 907.20	
Número de suscriptores residenciales	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	
Población servida	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 354	
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	124.88	151.37	119.70	127.95	133.71	140.18	117.48	119.97	130.46	120.03	125.68	125.60	128.08
	Comercial	2.92	4.45	2.71	2.54	3.07	3.55	2.58	2.63	3.34	2.69	2.72	3.02	3.02
Dotación neta total (L/hab.d)	127.79	155.82	122.41	130.48	136.78	143.73	120.06	122.60	133.80	122.72	128.40	128.62	131.10	
Dotación bruta (L/hab.d)	311.07	306.01	276.80	247.91	258.97	217.34	265.55	255.71	255.70	260.69	258.33	244.07	263.18	

En la Tabla 17 se presentan los datos de consumo, producción y población servida empleados en determinar mensualmente las dotaciones netas y brutas en el año 2024.

**Tabla 17.** Determinación de dotaciones netas y brutas por mes del año 2024.

Consumo por categoría, producción, población servida, dotación neta y bruta mensual del año 2024														
Ítem	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual	
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	12 589.00	12 730.00	12 747.00	12 515.00	11 662.00	12 990.00	12 338.00	12 702.00	12 644.00	11 152.00	12 860.00	12 435.00	149 364.00
	Comercial	261.00	297.00	306.00	274.00	253.00	272.00	254.00	258.00	254.00	213.00	240.00	246.00	3 128.00
Consumo total m <sup>3</sup>	12 850.00	13 027.00	13 053.00	12 789.00	11 915.00	13 262.00	12 592.00	12 960.00	12 898.00	11 365.00	13 100.00	12 681.00	152 492.00	
Número de días	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366	
Promedio de habitantes por suscriptor	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	
Producción Total m <sup>3</sup>	25 101.55	23 840.81	26 638.15	26 210.23	29 704.61	27 695.11	28 765.50	28 453.60	29 308.11	37 475.07	32 527.55	27 538.71	343 258.99	
Número de suscriptores residenciales	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	789	
Población servida	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 354	
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	121.11	130.92	122.63	124.42	112.20	129.14	118.70	122.20	125.70	107.29	127.85	119.63	121.82
	Comercial	2.51	3.05	2.94	2.72	2.43	2.70	2.44	2.48	2.53	2.05	2.39	2.37	2.55
Dotación neta total (L/hab.d)	123.63	133.97	125.58	127.14	114.63	131.84	121.14	124.68	128.22	109.34	130.23	122.00	124.37	
Dotación bruta (L/hab.d)	241.49	245.18	256.28	260.56	285.78	275.33	276.74	273.74	291.36	360.53	323.37	264.94	279.61	

En la Tabla 18 se presentan los datos de consumo, producción y población servida empleados en determinar mensualmente las dotaciones netas y brutas en el año 2025.

**Tabla 18.** Determinación de dotaciones netas y brutas por mes del año 2025.

Consumo por categoría, producción, población servida, dotación neta y bruta mensual del año 2025										
Ítem		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total Anual
Consumo por categoría m <sup>3</sup>	Residencial	13 263.00	13 350.00	11 997.00	11 813.00	11 876.00	13 806.00	12 114.00	13 023.00	101 242.00
	Comercial	346.00	229.00	253.00	223.00	252.00	287.00	291.00	315.00	2 196.00
Consumo total m <sup>3</sup>		13 609.00	13 579.00	12 250.00	12 036.00	12 128.00	14 093.00	12 405.00	13 338.00	103 438.00
Número de días		31	28	31	30	31	30	31	31	243.00
Promedio de habitantes por suscriptor		4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
Producción Total m <sup>3</sup>		28 840.07	24 935.62	27 979.23	30 628.45	28 061.92	26 938.67	27 699.00	29 044.81	224 127.78
Número de suscriptores residenciales		789	789	789	789	789	789	789	789	789
Población servida		3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 353	3 354
Dotación neta por categoría (L/hab.d)	Residencial	127.60	142.20	115.42	117.44	114.25	137.25	116.54	125.29	124.50
	Comercial	3.33	2.44	2.43	2.22	2.42	2.85	2.80	3.03	2.69
Dotación neta total (L/hab.d)		130.93	144.64	117.85	119.65	116.68	140.10	119.34	128.32	127.19
Dotación bruta (L/hab.d)		277.46	265.60	269.18	304.49	269.97	267.81	266.48	279.43	275.05

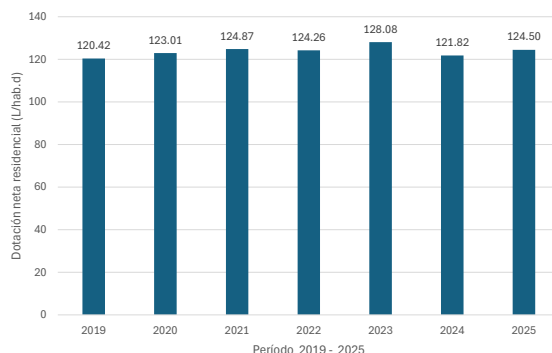
#### 4.3.3.1 Resultados de dotaciones netas por categoría

En la Tabla 19 se presentan las dotaciones netas mensuales correspondiente a la categoría residencial, para el período comprendido entre enero de 2019 y agosto de 2025, además de presentar los promedios por mes a lo largo de todos los años y promedios anuales de dotaciones netas residenciales.

**Tabla 19.** Dotaciones netas residenciales en el período enero 2019 – agosto 2025.

Dotación neta categoría residencial (L/hab.d)								
Año \ Mes	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio mensual
Enero	121.34	109.27	122.37	119.70	124.88	121.11	127.60	120.89
Febrero	130.54	124.15	133.05	146.16	151.37	130.92	142.20	136.91
Marzo	118.28	114.20	123.92	123.12	119.70	122.63	115.42	119.61
Abril	118.06	118.80	141.02	124.11	127.95	124.42	117.44	124.54
Mayo	127.29	114.70	124.37	133.56	133.71	112.20	114.25	122.87
Junio	113.83	126.16	120.44	129.37	140.18	129.14	137.25	128.05
Julio	116.53	126.21	123.07	105.98	117.48	118.70	116.54	117.79
Agosto	118.18	134.21	129.37	130.24	119.97	122.20	125.29	125.64
Septiembre	125.21	128.29	115.71	109.11	130.46	125.70	-	122.41
Octubre	126.59	122.36	129.37	123.83	120.03	107.29	-	121.58
Noviembre	117.67	138.76	115.67	123.16	125.68	127.85	-	124.80
Diciembre	111.53	118.95	120.08	122.79	125.60	119.63	-	119.76
Promedio mensual anual	120.42	123.01	124.87	124.26	128.08	121.82	124.50	123.85

En la Figura 29, se presenta el histograma que refleja los promedios por año de las dotaciones netas correspondiente a la categoría residencial entre los años 2019 y 2025.



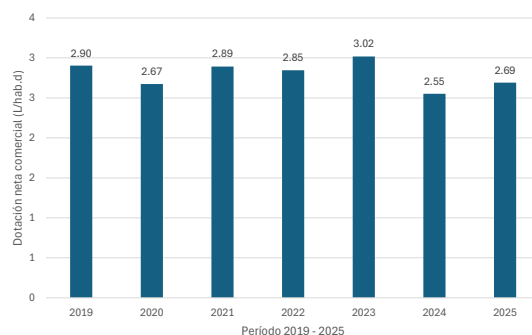
**Figura 29.** Histograma de dotaciones netas residenciales en el período 2019 a 2025.

En la Tabla 20 se presentan las dotaciones netas de la categoría comercial por mes para el período comprendido entre enero de 2019 y agosto de 2025, y los promedios de dotaciones netas comerciales por mes a lo largo de los años y promedios anuales.

**Tabla 20.** Dotaciones netas comerciales en el período enero 2019 – agosto 2025.

Dotación neta categoría comercial (L/hab.d)								
Año / Mes	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio mensual
Enero	2.71	1.64	3.12	2.50	2.92	2.51	3.33	2.67
Febrero	3.24	2.80	4.56	3.13	4.45	3.05	2.44	3.38
Marzo	3.00	2.56	2.64	2.48	2.71	2.94	2.43	2.68
Abril	3.32	2.51	3.14	3.01	2.54	2.72	2.22	2.78
Mayo	2.93	2.37	3.14	3.68	3.07	2.43	2.42	2.86
Junio	2.90	3.45	2.77	2.93	3.55	2.70	2.85	3.02
Julio	2.90	2.70	2.94	2.36	2.58	2.44	2.80	2.67
Agosto	3.15	3.37	2.88	2.76	2.63	2.48	3.03	2.90
Septiembre	3.19	3.14	2.36	2.61	3.34	2.53	-	2.86
Octubre	2.78	2.49	2.66	2.85	2.69	2.05	-	2.59
Noviembre	2.22	2.59	2.23	2.88	2.72	2.39	-	2.51
Diciembre	2.49	2.48	2.27	2.96	3.02	2.37	-	2.60
Promedio mensual/anual	2.90	2.67	2.89	2.85	3.02	2.55	2.69	2.80

En la Figura 30, se presenta el histograma que refleja los promedios por año de las dotaciones netas correspondiente a la categoría comercial entre los años 2019 y 2025.



**Figura 30.** Histograma de dotaciones netas comerciales en el período 2019 a 2025.

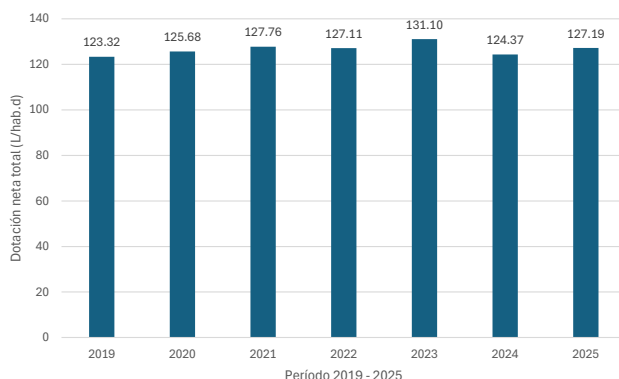
#### 4.3.3.2 Resultados de dotaciones netas totales.

En la Tabla 21 se presentan las dotaciones netas totales por mes durante el período enero 2019 – agosto 2025.

**Tabla 21.** Dotaciones netas totales en el período enero 2019 – agosto 2025.

Dotación neta total (L/hab.d)								
Año \ Mes	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio mensual
Enero	124.05	110.91	125.49	122.19	127.79	123.63	130.93	123.57
Febrero	133.78	126.95	137.61	149.28	155.82	133.97	144.64	140.29
Marzo	121.28	116.76	126.56	125.60	122.41	125.58	117.85	122.29
Abril	121.38	121.31	144.17	127.12	130.48	127.14	119.65	127.32
Mayo	130.22	117.07	127.51	137.24	136.78	114.63	116.68	125.73
Junio	116.73	129.61	123.21	132.30	143.73	131.84	140.10	131.07
Julio	119.43	128.91	126.01	108.34	120.06	121.14	119.34	120.46
Agosto	121.33	137.59	132.25	133.01	122.60	124.68	128.32	128.54
Septiembre	128.40	131.43	118.07	111.72	133.80	128.22	-	125.27
Octubre	129.38	124.85	132.04	126.68	122.72	109.34	-	124.17
Noviembre	119.89	141.35	117.91	126.05	128.40	130.23	-	127.30
Diciembre	114.02	121.43	122.35	125.75	128.62	122.00	-	122.36
Promedio mensual anual	123.32	125.68	127.76	127.11	131.10	124.37	127.19	126.65

En la Figura 31 se presenta el histograma que representa los promedios mensuales anuales a las dotaciones netas totales del período 2019 – 2025.



**Figura 31.** Histograma de dotaciones netas totales en el período 2019 – 2025.

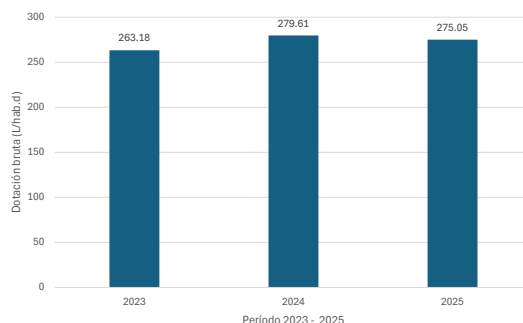
#### 4.3.3.3 Resultados de dotaciones brutas.

En la Tabla 22 se presentan las dotaciones brutas para cada mes en el período enero 2023 – agosto 2025.

**Tabla 22.** Dotación bruta en el período enero 2023 – agosto 2025.

Dotación bruta (L/hab.d)				
Año \ Mes	2023	2024	2025	Promedio mensual
Enero	311.07	241.49	277.46	276.68
Febrero	306.01	245.18	265.60	272.27
Marzo	276.80	256.28	269.18	267.42
Abril	247.91	260.56	304.49	270.99
Mayo	258.97	285.78	269.97	271.58
Junio	217.34	275.33	267.81	253.49
Julio	265.55	276.74	266.48	269.59
Agosto	255.71	273.74	279.43	269.63
Septiembre	255.70	291.36	-	273.53
Octubre	260.69	360.53	-	310.61
Noviembre	258.33	323.37	-	290.85
Diciembre	244.07	264.94	-	254.50
Promedio mensual anual	263.18	279.61	275.05	272.61

En la Figura 32 se presenta el histograma con los promedios anuales de las dotaciones brutas presentadas en los meses entre enero 2023 – agosto 2025.



**Figura 32.** Histograma de dotaciones brutas en el período 2023 – 2025.

En la Tabla 23 se presenta la variación entre los promedios anuales de dotaciones neta total y bruta.

**Tabla 23.** Variación entre dotación neta total y dotación bruta.

Año	Dotación neta total (L/hab.d)	Dotación bruta (L/hab.d)	Variación entre dotaciones (%)
2023	131.10	263.18	50.19%
2024	124.37	279.61	55.52%
2025	127.19	275.05	53.76%

#### 4.3.4 Resultados del índice de agua no contabilizada.

El índice de agua no contabilizada (IANC) se determinó mediante la ecuación (6) del acápite 2.3.2. Adicionalmente, para complementar la evaluación de pérdidas, se empleó el índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF), calculado mediante la ecuación (7) del acápite 2.3.3. En la Tabla 24 se presenta el índice de agua no contabilizada (IANC) e índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) en el año 2023.

**Tabla 24.** IANC e IPUF del año 2023.

Período	Consumo Total (m <sup>3</sup> )	Producción Total (m <sup>3</sup> )	Número de suscriptores residenciales	IANC (%)	IPUF (m <sup>3</sup> /suscriptor/mes)
Enero	13 283.00	32 333.68	789	58.92%	24.15
Febrero	14 629.00	28 729.79	789	49.08%	17.87
Marzo	12 724.00	28 771.17	789	55.78%	20.34
Abril	13 125.00	24 937.77	789	47.37%	14.97
Mayo	14 217.00	26 918.55	789	47.19%	16.10
Junio	14 458.00	21 861.96	789	33.87%	9.38
Julio	12 479.00	27 602.39	789	54.79%	19.17
Agosto	12 743.00	26 579.67	789	52.06%	17.54
Septiembre	13 459.00	25 721.27	789	47.67%	15.54
Octubre	12 756.00	27 096.69	789	52.92%	18.18
Noviembre	12 916.00	25 985.17	789	50.29%	16.56
Diciembre	13 369.00	25 369.09	789	47.30%	15.21
Total anual	160 158.00	321 907.20	789	50.25%	17.08

En la Tabla 25 se presenta el índice de agua no contabilizada (IANC) e índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) en el año 2024.

**Tabla 25.** IANC e IPUF del año 2024.

Período	Consumo Total (m <sup>3</sup> )	Producción Total (m <sup>3</sup> )	Número de suscriptores residenciales	IANC (%)	IPUF (m <sup>3</sup> /suscriptor/mes)
Enero	12 850.00	25 101.55	789	48.81%	15.53
Febrero	13 027.00	23 840.81	789	45.36%	13.71
Marzo	13 053.00	26 638.15	789	51.00%	17.22
Abril	12 789.00	26 210.23	789	51.21%	17.01
Mayo	11 915.00	29 704.61	789	59.89%	22.55
Junio	13 262.00	27 695.11	789	52.11%	18.29
Julio	12 592.00	28 765.50	789	56.23%	20.50
Agosto	12 960.00	28 453.60	789	54.45%	19.64
Septiembre	12 898.00	29 308.11	789	55.99%	20.80
Octubre	11 365.00	37 475.07	789	69.67%	33.09
Noviembre	13 100.00	32 527.55	789	59.73%	24.62
Diciembre	12 681.00	27 538.71	789	53.95%	18.83
Total anual	152 492.00	343 258.99	789	55.58%	20.15

En la Tabla 26 se presenta el índice de agua no contabilizada (IANC) e índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) en el año 2025.

**Tabla 26.** IANC e IPUF del año 2025.

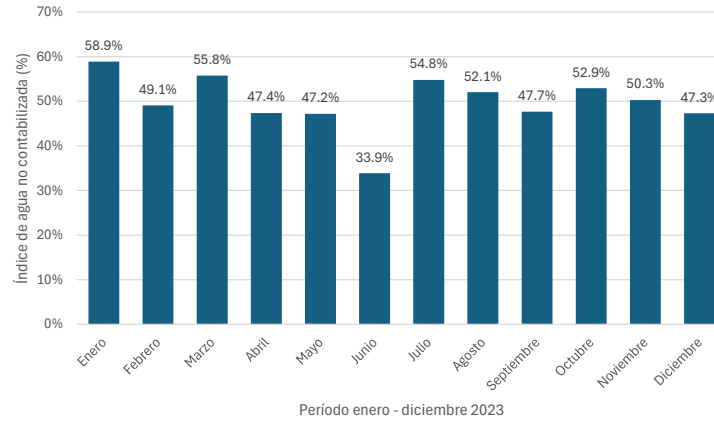
Período	Consumo Total (m <sup>3</sup> )	Producción Total (m <sup>3</sup> )	Número de suscriptores residenciales	IANC (%)	IPUF (m <sup>3</sup> /suscriptor/mes)
Enero	13 609.00	28 840.07	789	52.81%	19.30
Febrero	13 579.00	24 935.62	789	45.54%	14.39
Marzo	12 250.00	27 979.23	789	56.22%	19.94
Abril	12 036.00	30 628.45	789	60.70%	23.56
Mayo	12 128.00	28 061.92	789	56.78%	20.20
Junio	14 093.00	26 938.67	789	47.68%	16.28
Julio	12 405.00	27 699.00	789	55.21%	19.38
Agosto	13 338.00	29 044.81	789	54.08%	19.91
Total anual	103 438.00	224 127.78	789	53.85%	19.12

En la Tabla 27 se presentan los totales anuales del índice de agua no contabilizada e índice de pérdidas por suscriptor facturado en el período enero 2023 – agosto 2025.

**Tabla 27.** Resultados anuales del IANC e IPUF en el período enero 2023 – agosto 2025.

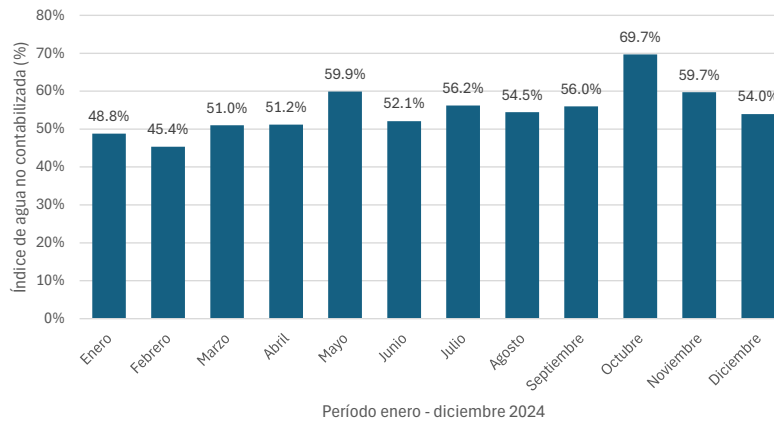
Período	IANC (%)	IPUF (m <sup>3</sup> /suscriptor/mes)
2023	50.25%	17.08
2024	55.58%	20.15
2025	53.85%	19.12
Promedio período	53.22%	18.78

En la Figura 33 se presentan los índices de agua no contabilizada mensuales correspondientes al año 2023.



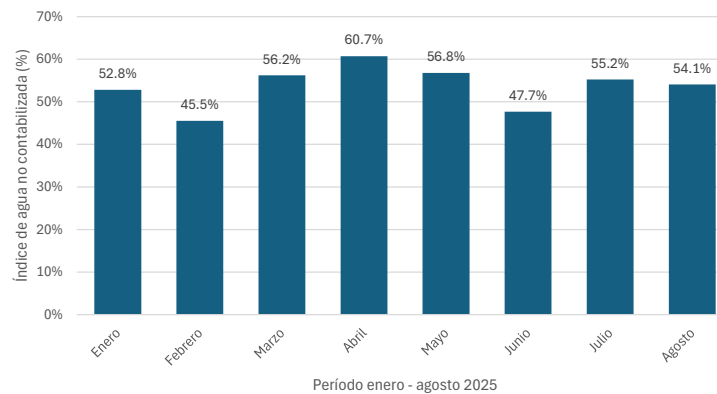
**Figura 33.** Histograma del índice de agua no contabilizada por mes en el año 2023.

En la Figura 34 se presenta el índice de agua no contabilizada correspondiente al año 2024.



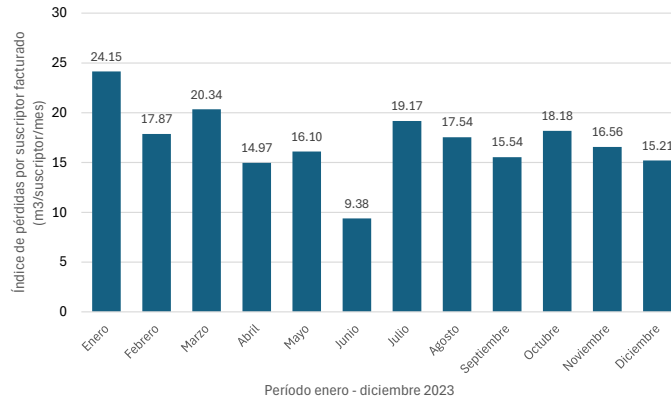
**Figura 34.** Histograma del índice de agua no contabilizada por mes en el año 2024.

La Figura 35 presenta los valores del IANC correspondientes al período enero – agosto de 2025.



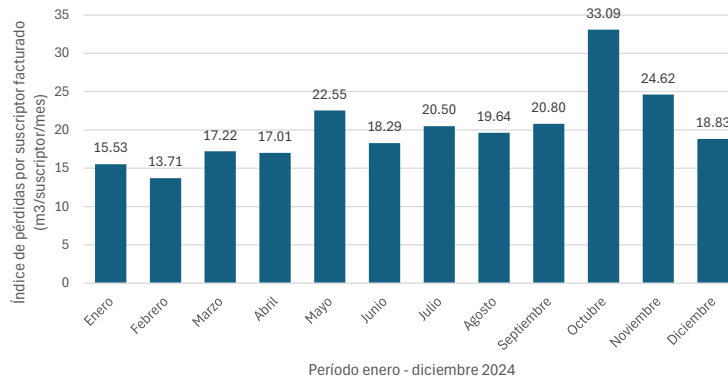
**Figura 35.** Histograma del índice de agua no contabilizada por mes en el año 2025.

En la Figura 36 se presenta el histograma con el comportamiento del IPUF durante el año 2023.



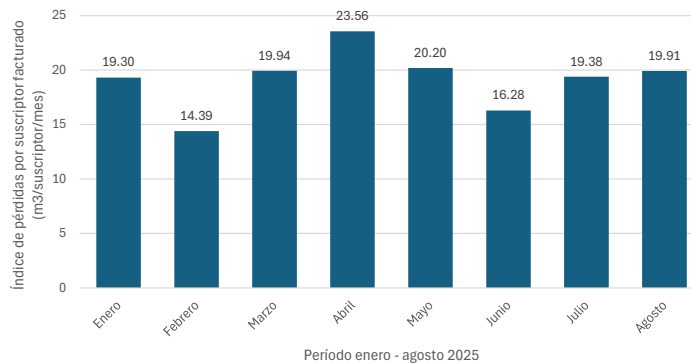
**Figura 36.** Histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado del año 2023.

En la Figura 37 se presenta el histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) correspondiente a cada mes del año 2024.



**Figura 37.** Histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado del año 2024.

En la Figura 38 se presenta el histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) mensual del año 2025.



**Figura 38.** Histograma del índice de pérdidas por suscriptor facturado del año 2025.

#### **4.4 Análisis de resultados.**

##### **4.4.1 Análisis de resultados de producción y consumo.**

Con base en la información reportada en la Tabla 9, se identifica en 2023 una producción anual de 321 907.20 m<sup>3</sup>, mientras que en 2024 se reporta 343 258.99 m<sup>3</sup>, lo que representa un incremento aproximado del 6%. No obstante, al comparar los consumos totales anuales durante el mismo período, en 2023 se facturó 160 158.00 m<sup>3</sup> (Tabla 16), mientras que en 2024 se registró un consumo de 152 492.00 m<sup>3</sup> (Tabla 17), lo que implica una disminución aproximada del 5%. Este comportamiento evidencia un aumento relativo de agua no contabilizada o una variación en la confiabilidad de la medición y la facturación.

De acuerdo con las Figuras 16 a 18, la producción mensual en los años 2024 y 2025 posee un comportamiento relativamente similar, sin embargo, en 2023 tiene un comportamiento totalmente atípico a lo presentado en los otros dos años. En 2023 destaca enero (10.04%) como el mayor aporte y junio (6.79%) como el menor, mientras que en 2024 se evidencia un incremento puntual en el último trimestre respecto de los meses previos, principalmente en octubre (10.92%) y noviembre (9.48%). En 2025 (enero–agosto), al tratarse de un período parcial, los porcentajes mensuales se incrementan respecto a un año completo, manteniéndose una variación moderada entre meses. En conjunto, estos resultados confirman que la producción anual puede concentrarse en meses específicos, por lo que su interpretación debe considerar incrementos puntuales dentro del período.

Según las Figuras 19 a 21, la producción promedio por día de la semana mantiene un comportamiento prácticamente uniforme, con diferencias leves y una ligera tendencia a incrementarse hacia el fin de semana. En 2023 el mayor aporte corresponde a domingo (14.82%) y el menor a viernes (13.91%), mientras que en 2024 destaca sábado (15.07%) como máximo y lunes (13.74%) como mínimo. En 2025 (enero–agosto) se mantiene la misma estructura, sin variaciones marcadas. En conjunto, estos resultados indican que el día de la semana no controla de forma determinante la producción, por lo que los caudales máximos responden principalmente a eventos puntuales del sistema.

Con base en las Figuras 22 a 24, la producción horaria presenta el patrón más marcado, con valores mínimos durante la madrugada, entre las 00:00 y las 04:00, y una concentración consistente en horas medias del día. Los máximos se ubican alrededor de las 10:00 a las 12:00. En 2023 el máximo se presenta de las 10:00 a 11:00 (8.8%), en 2024 el máximo se presenta de 10:00 a 11:00 (8.4%) con valores cercanos de 11:00 a 12:00, y en 2025 (enero–agosto) el máximo se ubica entre las 10:00 y 11:00, manteniendo la misma tendencia. Posteriormente, la producción horaria disminuye de manera progresiva durante la tarde y la noche. En conjunto,

estos resultados evidencian que la operación del sistema se concentra en la franja diurna, condicionando la identificación de caudales máximos horarios y la estimación de factores de mayoración.

#### **4.4.2 Análisis de resultados de factores de mayoración.**

En 2023, el caudal máximo horario empleado para el cálculo se registró el miércoles 4 de enero a las 09:00; sin embargo, no coincide con el domingo, que corresponde al día de mayor producción promedio anual (Figura 19), ni con la franja horaria de mayor producción (10:00 a 11:00) (Figura 22). De manera similar, el caudal máximo diario se registró el viernes 31 de marzo, siendo el viernes el día con menor producción en una semana típica de 2023. Para 2024, el caudal máximo horario se registró el lunes 14 de octubre de 9:00 a 10:00 y coincide con la hora de mayor producción del año (de 9:00 a 10:00) (Figura 23); no obstante, el día del caudal máximo diario no corresponde al de mayor producción diaria (sábado) (Figura 20). En conjunto, estos resultados evidencian que los caudales máximos utilizados para la determinación de los factores de mayoración no necesariamente ocurren en el día u hora de mayor producción promedio, ni coinciden de forma simultánea el día del máximo horario con el del máximo diario.

En cuanto al factor de mayoración de caudal máximo horario (KQMH), se obtuvo un valor de 3.46 para 2023 y de 3.84 para 2024. Al compararlos con el rango referencial del INEN (1992) para ese factor (2.00–2.30), los valores obtenidos lo superan en aproximadamente el 70%, lo cual resalta la importancia de emplear factores locales medidos que representen el comportamiento real del sistema. Por su parte, el factor de mayoración del caudal máximo diario (KQMD) fue de 1.51 para 2023 y de 1.72 para 2024; al compararlos con el rango del INEN para ese factor (1992) (1.30–1.50), el valor obtenido supera por aproximadamente 15%.

Del Giudice et al. (2020) señalan que el caudal máximo horario está condicionado por la simultaneidad de consumos, la cual depende indirectamente del número de usuarios atendidos; en sistemas con pocos suscriptores es más probable la coincidencia de hábitos en franjas horarias similares, incrementando el caudal máximo horario y, en consecuencia, los factores pico. En el sector Techo Propio, al tratarse de un sistema de pequeña escala, este efecto se refleja en factores superiores a los referenciales del INEN, particularmente en KQMH, debido a que una menor población servida tiende a amplificar la relación entre el máximo horario (QMH) y el caudal medio diario anual (Qmda), manteniendo una mayor variabilidad horaria del sistema.

#### **4.4.3 Análisis de resultados de dotaciones.**

##### **4.4.3.1 Análisis de resultados de dotaciones netas.**

De manera general, para el período enero de 2019 a agosto de 2025 se obtiene una dotación neta total promedio de 126.65 L/hab.d. De acuerdo con la Tabla 2 del acápite 2.2.5.1,

el sector Techo Propio se ubica en el rango de hasta 5 000 habitantes y clima templado; en este contexto, el INEN (1992) establece, cuando no se dispone de registros de sistemas existentes, un intervalo referencial de dotación neta entre 130 y 160 L/hab.d. Si bien el valor promedio obtenido no se ubica dentro del intervalo señalado, se aproxima al límite inferior del rango del INEN, ubicándose 3.35 L/hab.d (aproximadamente 2.6%) por debajo del umbral mínimo.

Al analizar la distribución de la dotación neta mensual para el período enero de 2019–agosto de 2025, se observa que aproximadamente el 30% de los meses se ubica dentro del rango del INEN, lo que evidencia que, aunque el promedio global sea inferior al umbral, existen meses en los que el comportamiento del sistema se ajusta a los valores referenciales, inclusive en el promedio mensual del año 2023 se encuentra dentro del rango del INEN. Este comportamiento sugiere que la dotación neta estimada puede estar influenciada tanto por condiciones de consumo real del sector como hábitos y condiciones socioeconómicas, así como por posibles efectos de subregistro asociados a la micromedición, especialmente cuando existe antigüedad de medidores o ausencia de calibración periódica.

La dotación neta promedio mensual más elevada del período se presentó en febrero (140.29 L/hab.d) y, de manera consistente, en febrero de 2023 se registró el valor máximo con 155.82 L/hab.d, lo cual confirma la existencia de eventos puntuales de consumo que elevan la dotación en determinados meses del período. Para evaluar la variación interanual se determinó el coeficiente de variación (CV) (Anexo E, Tabla E.3) que se determina con la desviación estándar dividida para el promedio del período, identificando al mes más variable a mayo con un CV de 7.67%, y por otro lado marzo el mes más estable del período de análisis con un CV de 3.19%.

#### 4.4.3.2 Análisis de resultados de dotaciones netas por categoría.

En la categoría residencial, las dotaciones netas promedio mensual anual se ubican en un rango entre 120.42 y 128.08 L/hab.d. Al contrastar estos resultados con la literatura, Steel & McGhee (1979) reportan un rango habitual amplio para dotaciones netas residenciales, entre 75 y 380 L/hab.d, por lo que los valores obtenidos se encuentran dentro del intervalo señalado. De forma complementaria, al comparar con el estudio de Ayala Rosero (2025) en la parroquia rural de Santa Rosa (cantón Ambato), se observa que la dotación neta residencial promedio anual de 58.04 L/hab.d es significativamente menor que la obtenida en Techo Propio (123.85 L/hab.d). Esta diferencia puede explicarse por condiciones propias de un contexto rural frente a uno urbano, donde tienden a variar los patrones de consumo y la disponibilidad efectiva del servicio.

En el caso de la categoría comercial, se obtienen valores de dotación neta promedio mensual anual entre 2.55 y 3.02 L/hab.d, los cuales difieren de valores referenciales señalados por Steel & McGhee (1979), que aproximan esta dotación alrededor de 100 L/hab.d. No obstante,

esta diferencia seguramente se debe a la limitada actividad comercial del sector; en este contexto, y dado que únicamente el 2.35% de los suscriptores pertenece a la categoría comercial (Figura 14, acápite 3.5), su aporte relativo resulta bajo al normalizarse por la población total servida. En concordancia, Ayala Rosero (2025) reporta para Santa Rosa una dotación comercial promedio anual de 6.56 L/hab.d, mientras que en Techo Propio se obtiene 2.80 L/hab.d; esta variación se asocia a la distinta representatividad del consumo comercial, debido a que en Santa Rosa esta categoría alcanza 9.27% del consumo total, mientras que en Techo Propio disminuye a 2.22%.

En conjunto, aunque ambos estudios presentan diferencias, los valores de dotación comercial obtenidos en Santa Rosa y en Techo Propio se mantienen en el mismo orden de magnitud y tienden a aproximarse; sin embargo, ambos se mantienen alejados del valor referencial de Steel & McGhee (1979), lo que sugiere que, bajo el esquema de normalización empleado y dada la baja representatividad comercial en estos sectores, la dotación comercial per cápita no resulta directamente comparable con referencias generales de la literatura.

#### 4.4.3.3 Análisis de resultados de dotaciones brutas.

López Cualla (1995) señala que la dotación bruta se relaciona con la dotación neta mediante un factor asociado a pérdidas, el cual suele oscilar entre 5% y 45%. En el caso analizado, la variación anual entre dotación bruta y dotación neta refleja valores entre 50.19% y 55.52% (Tabla 23), lo que ubica el comportamiento fuera del rango reportado por dicho autor y evidencia un nivel de pérdidas elevado en el sistema. No obstante, al contrastar estos valores con el índice de agua no contabilizada (IANC), se observa una correspondencia más estrecha con los promedios anuales, dado que el rango del IANC se encuentra entre 50.25% y 55.58% (Tabla 27). Este resultado es coherente, debido a que la dotación bruta incorpora el efecto de las pérdidas existentes en el sistema; por lo tanto, el factor implícito observado en Techo Propio resulta más representativo del desempeño real del sector que un rango general propuesto en la literatura.

#### 4.4.4 Análisis de resultados de pérdidas de agua

En términos generales, el sistema presenta un IANC promedio de 53.22% y un IPUF promedio de 18.78 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes. De acuerdo con la clasificación de ARCA (2021), un IANC mayor a 45% corresponde a un desempeño bajo del sistema de agua potable; por lo tanto, los valores obtenidos sugieren pérdidas relevantes en el sector. Por su parte, el CRA (2014) establece como estándar de eficiencia un IPUF  $\leq 6$  m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, por lo que el promedio del período analizado triplica dicho umbral.

Al comparar por años, 2024 se identifica como el período más crítico, debido a que presenta un IANC promedio de 55.58% y un IPUF promedio de 20.15 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes. Además, se registra un evento extremo en octubre de 2024, donde el IANC alcanza 69.67% y el IPUF 33.09 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes. En contraste, al revisar los mínimos del período, se observa que el IANC más bajo ocurre en junio de 2023 con 33.87% y, de forma coherente, el IPUF mínimo también se presenta en el mismo mes con 9.38 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes. Este comportamiento representa el escenario de mayor eficiencia y constituye una referencia interna de desempeño alcanzable.

Para evaluar la variabilidad mensual de las pérdidas se calculó el coeficiente de variación (CV) (Anexo E, Tabla E.5), identificando al año con mayor variabilidad en el IANC a 2023 con un CV de 12.54%, mientras que el más estable fue el período enero–agosto de 2025 con un CV de 9.17%; estos indicadores permiten comprender que no existen cambios drásticos entre períodos, por lo que el comportamiento podría responder a una condición persistente que mantiene las pérdidas en niveles elevados. En el caso del IPUF (Anexo E, Tabla E.6), el año con mayor variabilidad fue 2024 (CV = 25.07%), mientras que el período más estable se mantiene en 2025 con un CV de 14.35%, siendo este el año con menor variabilidad en pérdidas del período.

#### 4.5 Propuesta general para reducción de pérdidas.

A partir de lo constatado en el sistema existente, se identifica como problema persistente la presencia de índices elevados de pérdidas de agua. Adicionalmente, el Concejo Cantonal de Ambato (2009) señala que el sector se originó como un asentamiento informal con déficit de infraestructura básica, condición que permite plantear la existencia de conexiones clandestinas como causa probable de pérdidas aparentes. En la Tabla 28 se indica las problemáticas sobre las cuales se plantea abordarla mediante actividades que permitan mejorar la eficiencia del sistema.

**Tabla 28.** Puntos críticos considerados en el diagnóstico.

Problemática identificada	Nombre del indicador	Unidad del indicador	Línea base del indicador (unidad)	Programa
Índices elevados de agua no contabilizada	Índice de agua no contabilizada (IANC)	%	53.22%	Registro y zonificación de fugas con macromedición sectorizada.
Alta pérdida por usuario facturado	Índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF)	m <sup>3</sup> /suscriptor /mes	18.78	Reducción de pérdidas y mejora de gestión comercial
Subregistro por micromedición	Porcentaje de micromedidores con antigüedad mayor a 10 años	%	42%	Fortalecimiento de micromedición

a) Registro y zonificación de fugas con macromedición sectorizada.

Implementar un registro técnico de fugas y reparaciones que consolide, como mínimo, la ubicación georreferenciada, tipo de falla, elemento afectado (tubería, accesorio, válvula o acometida), diámetro y material, fecha y hora de detección e intervención, tiempo de reparación y volumen estimado perdido, con el fin de identificar tramos recurrentes y zonas críticas del sector. Con base en este registro, se plantea la sectorización operativa de la red mediante la definición de zonas hidráulicas y el cierre controlado de válvulas para aislar sectores, de manera que se optimice la localización de pérdidas técnicas. De forma complementaria, se recomienda instalar macromedidores en la salida del tanque y en ramales principales de ingreso a cada zona, permitiendo balances por sector, detección temprana de incrementos anómalos y priorización de mantenimiento y recambio según recurrencia y antigüedad de infraestructura.

b) Reducción de pérdidas y mejora de gestión comercial.

Actualizar el catastro técnico-comercial del sector mediante una depuración sistemática de la base de usuarios, verificando predios sin micromedidor, predios con micromedidor sin registro activo en el sistema comercial, medidores con inconsistencias de estado, lecturas no confiables y consumos atípicos persistentes. Complementariamente, realizar la contrastación con catastro municipal y recorridos de verificación en campo para identificar conexiones no regularizadas, derivaciones clandestinas o cambios de uso no reportados. Esta actividad debe culminar en la regularización de usuarios, actualización de ficha predial, estandarización de codificación de medidores y normalización del ciclo de lectura y facturación, de manera que se reduzcan pérdidas aparentes y se mejore la trazabilidad del consumo facturado.

c) Fortalecimiento de micromedición.

Implementar un programa periódico de evaluación metrológica de micromedidores que incluya verificación en sitio, pruebas de precisión y criterios de recambio, priorizando equipos con antigüedad mayor a 10 años por su mayor probabilidad de subregistro. La intervención debe considerar la revisión de instalación, la clasificación por estado operativo y la planificación de calibración o reemplazo según desempeño. Esta acción se orienta a incrementar la confiabilidad del consumo registrado y facturado, reduciendo pérdidas aparentes y generando una base de datos de medición consistente para el seguimiento de indicadores como IANC e IPUF.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1 Conclusiones.

- Se explicaron las características básicas del sistema de agua potable del sector Techo Propio, el cual se compone de una estación de bombeo que impulsa el agua desde un pozo profundo, mediante una línea de impulsión de aproximadamente 800 m, hacia el tanque de almacenamiento que posee una capacidad de 1 000 m<sup>3</sup>, en este punto se realiza el proceso de desinfección con cloro gas y posteriormente, el agua se distribuye a través de la red del sector, cuya longitud aproximada es de 12 km y cuenta con 808 usuarios en 2025 y un porcentaje de cobertura con micromedición del 100%.
- Se estimaron los factores de mayoración para los años 2023 y 2024, obteniéndose para el período 2023–2024 un promedio de KQMH = 3.65 y KQMD = 1.62. Estos resultados superan los rangos referenciales del INEN (1992), donde KQMH se ubica entre 2.00 y 2.30 y KQMD entre 1.30 y 1.50, lo que evidencia una mayor variabilidad del sistema a escala horaria y, en menor medida, a escala diaria.
- Se estimaron el IANC y el IPUF para interpretar la magnitud de las pérdidas en relación con la producción de agua potable y con los suscriptores atendidos. El mejor desempeño mensual del período le corresponde un IANC de 33.87% e IPUF de 9.38 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes en junio de 2023; sin embargo, el promedio del período se mantiene elevado, con IANC promedio del período de 53.22% e IPUF igual a 18.78 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, lo que evidencia una brecha persistente y significativa entre el volumen producido y el volumen efectivamente contabilizado. El sistema presenta una variabilidad alta ya que los coeficientes de variación del período analizado del IANC fue de 11.73% y del IPUF fue del 21.99% promedio (Anexo E, Tabla E.5 – Tabla E.6).
- Se estimaron las dotaciones netas del sector Techo Propio, obteniéndose una dotación neta total promedio anual de 126.65 L/hab.d. Por categoría, la dotación neta promedio anual fue de 123.85 L/hab.d para la categoría residencial y de 2.80 L/hab.d para la categoría comercial. El comportamiento de dotaciones netas residenciales fue el más homogéneo en términos de variabilidad con un coeficiente de variación de 6.90% (Anexo E, Tabla E.1) respecto a la categoría comercial que mantiene un coeficiente CV de 16.23% (Anexo E, Tabla E.2) lo que indica una variabilidad moderada.
- Se estimó una dotación bruta de 272.61 L/hab.d para el período enero de 2023 – agosto de 2025, con una variación de 53.21% respecto a la dotación neta total del mismo período, lo que refleja el efecto de las pérdidas del sistema sobre el volumen producido. A lo largo

del período la variación de la dotación bruta es de 9.88% (Anexo E, Tabla E.4) lo cual indica un comportamiento de variación moderado.

## **5.2 Recomendaciones.**

- Implementar un plan de mejora del servicio de agua potable que priorice la disminución de pérdidas y que incorpore un programa periódico de calibración, verificación y reposición de micromedidores en función de su antigüedad y condición operativa.
- Actualizar el catastro de usuarios del servicio de agua potable mediante la contrastación con catastros municipales y verificación en campo, con el fin de identificar predios sin registro, detectar posibles conexiones no regularizadas y verificar el estado de instalación y funcionamiento de los micromedidores existentes.
- Continuar con este tipo de investigaciones que permitan consolidar parámetros locales de diseño y operación para sistemas de agua potable en sectores de características similares, de modo que las estimaciones de demanda y el dimensionamiento de la infraestructura de agua potable se ajusten al comportamiento real de los consumos de agua potable.

## Referencias Bibliográficas

- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2017). 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 servicios (DIR-ARCA-RG-006-2017). <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/REGULACION-Nro.-DIR-ARCA-RG-006-2017.pdf>
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2021). Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador: Boletín estadístico. [https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boleti%CC%81n-estadi%CC%81stico-APS-2021\\_fn\\_v02.pdf](https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boleti%CC%81n-estadi%CC%81stico-APS-2021_fn_v02.pdf)
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2022a). Guía técnica para la gestión y fortalecimiento de los procesos relacionados con los sistemas de micromedición en la prestación del servicio de agua potable brindado por los prestadores públicos y comunitarios. <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/01/Anexo-1-GUI%CC%81A-TE%CC%81CNICA-MICROMEDICIO%CC%81N.pdf>
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2022b). Guía técnica para la implementación de macromedición en los procesos de producción y distribución de agua potable. <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/01/Anexo-2-IMPLEMENTACIO%CC%81N-DE-MACROMEDICIO%CC%81N.pdf>
- Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2022c). Norma técnica para el control de la gestión del uso eficiente del agua potable. <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/Regulacion-DIR-ARCA-RG-011-2022-Uso-Eficiente-del-agua-signed.pdf>
- Alcivar, W. (2025). Plan de contingencia para garantizar agua segura en época de estiaje [Manuscrito no publicado]. Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A).
- Al-Mahasneh, Mehaysen, Al Bsoul, A., Al-Ananzeh, N., Al-Khasawane, H. E., Al-Mahasneh, Marwan, & Tashtoush, R. (2023). The characterization of groundwater quality for safe

- drinking water wells via disinfection and sterilization in Jordan: A case study. *Hydrology*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/hydrology10060135>
- Ayala Rosero, M. S. (2025). Determinación estimativa de los consumos de agua potable, dotaciones y demanda futura de agua potable en la parroquia rural Santa Rosa del cantón Ambato, provincia de Tungurahua [Tesis de grado no publicada]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Bonilla, C., Brentan, B., Montalvo, I., Ayala-Cabrera, D., & Izquierdo, J. (2023). Digitalization of water distribution systems in small cities, a tool for verification and hydraulic analysis: A case study of Pamplona, Colombia. *Water (Switzerland)*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/w15213824>
- Bose, R. J. C. A., Neelakantan, T. R., & Mariappan, P. (2012). Peak factor in the design of water distribution: An analysis. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 3(2).
- Cedeño, C. E., Molina, X. S., & Perero, M. S. (2021). Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2736>
- Choi, Y., Byun, S. H., Jang, H. J., Kim, S. E., & Choi, Y. J. (2022). Comparison of disinfectants for drinking water: Chlorine gas vs. on-site generated chlorine. *Environmental Engineering Research*, 27(1). <https://doi.org/10.4491/eer.2020.543>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básicos [CRA]. (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 (Resolución CRA 688). <https://interaseo.com.co/wp-content/uploads/2020/02/Resolucion-CRA-688-de-2014.pdf>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2016). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Obras de captación superficiales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 7.
- Concejo Cantonal de Ambato. (2009). Reforma y codificación de la ordenanza general del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato (No. 108). Ambato, Ecuador.
- De las Heras, S. (2018). Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas (2.<sup>a</sup> ed.). Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/10.5821/ebook-9788498807288>
- Del Giudice, G., Di Cristo, C., & Padulano, R. (2020). Spatial aggregation effect on water demand peak factor. *Water (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/w12072019>

- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A]. (s. f.). Tanques, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento de agua potable [Archivo AutoCAD no publicado].
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A]. (2022). Reglamento interno de prestación de servicios, prohibiciones y sanciones de la EP-EMAPA-A. [https://www.emapa.gob.ec/wp-content/uploads/2023/02/actualizacion%20a3/DI-GC-MYF-01-N822-03%20REGLAMENTO%20INTERNO%20DE%20PRESTACION%20DE%20SERVICIOS%20C%20PROHIBICIONES%20Y%20SANCIONES%20DE%20LA%20EP-EMAPA-A..pdf?\\_t=1695835077](https://www.emapa.gob.ec/wp-content/uploads/2023/02/actualizacion%20a3/DI-GC-MYF-01-N822-03%20REGLAMENTO%20INTERNO%20DE%20PRESTACION%20DE%20SERVICIOS%20C%20PROHIBICIONES%20Y%20SANCIONES%20DE%20LA%20EP-EMAPA-A..pdf?_t=1695835077)
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A]. (2025a). Registro de consumos sector Techo Propio – enero 2019 a agosto 2025 [Archivo no publicado]. Base de datos interna (archivo Microsoft Excel). Ambato, Ecuador.
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A]. (2025b). Registro de producción sector Techo Propio – enero 2023 a agosto 2025 [Archivo no publicado]. Base de datos interna (archivo Microsoft Excel).
- Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato [EP-EMAPA-A]. (2025c). Resultados de los análisis de redes de distribución de los sistemas de agua potable [Archivo de Microsoft Excel]. <https://gobiernoabierto.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2025/09/8-INFORME-MENSUAL-AGOSTO-2025.xls>
- Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Agua Potable y Alcantarillado de Loreto [EPS SEDALORETO]. (2015). Manual de catastro comercial de agua potable y alcantarillado. Iquitos, Perú.
- Fallis, P., Hübschen, K., Oertlé, E., Ziegler, D., Klingel, P., Knobloch, A., Baader, J., Trujillo, R., & Laures, C. (2011). Guidelines for water loss reduction: A focus on pressure management. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. <https://www.icafrica.org/fileadmin/documents/Knowledge/GIZ/Guidelines-water-loss-reduction.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato [GADMA]. (2017). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ambato 2050. Ambato, Ecuador. [https://gobiernoabierto.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/03\\_PDOT\\_Ambato\\_2050.pdf](https://gobiernoabierto.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/03_PDOT_Ambato_2050.pdf)

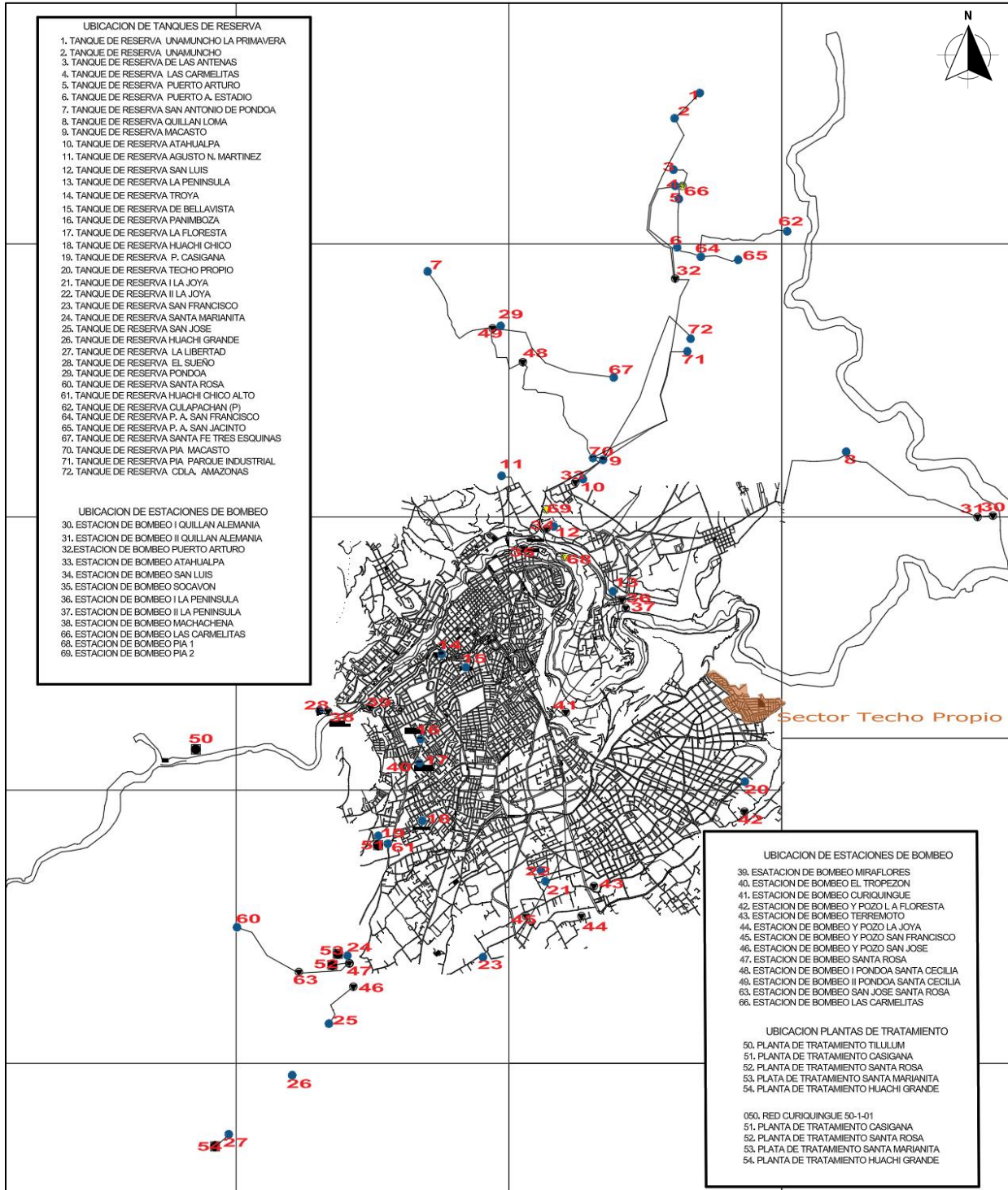
- Google. (2025a). Captura de mapa del sistema de agua potable del sector Techo Propio [Imagen satelital]. Google Earth. <https://earth.google.com/earth/d/1SdOLa6wXGMliH-xmnH6jBR13731A0wr0?usp=sharing>
- Google. (2025b). Datos de elevación para el sector Techo Propio, Ambato [Software]. Google Earth. <https://earth.google.com/earth/d/1SdOLa6wXGMliH-xmnH6jBR13731A0wr0?usp=sharing>
- Grzegorzec, M., Wartalska, K., & Kaźmierczak, B. (2023). Review of water treatment methods with a focus on energy consumption. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2023.106674>
- Gulbahar, N. (2016). Planning and design principles of transmission line in water supply project. *International Journal of Engineering Technologies, IJET*, 2(1). <https://doi.org/10.19072/ijet.75015>
- Hammer, M. J., & Hammer, M. J., Jr. (2011). *Water and wastewater technology* (7th ed.). Pearson Education Limited.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (s. f.). Mapa provincial (Geoportal) [Mapa interactivo]. Recuperado 25 de enero de 2026, de [https://mapas.tungurahua.gob.ec/application/mapa\\_provincial?#250000@281.23010/358.75021r0@EPSG:4326](https://mapas.tungurahua.gob.ec/application/mapa_provincial?#250000@281.23010/358.75021r0@EPSG:4326)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. CPE INEN 5, Parte 9-1:1992.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2019). Agua para consumo humano. Requisitos. NTE INEN 1108.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). Resultados del Censo 2022. <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/>
- Instituto Nacional de Normalización [INN]. (2015). Agua potable – Producción, conducción, almacenamiento y distribución – Requisitos de diseño (3.ª ed.). NCh691:2015. Santiago de Chile, Chile.
- Liu, G., Zhang, Y., Knibbe, W. J., Feng, C., Liu, W., Medema, G., & van der Meer, W. (2017). Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution: A review. *En Water Research* (Vol. 116). <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.03.031>
- López Cualla, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (1.ª ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Steel, E. W., & McGhee, T. J. (1979). *Water supply and sewerage* (5th ed.). McGraw-Hill Kogakusha.
- Valle, R. (2013). *Estudio y diseño de graderíos, batería sanitaria y un altar patrio en la unidad educativa "La Gran Muralla" del sector Techo Propio, parroquia Pishilata, cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.

# ANEXOS.

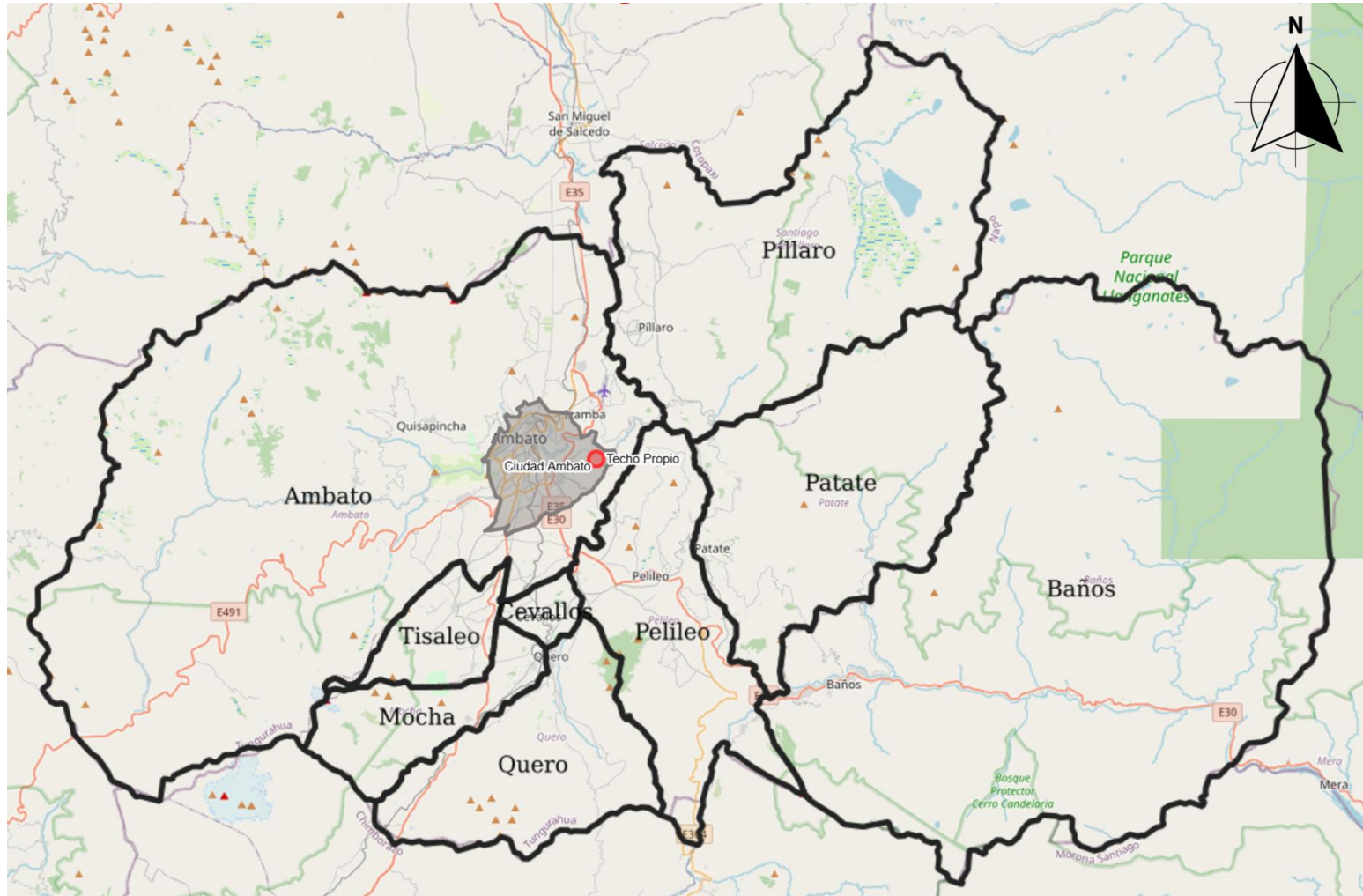
## Anexo A.

### Componentes principales del sistema de agua potable de Ambato.



**Figura A.1.** Ubicación de los principales componentes del sistema de agua potable de Ambato (EP-EMAPA-A, s. f.)

**Anexo B.**  
**Información del sector Techo Propio.**




**Figura B.1.** Ubicación del sector Techo Propio en la provincia de Tungurahua (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, s. f.).



**Figura B.2.** Mapa esquematizado del sistema de Techo Propio (Google, 2025a).

## Anexo C.

### Informe mensual del análisis de agua potable de los sistemas de Ambato.

	<b>REGISTRO DE INFORME MENSUAL</b>  <b>RG-GOM-CC-05-N851-12</b>	Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 14-001  Página 3 de 7													
<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO</b> <b>INFORME SIMPLIFICADO DEL MES DE: AGOSTO 2025</b>															
<b>DATOS GENERALES</b>		<b>DATOS DEL LABORATORIO</b>													
<b>CODIGO IDENTIFICACIÓN MUESTRA:</b> Ver Cuadro <b>CLIENTE:</b> Ing. Ricardo Germán López Vargas - Dirección de Operación y Mantenimiento <b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de Consumo <b>PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:</b> Redes de distribución zona sur y tanques de desinfección <b>RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:</b> Sr. Vicente Suco <b>FECHA/HORA TOMA DE MUESTRAS:</b> 2025-08-06 ; Hora de toma de muestra ver cuadro. 2025-08-19; Hora de toma de muestra ver cuadro. <b>TIPO DE TOMA DE MUESTRA:</b> Puntual	<b>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:</b> 2025-08-06; 13h44min 2025-08-19; 13h20min <b>FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:</b> 2025-08-06 2025-08-19 <b>FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:</b> 2025-09-04 <b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b> Humedad (%): 53; 53 Temperatura (°C): 16.2; 17.3														
<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>METODO</b>	<b>Norma INEN 1108:2020 Agua Potable Lim. máximo</b>	<b>DATOS MUESTRAS: SISTEMA / RED O TANQUE / HORA DE TOMA DE MUESTRA/ CÓDIGO MUESTRA / RESULTADOS</b>											
				<b>SISTEMA APATUG</b>		<b>SISTEMA PILAHUIN</b>		<b>SISTEMA SANTA MARIANITA</b>		<b>SISTEMA TECHO PROPIO</b>		<b>SISTEMA SAN FRANCISCO</b>		<b>SISTEMA TERREMOTO</b>	
				<b>RED</b>	<b>TANQUE</b>	<b>RED</b>	<b>TANQUE</b>	<b>RED</b>	<b>TANQUE</b>	<b>RED</b>	<b>TANQUE</b>	<b>RED</b>	<b>TANQUE</b>	<b>RED</b>	<b>TANQUE</b>
				<b>JUAN BENIGNO VELA</b>	<b>SAN PABLO</b>	<b>CUATRO ESQUINAS</b>	<b>PILAHUIN</b>	<b>LA MAGDALENA ALTO</b>	<b>P.T. SANTA MARIANITA</b>	<b>SAN VICENTE</b>	<b>TECHO PROPIO</b>	<b>LA DOLOROSA</b>	<b>SAN FRANCISCO</b>	<b>LA UNIVERSAL</b>	<b>LA JOYA</b>
				10h33min 25080502	11h33min 25080503	09h56min 25080504	10h13min 25080505	12h33min 25080500	12h13min 25080501	12h28 min 25080534	12h56min 25080535	11h01min 25080530	11h33min 25080530	12h04min 25080532	11h56min 25080533
ALUMINIO*	mg/L	HACH 8012	-	< 0,075	< 0,075	-	-	0,092	0,086	-	-	-	-	-	-
ARSENICO *	µg/L	Standard Methods-3114C	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	8,031	7,123	6,641	6,813
COLOR L. RESIDUAL**	mg/L	HACH-8021	0,3 a 1,5	0,61	0,68	0,52	0,67	0,56	0,82	0,79	0,74	0,47	0,49	0,69	0,72
COLIFORMES FECALES *	ufc/100ml	Standard Methods-9222-D	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
COLOR APARENTE	U Pt-Co	HACH 8025	15	5	7	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
DUREZA TOTAL	mg/L	Standard Methods-2340 C	-	0,00*	0,04*	21,03*	20,93*	0,00*	30,05*	175,34	214,76	242,60	242,19	174,12	165,59
FLUORUROS	mg/L	HACH-8029	1,5	<0,11*	<0,11*	0,20*	0,17*	<0,11*	0,25*	0,64	0,49	0,64	0,68	0,90	0,88
HIERRO *	mg/L	HACH-8008	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MANGANESO*	mg/L	Standard Methods-3111B	-	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026	<0,026
NITRATOS*	mg/L	HACH-8039	50,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	9,4	6,2	10,1	8,6	8,0	9,4
NITRITOS *	mg/L	HACH-8507	3,0	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035	<0,035
pH	U pH	Standard Methods-4500HB	6,5 a 8,0	7,15	7,16	6,89	6,77	7,17	7,42	7,56	7,57	7,63	7,47	7,75	7,55
TURBIDEZ **	NTU	Standard Methods-2130-B	5	0,93	1,07	0,93	0,45	1,01	1,00	0,83	0,78	0,88	0,57	0,78	0,91
OLOR*	-	Standard Methods2150-B	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
SABOR*	-	Standard Methods2160-B	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE

**Figura C.1. Resultados de calidad de agua potable en el mes de agosto del año 2025 (EP-EMAPA-A, 2025c).**

## Anexo D.

### Registro de suscriptores por categoría.

**Tabla D.1.** Suscriptores por categoría en el año 2019.

Número de suscriptores por categoría en el año 2019					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	699	33	4	17	753
Febrero	702	33	4	17	756
Marzo	704	33	4	17	758
Abril	704	33	5	17	759
Mayo	705	33	5	17	760
Junio	707	33	5	17	762
Julio	707	33	5	17	762
Agosto	710	33	5	17	765
Septiembre	714	33	5	17	769
Octubre	715	33	5	17	770
Noviembre	717	33	5	17	772
Diciembre	717	33	5	17	772

**Tabla D.2.** Suscriptores por categoría en el año 2020.

Número de suscriptores por categoría en el año 2020					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	722	33	5	17	777
Febrero	722	33	5	17	777
Marzo	722	33	5	17	777
Abril	721	34	5	17	777
Mayo	721	34	5	17	777
Junio	723	34	5	17	779
Julio	723	34	5	17	779
Agosto	724	34	5	17	780
Septiembre	726	34	5	17	782
Octubre	727	34	5	17	783
Noviembre	731	34	5	17	787
Diciembre	732	34	5	17	788

**Tabla D.3.** Suscriptores por categoría en el año 2021.

Número de suscriptores por categoría en el año 2021					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	732	34	5	17	788
Febrero	733	34	5	17	789
Marzo	735	34	5	17	791
Abril	737	34	5	17	793
Mayo	737	34	5	17	793
Junio	741	34	5	17	797
Julio	741	34	5	17	797
Agosto	741	34	5	17	797
Septiembre	744	34	5	17	800
Octubre	747	34	5	17	803
Noviembre	747	34	5	17	803
Diciembre	747	34	5	17	803

**Tabla D.4.** Suscriptores por categoría en el año 2022.

Número de suscriptores por categoría en el año 2022					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	744	37	6	18	805
Febrero	744	37	6	19	806
Marzo	744	37	6	19	806
Abril	744	37	6	19	806
Mayo	744	37	6	19	806
Junio	744	37	6	19	806
Julio	746	37	6	19	808
Agosto	746	37	6	19	808
Septiembre	746	37	6	19	808
Octubre	746	37	6	19	808
Noviembre	746	37	6	19	808
Diciembre	746	37	6	19	808

**Tabla D.5.** Suscriptores por categoría en el año 2023.

Número de suscriptores por categoría en el año 2023					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	746	37	6	19	808
Febrero	746	37	6	19	808
Marzo	746	37	6	19	808
Abril	746	37	6	19	808
Mayo	746	37	6	19	808
Junio	746	37	6	19	808
Julio	746	37	6	19	808
Agosto	746	37	6	19	808
Septiembre	746	37	6	19	808
Octubre	746	37	6	19	808
Noviembre	746	37	6	19	808
Diciembre	746	37	6	19	808

**Tabla D.6.** Suscriptores por categoría en el año 2024.

Número de suscriptores por categoría en el año 2024					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	746	37	6	19	808
Febrero	746	37	6	19	808
Marzo	746	37	6	19	808
Abril	746	37	6	19	808
Mayo	746	37	6	19	808
Junio	746	37	6	19	808
Julio	746	37	6	19	808
Agosto	746	37	6	19	808
Septiembre	746	37	6	19	808
Octubre	746	37	6	19	808
Noviembre	746	37	6	19	808
Diciembre	746	37	6	19	808

**Tabla D.7.** Suscriptores por categoría en el año 2025.

Número de suscriptores por categoría en el año 2025					
Categoría	Residencial	Tercera Edad	Discapacidad	Comercial	Total suscriptores
Mes					
Enero	746	37	6	19	808
Febrero	746	37	6	19	808
Marzo	746	37	6	19	808
Abril	746	37	6	19	808
Mayo	746	37	6	19	808
Junio	746	37	6	19	808
Julio	746	37	6	19	808
Agosto	746	37	6	19	808
Septiembre	746	37	6	19	808
Octubre	746	37	6	19	808
Noviembre	746	37	6	19	808
Diciembre	746	37	6	19	808

## Anexo E.

### Desviación estándar y coeficiente de variación.

**Tabla E.1.** Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación neta residencial.

Dotación neta categoría residencial								Estadísticos del período 2019-2025				
Año Mes	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio mensual	Desviación estándar	Coeficiente de variación (CV)	Desviación estándar del período	Coeficiente de variación del período (CV)
Enero	121.34	109.27	122.37	119.70	124.88	121.11	127.60	120.89	5.77	4.77%	8.54	6.90%
Febrero	130.54	124.15	133.05	146.16	151.37	130.92	142.20	136.91	9.80	7.16%		
Marzo	118.28	114.20	123.92	123.12	119.70	122.63	115.42	119.61	3.84	3.21%		
Abril	118.06	118.80	141.02	124.11	127.95	124.42	117.44	124.54	8.26	6.63%		
Mayo	127.29	114.70	124.37	133.56	133.71	112.20	114.25	122.87	9.20	7.49%		
Junio	113.83	126.16	120.44	129.37	140.18	129.14	137.25	128.05	9.11	7.12%		
Julio	116.53	126.21	123.07	105.98	117.48	118.70	116.54	117.79	6.36	5.40%		
Agosto	118.18	134.21	129.37	130.24	119.97	122.20	125.29	125.64	5.89	4.69%		
Septiembre	125.21	128.29	115.71	109.11	130.46	125.70	-	122.41	8.25	6.74%		
Octubre	126.59	122.36	129.37	123.83	120.03	107.29	-	121.58	7.72	6.35%		
Noviembre	117.67	138.76	115.67	123.16	125.68	127.85	-	124.80	8.27	6.62%		
Diciembre	111.53	118.95	120.08	122.79	125.60	119.63	-	119.76	4.73	3.95%		
Promedio del período	120.42	123.01	124.87	124.26	128.08	121.82	124.50	123.85	7.27	5.84%		

**Tabla E.2.** Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación neta comercial.

Dotación neta categoría comercial								Estadísticos del período 2019-2025				
Año Mes	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio mensual	Desviación estándar	Coeficiente de variación (CV)	Desviación estándar del período	Coeficiente de variación del período (CV)
Enero	2.71	1.64	3.12	2.50	2.92	2.51	3.33	2.67	0.55	20.58%	0.45	16.23%
Febrero	3.24	2.80	4.56	3.13	4.45	3.05	2.44	3.38	0.81	24.02%		
Marzo	3.00	2.56	2.64	2.48	2.71	2.94	2.43	2.68	0.22	8.23%		
Abril	3.32	2.51	3.14	3.01	2.54	2.72	2.22	2.78	0.39	14.16%		
Mayo	2.93	2.37	3.14	3.68	3.07	2.43	2.42	2.86	0.49	16.99%		
Junio	2.90	3.45	2.77	2.93	3.55	2.70	2.85	3.02	0.34	11.14%		
Julio	2.90	2.70	2.94	2.36	2.58	2.44	2.80	2.67	0.22	8.39%		
Agosto	3.15	3.37	2.88	2.76	2.63	2.48	3.03	2.90	0.31	10.62%		
Septiembre	3.19	3.14	2.36	2.61	3.34	2.53	-	2.86	0.41	14.29%		
Octubre	2.78	2.49	2.66	2.85	2.69	2.05	-	2.59	0.29	11.24%		
Noviembre	2.22	2.59	2.23	2.88	2.72	2.39	-	2.51	0.27	10.77%		
Diciembre	2.49	2.48	2.27	2.96	3.02	2.37	-	2.60	0.32	12.15%		
Promedio del período	2.90	2.67	2.89	2.85	3.02	2.55	2.69	2.80	0.45	16.23%		

**Tabla E.3.** Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación neta total.

Dotación neta total								Estadísticos del período 2019-2025				
Año Mes	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio mensual	Desviación estándar	Coeficiente de variación (CV)	Desviación estándar del período	Coeficiente de variación del período (CV)
Enero	124.05	110.91	125.49	122.19	127.79	123.63	130.93	123.57	6.30	5.10%	8.83	6.97%
Febrero	133.78	126.95	137.61	149.28	155.82	133.97	144.64	140.29	10.07	7.18%		
Marzo	121.28	116.76	126.56	125.60	122.41	125.58	117.85	122.29	3.90	3.19%		
Abril	121.38	121.31	144.17	127.12	130.48	127.14	119.65	127.32	8.41	6.60%		
Mayo	130.22	117.07	127.51	137.24	136.78	114.63	116.68	125.73	9.64	7.67%		
Junio	116.73	129.61	123.21	132.30	143.73	131.84	140.10	131.07	9.25	7.06%		
Julio	119.43	128.91	126.01	108.34	120.06	121.14	119.34	120.46	6.48	5.38%		
Agosto	121.33	137.59	132.25	133.01	122.60	124.68	128.32	128.54	6.02	4.69%		
Septiembre	128.40	131.43	118.07	111.72	133.80	128.22	-	125.27	8.54	6.82%		
Octubre	129.38	124.85	132.04	126.68	122.72	109.34	-	124.17	7.97	6.42%		
Noviembre	119.89	141.35	117.91	126.05	128.40	130.23	-	127.30	8.39	6.59%		
Diciembre	114.02	121.43	122.35	125.75	128.62	122.00	-	122.36	4.92	4.02%		
Promedio del período	123.32	125.68	127.76	127.11	131.10	124.37	127.19	126.65	8.83	6.97%		

**Tabla E.4.** Desviación estándar y coeficiente de variación de dotación bruta.

Dotación bruta				Estadísticos del período 2023-2025				
Año Mes	2023	2024	2025	Promedio mensual	Desviación estándar	Coeficiente de variación (CV)	Desviación estándar del período	Coeficiente de variación del período (CV)
Enero	311.07	241.49	277.46	276.68	34.80	0.13		
Febrero	306.01	245.18	265.60	272.27	30.96	0.11		
Marzo	276.80	256.28	269.18	267.42	10.37	0.04		
Abril	247.91	260.56	304.49	270.99	29.69	0.11		
Mayo	258.97	285.78	269.97	271.58	13.47	0.05		
Junio	217.34	275.33	267.81	253.49	31.53	0.12		
Julio	265.55	276.74	266.48	269.59	6.21	0.02		
Agosto	255.71	273.74	279.43	269.63	12.38	0.05		
Septiembre	255.70	291.36	-	273.53	25.21	0.09		
Octubre	260.69	360.53	-	310.61	70.60	0.23		
Noviembre	258.33	323.37	-	290.85	45.99	0.16		
Diciembre	244.07	264.94	-	254.50	14.76	0.06		
Promedio del período	263.18	279.61	275.05	272.61	26.94	0.10		

**Tabla E.5.** Desviación estándar y coeficiente de variación de IANC.

IANC mensual y estadísticos del período 2023-2025			
Mes	2023	2024	2025
Enero	58.92%	48.81%	52.81%
Febrero	49.08%	45.36%	45.54%
Marzo	55.78%	51.00%	56.22%
Abril	47.37%	51.21%	60.70%
Mayo	47.19%	59.89%	56.78%
Junio	33.87%	52.11%	47.68%
Julio	54.79%	56.23%	55.21%
Agosto	52.06%	54.45%	54.08%
Septiembre	47.67%	55.99%	-
Octubre	52.92%	69.67%	-
Noviembre	50.29%	59.73%	-
Diciembre	47.30%	53.95%	-
Estadísticos del período 2023-2025			
Promedio mensual anual	50.25%	55.58%	53.85%
Desviación estándar	6.30%	6.29%	4.94%
Coeficiente de variación (CV)	12.54%	11.32%	9.17%
Promedio del período	53.22%		
Desviación estándar del período	6.24%		
Coeficiente de variación del período (CV)	11.73%		

**Tabla E.6.** Desviación estándar y coeficiente de variación del IPUF.

<b>IPUF mensual y estadísticos del período 2023-2025</b>			
Mes	2023	2024	2025
Enero	24.15	15.53	19.30
Febrero	17.87	13.71	14.39
Marzo	20.34	17.22	19.94
Abril	14.97	17.01	23.56
Mayo	16.10	22.55	20.20
Junio	9.38	18.29	16.28
Julio	19.17	20.50	19.38
Agosto	17.54	19.64	19.91
Septiembre	15.54	20.80	-
Octubre	18.18	33.09	-
Noviembre	16.56	24.62	-
Diciembre	15.21	18.83	-
<b>Estadísticos del período 2023-2025</b>			
Promedio mensual anual	17.08	20.15	19.12
Desviación estándar	3.54	5.05	2.74
Coeficiente de variación (CV)	20.71%	25.07%	14.35%
Promedio del período	18.78		
Desviación estándar del período	4.13		
Coeficiente de variación del período (CV)	21.99%		