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



Trabajo de Integración Curricular

Tema: Determinación de consumos unitarios, dotaciones y demanda futura de agua potable en el sector La Joya, parroquia Pishilata, cantón Ambato.

AUTOR:
Nelson Ariel Suárez Becerra

QUITO DM, JUNIO DE 2026

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mi madre, la señora María Rosario Becerra Cadena, mi padre, el señor Nelson Rogelio Suárez Suárez, y a mí mismo, por la responsabilidad que recae en mis hombros y el esfuerzo que he y seguiré realizando.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi madre, quien siempre ha velado por mi bienestar desde que tengo uso de razón, por todo lo que ha sacrificado y su completa dedicación.

A mi padre, por sus enseñanzas, esfuerzo y compañía, además de los valores que en familia me han sido transmitidos.

A mi pareja, quien con su apoyo constante me impulsa a ser un mejor hombre.

Y a mi familia en general, por acogerme en un ambiente sano y productivo, que se ve reflejado en mi desarrollo personal.

Resumen

En el presente trabajo de integración curricular se realizó un estudio del consumo de agua potable en el sector La Joya, ubicado en la parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, durante el período comprendido entre julio de 2022 y diciembre de 2025. Se cuantificaron los consumos y las dotaciones netas para las categorías de usuario definidas por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A), y para proyectar la demanda de agua potable se emplearon dos métodos de análisis.

El primer método consistió en una proyección de la población de Ambato, obtenida a partir de los registros censales del INEC y ajustada al área del sector La Joya. En conjunto con la proyección de las dotaciones netas totales, este método permitió estimar un caudal de demanda de 38.95 L/s para el año 2040. De forma paralela, el segundo método proyectó el caudal demandado a partir del ajuste matemático de los registros históricos de consumo total, obteniéndose un valor de 43.46 L/s para el mismo año.

Palabras clave: consumo, unitario, dotación, población, demanda.

Abstract

This integration work presents a drinking water consumption study conducted in La Joya sector, located in Pishilata parish of Ambato, Tungurahua province, spanning the period from July 2022 to December 2025. Consumption and net water allowances were quantified for the user categories defined by the Municipal Drinking Water and Sewerage Public Company of Ambato (EP-EMAPA-A), and two analytical methods were employed to project future drinking water demand.

The first method involved a population projection for Ambato, sourced from INEC census records and adjusted specifically to the La Joya area. Combined with the projected total net water allowances, this method estimated a demand flow rate of 38.95 L/s for the year 2040. Concurrently, the second method projected the demand flow rate based on the mathematical best-fit of historical total consumption records, yielding a value of 43.46 L/s for the same year.

Keywords: consumption, unit, endowment, population, demand.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 JUSTIFICACIÓN 1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.3 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS 1
1.3.1 OBJETIVO GENERAL 1
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1
1.4 ALCANCE 2
2. REVISIÓN DE LITERATURA 2
2.1 Sistemas de agua potable 2
2.1.1 Estructuras de captación 2
2.1.2 Sistemas de bombeo 3
2.1.3 Líneas de conducción 4
2.1.4 Sistemas de potabilización 4
2.1.5 Almacenamiento 4
2.1.6 Redes de distribución 5
2.2 Análisis poblacional 6
2.2.1 Información actualizada de población 6
2.2.2 Metodologías de proyección poblacional 6
2.3 Consumos de agua potable 9
2.3.1 Población servida y categorías de usuario 10
2.3.2 Micromedición 10
2.3.3 Dotación neta y dotación bruta 11
2.3.4 Consumos unitarios de agua potable 12
2.3.5 Consumos por tipo de usuario 13
2.3.6 Factores incidentes en el consumo de agua potable 14
2.3.7 Proyección de la demanda de agua potable. Métodos de regresión 15
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL SECTOR LA JOYA 16
3.1 Información general 16
3.2 Descripción general del sistema de agua potable 17

3.2.1 Descripción general del sistema de agua potable de Ambato 17
3.2.2 Descripción general del sistema de agua potable de La Joya 19
3.2.3 Fuente de abastecimiento y estructura de captación 19
3.2.4 Sistema de bombeo y conducción 20
3.2.5 Tratamiento 20
3.2.6 Tanque de reserva 21
3.2.7 Red de distribución 22
3.3 Sistemas de macromedición y micromedición 22
3.4 Usuarios del sistema de agua potable 24
3.5 Descripción del catastro de usuarios implementado 25
4. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR LA JOYA 26
4.1 Selección del área de estudio 26
4.2 Metodología para el análisis de consumos y proyección de demanda de agua potable 26
4.2.1 Depuración de datos 26
4.2.2 Cálculo de consumos 27
4.2.3 Cálculo de consumos unitarios 27
4.2.4 Estimación de la población del sector La Joya a noviembre de 2022 27
4.2.5 Cálculo de dotaciones 28
4.2.6 Metodología de proyección de consumos 28
4.2.7 Metodología de proyección demográfica 29
4.2.8 Metodología de proyección de dotaciones 29
4.2.9 Método de proyecciones de demanda considerando poblaciones y dotaciones netas 30
4.2.10 Método de proyecciones de demanda considerando consumos totales 30
4.3 Determinación de dotaciones y consumos unitarios de agua potable por tipo de usuario 30
4.3.1 Determinación de consumos 30
4.3.2 Determinación de consumos unitarios 34
4.3.3 Determinación de dotaciones 38

4.4 Análisis del crecimiento poblacional en el sector La Joya....42
4.4.1 Proyección de población....42
4.5 Proyección estimativa de la demanda de agua potable....44
4.5.1 Proyección de demanda considerando dotaciones netas y población proyectada 44
4.5.2 Proyección de demanda considerando consumos mensuales....48
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS....50
5.1 Análisis de los consumos de agua potable....50
5.1.1 Análisis de consumos....50
5.1.2 Análisis de consumos unitarios....50
5.1.3 Análisis de dotaciones....51
5.2 Análisis de las proyecciones de demanda....51
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....52
6.1 Conclusiones....52
6.2 Recomendaciones....53
7. BIBLIOGRAFÍA....54
ANEXOS....57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Dotaciones referenciales por población y tipo de clima....12
Tabla 2 - Plantas de tratamiento de la ciudad de Ambato....18
Tabla 3 - Tanques de reserva principales de la ciudad de Ambato....19
Tabla 4 - Población de Ambato en cada año censal....29
Tabla 5 – Consumos anuales de la categoría doméstica....31
Tabla 6 - Consumos anuales de la categoría comercial....32
Tabla 7 - Consumos anuales de la categoría industrial....33
Tabla 8 - Consumos anuales totales sin distinción de categoría de usuario....34
Tabla 9 - Consumos unitarios de la categoría doméstica....35
Tabla 10 – Consumos unitarios de la categoría comercial....36
Tabla 11 - Consumos unitarios de la categoría industrial....37
Tabla 12 – Consumos unitarios sin distinción por categoría....38
Tabla 13 – Dotaciones netas de la categoría doméstica....39
Tabla 14 - Dotaciones netas de la categoría comercial....40
Tabla 15 – Dotaciones netas de la categoría industrial....41
Tabla 16 – Dotaciones netas totales sin distinción de categoría de usuario....42
Tabla 17 - Modelos poblacionales evaluados en Excel para el sector La Joya....43
Tabla 18 – Proyección demográfica para el sector La Joya por el Modelo logístico....44
Tabla 19 - Dotación neta total de cada año analizado en el sector La Joya....45
Tabla 20 - Resultados matemáticos de los modelos de proyección de dotación neta total....45
Tabla 21 - Proyección anual de la dotación neta total por el método lineal....46
Tabla 22 – Proyección de demanda considerando dotación y población por método logístico....47
Tabla 23 - Resultados de los modelos de proyección de consumo mensual en La Joya....48
Tabla 24 – Proyección de demanda en La Joya considerando consumos mensuales....49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Ubicación referencial del sector La Joya (Google, 2026) 17
Ilustración 2 - Línea de conducción (Google, 2026) 20
Ilustración 3 - Mapa del área de estudio (Google, 2026). 26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Marcas de micromedidores en el sector La Joya 23
Figura 2 - Diámetro de micromedidores del sector La Joya.....24
Figura 3 - Antigüedad de los micromedidores del sector La Joya.....24
Figura 4 - Categorías de usuario del sector La Joya (EP-EMAPA-A, 2026) 25
Figura 5 - Representación del consumo total al año de la categoría doméstica 31
Figura 6 - Representación del consumo total al año de la categoría comercial.....32
Figura 7 - Representación del consumo total al año de la categoría industrial.....33
Figura 8 - Representación del consumo total al año sin distinción de categoría de usuario....34
Figura 9 - Representación del consumo unitario promedio anual de la categoría doméstica..35
Figura 10 - Representación del consumo unitario promedio anual de la categoría industrial.36
Figura 11 - Representación del consumo unitario promedio anual de la categoría industrial 37
Figura 12 - Representación del consumo unitario promedio anual de todos los usuarios.....38
Figura 13 - Representación de la dotación neta promedio anual de la categoría doméstica ...39
Figura 14 - Representación de la dotación neta promedio anual de la categoría comercial....40
Figura 15 - Representación de la dotación neta promedio anual de la categoría industrial.....41
Figura 16 - Representación de la dotación neta promedio anual sin distinción de usuario.....42
Figura 17 - Población del sector La Joya proyectado al año 2040 44
Figura 18 - Demanda proyectada a 2040 en La Joya considerando población y dotación.....47
Figura 19 - Demanda proyectada a 2040 en La Joya considerando el consumo mensual.....49

1. INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

La importancia del presente trabajo de integración curricular radica en el análisis de los consumos de agua potable en el sector La Joya, parroquia Pishilata, cantón Ambato, cuyos resultados se consideran fundamentales para la formulación de proyectos de abastecimiento de agua potable. En este sentido, la investigación permitirá determinar dotaciones y consumos de agua potable, necesarios para optimizar, ajustar y mejorar el funcionamiento del sistema de agua potable y para futuras ampliaciones.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño y operación de sistemas de agua potable requieren la determinación del consumo de agua potable y la estimación de dotaciones por categoría de usuario, parámetros que deben responder a condiciones reales de la demanda para considerarlos en su proyección futura.

De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 1992), la demanda de agua potable debe determinarse a partir de sistemas en operación y ajustarse al contexto local. No se conoce que en el sector La Joya, parroquia Pishilata, cantón Ambato, se disponga de estudios actualizados sobre consumos de agua potable, lo que vuelve necesario realizar investigaciones en este campo.

El presente trabajo de integración curricular se sustenta en datos proporcionados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A), con el objetivo de determinar consumos y dotaciones de agua potable actual y proyectar la demanda futura de agua potable en el sector La Joya.

1.3 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los consumos unitarios y dotaciones; y, estimar la demanda futura de agua potable en el sector La Joya, parroquia Pishilata, cantón Ambato.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir aspectos técnicos básicos de los sistemas de agua potable, de los consumos de agua y de las proyecciones de demanda de agua potable.
- Describir los aspectos básicos del sistema de abastecimiento de agua potable del sector La Joya, parroquia Pishilata, cantón Ambato.

- Determinar, a partir de datos de micromedición, dotaciones, consumos unitarios por categoría de usuario y una proyección aproximada de demanda de agua potable en el sector La Joya, parroquia Pishilata, cantón Ambato.

1.4 ALCANCE

El presente trabajo de integración curricular se desarrollará en el sector La Joya, parroquia Pishilata del cantón Ambato, mediante el análisis de datos de micromedición del período comprendido entre julio de 2022 hasta diciembre de 2025, proporcionados por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A). Con base en estos datos se determinarán consumos, dotaciones de agua potable y su proyección referencial de demanda. El trabajo de integración curricular se limita al procesamiento y análisis de la información disponible, sin incluir mediciones específicas de consumos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistemas de agua potable

Un sistema de agua potable se define como el conjunto de obras y procesos destinados a captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua apta para consumo humano, conforme a estándares de calidad establecidos (Viessman et al., 2009). Según Mays (2011), estos sistemas se diseñan en función de condiciones físicas, demográficas y económicas del lugar, con el objetivo de garantizar continuidad y calidad del servicio.

Por otra parte, el diseño de estos sistemas se basa en normativas que buscan estandarizar criterios y garantizar condiciones mínimas de funcionamiento; asimismo, en el contexto ecuatoriano, la normativa técnica establece parámetros de diseño que orientan la planificación y diseño de los sistemas de agua potable (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992).

2.1.1 Estructuras de captación

La captación de agua constituye la primera etapa del sistema de abastecimiento y comprende las estructuras destinadas a extraer el recurso desde fuentes naturales para su aprovechamiento, razón por la cual las fuentes de abastecimiento se clasifican en superficiales y subterráneas, de acuerdo con el origen del recurso hídrico disponible (Mays, 2011).

- **Captaciones superficiales:** ríos, quebradas, lagos y embalses, los cuales presentan variabilidad en caudal y calidad del agua (UN-Habitat, 2010).

- **Captaciones subterráneas:** corresponden a acuíferos explotados mediante pozos profundos o galerías filtrantes, los cuales presentan mayor estabilidad en cuanto a su calidad (Fair et al., 1971).

La selección del tipo de captación depende de factores como disponibilidad hídrica, calidad del agua, accesibilidad y costos de operación; por tanto, las obras de captación deben diseñarse para evitar la entrada de sólidos, sedimentos y contaminantes, con el fin de proteger la calidad del recurso (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Para la captación de agua se emplean estructuras típicas como bocatomas, torres de captación y pozos, cuya selección depende de las condiciones hidráulicas registradas de manera que se garantice la continuidad del suministro (Viessman et al., 2009).

2.1.2 Sistemas de bombeo

Los sistemas de bombeo se emplean para transportar agua desde niveles inferiores hacia cotas superiores cuando las condiciones topográficas impiden el flujo por gravedad y se expresan como un componente esencial en sistemas de abastecimiento de agua potable (Mays, 2011). Adicionalmente, Karassik et al. (2001) señalan que estos sistemas están conformados por bombas, motores, tuberías y accesorios que permiten transmitir energía al fluido para garantizar su movimiento dentro del sistema.

Crittenden et al. (2012) indican que el funcionamiento de los sistemas de bombeo se basa en los principios de la mecánica de fluidos, particularmente en la ecuación de energía, la cual relaciona la presión, velocidad y altura del fluido a lo largo de un sistema hidráulico, en donde la función de la bomba es actuar como un dispositivo que incrementa la energía del fluido para compensar pérdidas de carga y diferencias de elevación.

Según Shammas et al. (2015) el diseño de sistemas de bombeo requiere la determinación de la altura dinámica total la cual incluye la suma de la altura estática y las pérdidas de carga por fricción y accesorios en la tubería.

Como principio físico, las pérdidas de carga se originan por la fricción del fluido con las paredes de la tubería y por la presencia de accesorios, los cuales deben ser considerados en el análisis hidráulico del sistema (Mott, 2006). Shammas et al. (2015) detallan que la correcta estimación de estas pérdidas permite evitar sobredimensionamientos y mejorar la eficiencia energética del sistema.

2.1.3 Líneas de conducción

Las líneas de conducción transportan el agua desde la captación hasta las unidades de tratamiento o almacenamiento; además, las tuberías que conforman el sistema de conducción pueden operar a flujo libre o a presión, según las condiciones del sistema (Mays, 2011). De acuerdo con Karassik et al. (2001) el diseño hidráulico considera pérdidas de carga por fricción y accesorios, los cuales afectan la eficiencia del sistema desde el punto de vista de la mecánica de fluidos. Los materiales utilizados incluyen PVC, hierro dúctil y acero, seleccionados en función de resistencia, durabilidad y costo; del mismo modo, la instalación de válvulas y accesorios permite controlar el flujo y facilitar el mantenimiento del sistema (Arregui et al., 2006).

De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992) las líneas de conducción pueden incorporar dispositivos y estructuras complementarias para garantizar su adecuada operación y mantenimiento.

Conforme a Crittenden et al. (2012) la velocidad del flujo en las tuberías del sistema de líneas de conducción debe ser tal que minimice la sedimentación de sólidos, reduzca las pérdidas de carga y disminuya el riesgo de golpe de ariete.

2.1.4 Sistemas de potabilización

Los sistemas de potabilización tienen como objetivo mejorar la calidad del agua para cumplir con los estándares sanitarios establecidos en la normativa correspondiente de cada país, ya que estos sistemas eliminan contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua cruda (Organización Mundial de la Salud, 2017). El tratamiento convencional incluye coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, procesos que actúan de forma secuencial (Mays, 2011). Según Gleick (2003), la coagulación y la floculación permiten la aglomeración de partículas finas para facilitar su remoción; la sedimentación separa sólidos en suspensión mediante procesos gravitacionales; la filtración elimina partículas remanentes a través de medios granulares; y, la desinfección elimina microorganismos patógenos mediante agentes químicos como el cloro. El control operacional en cada etapa de potabilización garantiza la calidad del agua tratada mediante el monitoreo de parámetros físicos y químicos (Arregui et al., 2006).

2.1.5 Almacenamiento

El almacenamiento permite regular la variación entre la oferta y la demanda de agua potable dentro del sistema, así como garantizan la continuidad del servicio durante períodos de

interrupción o picos de consumo; los tanques se clasifican como tanques elevados, superficiales y enterrados, según su ubicación y función, y su capacidad de almacenamiento se determina en función del consumo, las variaciones horarias y las reservas de emergencia (Mays, 2011). Según Viessman et al. (2009), el diseño debe garantizar condiciones sanitarias que eviten la contaminación del agua almacenada, y el mantenimiento periódico asegura la preservación de la calidad del agua y la integridad estructural.

2.1.6 Redes de distribución

En concordancia con Bianchotti et al. (2020), las redes de distribución constituyen el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que permiten transportar el agua potable desde los sistemas de almacenamiento hasta los usuarios finales; sin embargo, estas redes deben garantizar presión adecuada, continuidad del servicio y calidad del agua en todos los untos del sistema. El análisis hidráulico de redes de distribución se fundamenta en los principios de conservación de la masa y de la energía, los cuales permiten establecer el comportamiento del flujo en sistemas de tuberías interconectadas (Mott, 2006). De acuerdo con Shammas et al. (2015), estos principios se aplican para determinar caudales, presiones y pérdidas de carga en cada tramo de la red; las pérdidas de carga en redes de distribución se deben principalmente a la fricción en las tuberías y a la presencia de accesorios, por lo que su estimación resulta fundamental para el diseño hidráulico, y la adecuada consideración de estas pérdidas permite garantizar presiones mínimas en los puntos más desfavorables de la red.

Las redes pueden configurarse en sistemas ramificados, mallados o combinados, dependiendo de las condiciones topográficas y del nivel de confiabilidad requerido; es necesario mencionar que las redes malladas ofrecen mayor continuidad del servicio y permiten redistribuir caudales ante fallas, lo cual mejora la resiliencia del sistema y, en contraste, los sistemas ramificados presentan zonas de estancamiento del agua que limitan la flexibilidad operativa (Mays, 2011). En estos extremos el agua pierde velocidad de circulación y tiende a estancarse, lo que genera problemas críticos como la pérdida del cloro residual, la acumulación de sedimentos, la degradación de la calidad del agua manifestada en olores, cambios de sabor, color y turbiedad, y la corrosión de las tuberías del sistema (Viessman et al., 2009). Adicionalmente, el diseño de redes de distribución requiere considerar la variabilidad de la demanda, representada mediante factores de consumo que permiten estimar caudales máximos diarios y horarios, los cuales constituyen la base para el dimensionamiento de tuberías y la evaluación de condiciones críticas de operación (Bianchotti et al., 2020).

2.2 Análisis poblacional

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2014) señala que la proyección poblacional es un procedimiento de análisis demográfico que examina el tamaño, la estructura y la evolución de una población en un territorio definido, a partir de la evaluación de los factores que determinan sus cambios en el tiempo.

El análisis poblacional, de acuerdo con Preston et al. (2001), permite estimar la demanda futura de agua potable mediante la evaluación del crecimiento demográfico en un área de estudio, proceso que constituye un elemento fundamental en el diseño de sistemas de abastecimiento ya que define la magnitud de las infraestructuras requeridas. Su importancia en la planificación de sistemas hidráulicos radica en la necesidad de contar con proyecciones confiables de población, con el fin de garantizar cobertura durante el periodo de diseño (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014).

2.2.1 Información actualizada de población

Los censos oficiales constituyen la principal fuente de información demográfica para el análisis poblacional, debido a su carácter sistemático y a su cobertura nacional; en el caso del Ecuador, los datos del último censo, realizado en noviembre de 2022, permiten establecer la población base para la elaboración de proyecciones demográficas futuras (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022). La información censal comprende variables como edad, sexo, densidad poblacional y acceso a servicios básicos, las cuales proporcionan elementos para caracterizar la demanda de agua potable (Siegel et al., 2004).

2.2.2 Metodologías de proyección poblacional

Las metodologías de proyección poblacional basadas en regresiones permiten modelar la relación entre el tiempo y el crecimiento de la población a partir de datos históricos, mediante el ajuste de funciones matemáticas que representan tendencias demográficas (Montgomery et al., 2012). Estos métodos constituyen herramientas analíticas que permiten obtener estimaciones más ajustadas cuando el crecimiento no sigue patrones estrictamente constantes (Mendenhall & Sincich, 2012).

2.2.2.1 Método de mínimos cuadrados

Según Daniel (1974), el método de mínimos cuadrados corresponde a una técnica de proyección estadística cuyo objetivo principal consiste en obtener la ecuación que mejor se ajuste a un conjunto de datos observados y para ello se aplica el principio de minimizar la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los estimados por el modelo,

denominadas residuos o errores de ajuste. Para evaluar el grado de ajuste de los valores calculados con un modelo y aquellos observados se utiliza el coeficiente de determinación como indicador estadístico de grado de ajuste, cuya ecuación es la siguiente (Rowland, 2003):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum(Y_i - Y_{prom})^2} \quad (1)$$

Donde:

Y_i: Valores observados.

$\hat{Y}_i$: Valores estimados con un método específico.

Y_{prom}: Promedio de los valores observados.

R^2: Coeficiente de determinación.

Finalmente, la curva de mejor ajuste corresponde al modelo que, luego de la aplicación del método de mínimos cuadrados, presenta el mayor coeficiente de determinación (R^2) dentro del conjunto de modelos evaluados, es decir, aquel que se aproxima más a la unidad (Mendenhall & Sincich, 2012).

2.2.2.2 Proyección lineal

El método de proyección lineal se fundamenta en la modelación de la relación existente entre una variable dependiente P y una variable independiente t mediante una ecuación de ajuste lineal; este método asume que la variación de la variable dependiente ocurre a una tasa constante con respecto a la variable independiente, por lo que resulta adecuado para representar tendencias de crecimiento o decrecimiento uniforme en el tiempo, modelo que es representado por la siguiente la ecuación general (Montgomery et al., 2012):

$$P = a + bX \quad (2)$$

Donde:

P: población en el tiempo.

$a\ y\ b$: parámetros estimados mediante regresión.

X : tiempo.

2.2.2.3 Proyección logarítmica

De acuerdo con López (1995) el método de proyección por crecimiento logarítmico resulta apropiado para la estimación de poblaciones futuras en sistemas de abastecimiento de agua, particularmente en centros urbanos que han alcanzado un grado significativo de consolidación territorial y disponen de limitadas posibilidades de expansión física. Mendenhall y Sincich

(2012) formulan el modelo matemático de proyección logarítmica mediante la siguiente expresión:

$$P = a + b\ ln(X) \quad (3)$$

Donde:

P : población en el tiempo.

X : tiempo.

$a\ y\ b$: parámetros estimados mediante regresión.

2.2.2.4 Proyección exponencial

Según Montgomery et al. (2012) el método de proyección exponencial resulta apropiado para representar el crecimiento de poblaciones que exhiben una tendencia ascendente sostenida; este modelo establece una relación exponencial entre la población y el tiempo, con base en datos históricos observados, y supone que la tasa de crecimiento poblacional es proporcional al tamaño de la población en cada instante, criterio a base del cual se tiene la siguiente expresión matemática:

$$P = ae^{bX} \quad (4)$$

Donde:

P: población proyectada o valor estimado de la variable dependiente.

$a\ y\ b$: parámetros estimados mediante regresión.

X: tiempo.

e: base de los logaritmos naturales.

Es necesario aclarar que el parámetro b representa el tipo de conducta que el modelo matemático establece, mostrado a continuación (Keyfitz & Caswell, 2005).

Si $b > 0$, la población crece exponencialmente.

Si $b < 0$, la población disminuye exponencialmente.

Si $b = 0$, la población permanece constante.

A diferencia del modelo lineal en el que el incremento es constante, en el modelo exponencial el crecimiento absoluto aumenta con el tiempo ya que depende del valor alcanzado por la población en cada período (Preston et al., 2001).

2.2.2.5 Proyección potencial

El método potencial describe el crecimiento poblacional como una función de potencia, lo cual permite capturar variaciones no lineales, y cuya ecuación es la siguiente (Pollard, 1973).

$$P = a \cdot X^b \quad (5)$$

Donde:

$a\ y\ b$: parámetros estimados mediante regresión.

X: tiempo.

P: población proyectada o valor estimado de la variable dependiente.

2.2.2.6 Método logístico

Según Preston et al. (2001) el modelo logístico describe la dinámica de poblaciones cuyo crecimiento se encuentra limitado por las condiciones físicas, económicas, sociales y ambientales del entorno, por lo que, a diferencia del modelo exponencial, este método considera la existencia de una capacidad de carga, definida como el tamaño máximo de población que puede sostenerse bajo determinadas condiciones, lo que hace que la tasa de crecimiento disminuya gradualmente conforme la población se aproxima a dicho límite hasta alcanzar un estado de equilibrio, planteamiento que se expresa con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{S}{1 + ne^{-mX}} \quad (6)$$

Donde:

P: población proyectada en el tiempo X.

S: capacidad de carga o población máxima que puede sostener el sistema.

n: constante de ajuste determinada a partir de las condiciones iniciales.

m: tasa intrínseca de crecimiento.

X: tiempo.

e: base de los logaritmos naturales.

El procedimiento requiere estimar la capacidad de carga y ajustar los parámetros del modelo con base en las condiciones propias del sistema, lo que permite determinar el punto de inflexión de la curva de crecimiento; asimismo, este modelo evita la generación de proyecciones con crecimiento indefinido y, por consiguiente, constituye una herramienta ampliamente utilizada en la planificación de recursos y servicios públicos en poblaciones que presentan una transición demográfica avanzada (Siegel et al., 2004).

2.3 Consumos de agua potable

El consumo de agua potable se define como la cantidad de agua utilizada por una población en un periodo determinado, considerando tanto los usos domésticos como los comerciales,

industriales y públicos (American Water Works Association, 2012). Este concepto se expresa generalmente en términos de volumen por habitante y por día, lo cual permite establecer dotaciones unitarias y proyectar la demanda futura de los sistemas de abastecimiento (Viessman et al., 2009).

2.3.1 Población servida y categorías de usuario

La población servida se define como la fracción de la población total del área de estudio que dispone de acceso efectivo al sistema de abastecimiento de agua potable, la cual está determinada por el nivel de cobertura del servicio, por lo que este indicador constituye un parámetro fundamental para la estimación de la demanda real del sistema, debido a que permite delimitar únicamente a los usuarios efectivamente conectados o beneficiarios del servicio en los procesos de cálculo y diseño hidráulico (Mayer et al., 1999).

Según López (1995) la población servida corresponde a la fracción de la población total o proyectada que dispone de conexión efectiva al sistema de abastecimiento de agua potable, y su determinación se realiza mediante la aplicación de un coeficiente de cobertura, el cual permite cuantificar la población efectivamente atendida por el sistema y constituye la base para el cálculo de la demanda hídrica en el diseño de redes de distribución; a continuación se presenta la expresión matemática que define a la población servida:

$$P_s = P_t C \tag{7}$$

Donde:

P_s: población servida.

P_t: población total o proyectada.

C: coeficiente de cobertura.

Por otra parte, Alegre et al. (2000) clasifican los usuarios de un sistema de abastecimiento de agua potable en categorías que permiten estructurar la demanda hídrica, distinguiendo principalmente los usos doméstico, comercial, industrial, público e institucional, clasificación que constituye una base fundamental para la estimación de consumos diferenciados y para el cálculo de la demanda total del sistema, permitiendo incorporar variaciones propias del consumo de cada tipo de usuario en el diseño hidráulico.

2.3.2 Micromedición

La micromedición es el sistema de medición a nivel individual del consumo de agua en las conexiones, mediante dispositivos instalados en los puntos de entrega del servicio, mecanismo que permite cuantificar el volumen de agua consumido por cada usuario, facilitando la

facturación del servicio, el control de pérdidas y la gestión eficiente de la demanda en los sistemas de distribución de agua potable (Shammas et al., 2015).

López (1995) señala que los micromedidores pueden clasificarse en volumétricos y velocimétricos, dependiendo del principio de medición empleado.

- Medidores volumétricos: se basan en el desplazamiento de un volumen fijo de agua (González et al., 2010).
- Velocimétricos: determinan el caudal a partir de la velocidad del flujo (González et al., 2010).

Asimismo, la Agencia de Regulación y Control del Agua (2022) establece la necesidad de considerar factores como la calidad del agua, asociada al arrastre de sedimentos e incrustaciones que puedan afectar la eficiencia del medidor, los costos de implementación, la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos, así como el cumplimiento de la normativa vigente.

La selección del tipo de micromedidor depende de las condiciones de operación, el rango de caudales y la calidad del agua, siendo estos dispositivos fundamentales para el control del consumo y la eficiencia de los sistemas de abastecimiento (Agencia de Control y Regulación del Agua, 2022).

2.3.3 Dotación neta y dotación bruta

2.3.3.1 Dotación neta

La dotación neta se define como el volumen de agua requerido por habitante por día para satisfacer sus necesidades domésticas básicas, expresado en L/hab.día, y considera únicamente el consumo directo del usuario, excluyendo las pérdidas del sistema; en este sentido, dicho parámetro no contempla fugas en las redes de distribución, agua no contabilizada ni consumos de carácter institucional o industrial cuando estos no forman parte del uso doméstico del área de estudio (Alegre et al., 2000). López (1995) detalla el procedimiento para calcular la dotación neta a partir del volumen registrado mediante micromedición:

$$D_n = \frac{V}{P} \tag{8}$$

Donde:

D_n: Dotación neta.

V: Volumen total consumido en litros por día.

P: Número de habitantes.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992) establece que la dotación debe definirse con base en estudios exhaustivos de las condiciones propias de cada zona de estudio, y para el diseño de sistemas de agua potable en áreas donde no se dispone de información local suficiente, recomienda la utilización de dotaciones de referencia, las cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 - Dotaciones referenciales por población y tipo de clima

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

Nota. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992).

2.3.3.2 Dotación bruta

La dotación bruta se define como el volumen total de agua requerido por habitante por día en un sistema de abastecimiento, incluyendo el consumo efectivo de los usuarios y las pérdidas inherentes a la distribución y medición, y se determina a partir de la dotación neta, incrementada mediante un coeficiente representativo de las pérdidas del sistema, y constituye un valor fundamental para el dimensionamiento hidráulico de las infraestructuras de agua potable, planteamiento que matemáticamente se expresa mediante la siguiente ecuación (Mays, 2011).

$$D_b = \frac{D_n}{1 - P} \tag{9}$$

Donde:

D_n: Dotación neta.

D_b: Dotación bruta.

P: Porcentaje de pérdidas del sistema.

2.3.4 Consumos unitarios de agua potable

El consumo unitario de agua potable se define como el volumen de agua consumido por unidad de usuario en un sistema de abastecimiento durante un periodo determinado, constituyendo un

indicador global de la demanda hídrica y un parámetro de referencia para el diseño de sistemas de abastecimiento (Mays, 2011). Este indicador puede emplearse en la estimación de la demanda de agua, debido a su relación con variables como el nivel socioeconómico de la población, las condiciones climáticas del área de estudio, el grado de micromedición del sistema y los hábitos de consumo de los usuarios, siendo la ecuación empleada para su determinación la siguiente (López, 1995).

$$q = \frac{\sum V_i}{N} \tag{10}$$

Donde:

q: Consumo unitario.

$\sum Vi$: Sumatoria de volúmenes micromedidos por mes.

N: Número de usuarios activos en la red de agua potable.

2.3.5 Consumos por tipo de usuario

La cuantificación del consumo por tipo de usuario permite establecer coeficientes de demanda diferenciados, los cuales se incorporan en el análisis hidráulico de redes de distribución para representar de manera más precisa el comportamiento del sistema (Mays, 2011). Estos coeficientes resultan fundamentales para la estimación de caudales de diseño y la evaluación de condiciones críticas de operación (Viessman et al., 2009).

Desde el enfoque de gestión, la desagregación del consumo permite identificar sectores con mayor presión sobre el recurso hídrico, lo cual facilita la implementación de estrategias de uso eficiente y control de pérdidas (Alegre et al., 2000).

- **Consumo doméstico:** se define como el volumen de agua destinado a satisfacer las necesidades básicas de los hogares y constituye el componente predominante de los consumos urbanos, debido a su elevada participación en la demanda total de agua potable (Shammas et al., 2015). En este contexto, dicho consumo se expresa mediante dotaciones que, en áreas urbanas, suelen variar entre 100 y 200 L/hab.día, en función del nivel de servicio, la continuidad del suministro y las condiciones socioeconómicas características de países en vías de desarrollo (Mays, 2011). Asimismo, desde el punto de vista técnico, este componente comprende usos como bebida, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de ropa y saneamiento, los cuales determinan la forma de la curva de demanda diaria (Viessman et al., 2009). Por otra parte, este patrón de consumo presenta picos característicos durante las horas de la mañana y la noche,

asociados a las rutinas de la población, lo que incide directamente en la determinación de los factores de demanda (Mays, 2011).

- **Consumo comercial:** de acuerdo con Mays (2011), el consumo comercial de agua potable corresponde al volumen de agua utilizado por establecimientos dedicados a actividades económicas de servicios o comercio, como restaurantes, hoteles, oficinas, tiendas, mercados y centros comerciales, por lo que presenta características distintas al consumo doméstico, al estar asociado al funcionamiento de actividades comerciales y de servicios urbanos. Representa generalmente entre el 10% y el 20% de la demanda total en sistemas urbanos consolidados, con variaciones asociadas al tipo de actividad económica predominante (Shammas et al., 2015). Según Mays (2011), este tipo de consumo se caracteriza por concentrarse en horarios laborales y puede generar incrementos significativos en el caudal máximo horario del sistema.
- **Consumo industrial:** de acuerdo con Viessman et al. (2009), el consumo industrial de agua potable corresponde al volumen de agua requerido por establecimientos industriales y actividades manufactureras integradas a un sistema urbano o regional. Presenta una mayor variabilidad que los demás tipos de usuarios, con participaciones típicas entre el 5% y el 15% en sistemas urbanos mixtos, aunque puede superar estos valores en zonas con fuerte actividad productiva (Shammas et al., 2015). Este consumo depende de los procesos industriales y puede generar demandas puntuales elevadas que afectan la estabilidad hidráulica del sistema (Viessman et al., 2009).

2.3.6 Factores incidentes en el consumo de agua potable

El consumo de agua potable no depende únicamente de la disponibilidad del recurso, sino que está condicionado por múltiples factores de carácter socioeconómico, cultural, ambiental y tecnológico, los cuales determinan la magnitud y variabilidad de la demanda en diferentes contextos (Donkor, 2014). Conforme a Gleick (2003), estos factores deben analizarse de manera integral, debido a que su interacción define los patrones de uso y la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento.

Uno de los factores más relevantes es el nivel socioeconómico de la población, ya que los ingresos familiares influyen directamente en la cantidad de agua utilizada en actividades domésticas, comerciales e industriales (Mayer et al., 1999). Las familias con mayores ingresos tienden a consumir más agua debido a la disponibilidad de electrodomésticos y sistemas de riego; asimismo, la capacidad de pago condiciona la relación entre usuarios y prestadores del

servicio, de forma que la micromedición y las tarifas diferenciadas se convierten en instrumentos de regulación (American Water Works Association, 2016).

El clima constituye otro factor determinante, dado que las condiciones ambientales afectan la frecuencia y el volumen de consumo (Viessman et al., 2009). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2017) en regiones cálidas y secas, el consumo per cápita tiende a ser mayor debido a la necesidad de hidratación y riego; asimismo, las variaciones estacionales generan picos de demanda que deben ser considerados en la planificación de los sistemas de agua potable, y es por ello que los modelos de proyección más avanzados incorporan coeficientes de corrección climática para ajustar las estimaciones de consumo.

Es crucial aclarar que la cultura de uso del agua también incide en el consumo, ya que los hábitos de la población determinan la eficiencia en el aprovechamiento del recurso (Gleick, 1996). Sociedades con mayor conciencia ambiental tienden a reducir consumos mediante prácticas de ahorro y tecnologías eficientes, de forma que la educación y la sensibilización se convierten en herramientas estratégicas para modificar patrones de uso (Alegre et al., 2000).

El tamaño de la vivienda y la densidad poblacional son factores adicionales que condicionan el consumo (Mays, 2011). Viviendas más grandes suelen tener mayores necesidades de agua para limpieza y riego; asimismo, las áreas urbanas densamente pobladas presentan consumos concentrados que requieren sistemas de distribución más robustos (Viessman et al., 2009).

La disponibilidad de infraestructura y tecnologías de ahorro constituye otro factor crítico, ya que la instalación de dispositivos como inodoros de bajo consumo, grifos eficientes y sistemas de reutilización de aguas grises reduce significativamente la demanda (American Water Works Association, 2012).

2.3.7 Proyección de la demanda de agua potable. Métodos de regresión

Acorde con Alegre et al. (2000), la proyección de la demanda de agua potable corresponde a la estimación del volumen futuro requerido por una población servida a partir del consumo actual, la población proyectada y factores asociados a las condiciones socioeconómicas y técnicas del sistema; de acuerdo a este contexto, la demanda proyectada se determina mediante la integración de variables como la población futura, obtenida a partir de métodos de proyección demográfica, el consumo unitario o dotación, correspondiente al consumo promedio por habitante, el nivel de cobertura del servicio, y los factores de variación, tales como el crecimiento del consumo, la evolución de los hábitos de uso y las mejoras en la eficiencia del sistema, incluyendo la micromedición.

De acuerdo con Mays (2011), la estimación de la demanda de agua mediante métodos de regresión resulta una opción certera que consiste en ajustar una función matemática a datos históricos de consumo, con el fin de obtener una expresión que represente su comportamiento en el tiempo o en función de variables explicativas. Asimismo, Brooks (2006) propone una metodología de proyección basada en el análisis de datos históricos de consumo (Q), la selección de la variable independiente ya sea el tiempo o la población, y el ajuste de modelos de regresión mediante el método de mínimos cuadrados, procedimiento que incluye la estimación de los parámetros del modelo, la evaluación del ajuste mediante indicadores estadísticos como el coeficiente de determinación (R^2) y la selección del modelo que mejor represente el comportamiento de los datos, para finalmente realizar la proyección de la demanda futura.

En el presente trabajo se utilizan los siguientes métodos de proyección de demanda, aclarando que estos ya se trataron en el acápite 2.2.2:

- Método lineal: considera que la población o la demanda de agua crece de manera constante en el tiempo, añadiendo cada año una cantidad fija (Rowland, 2003).
- Método logarítmico: plantea que el crecimiento se desacelera progresivamente conforme aumenta la población o el consumo, reflejando un patrón de saturación López (1995).
- Método exponencial: supone que la población o el consumo crece a una tasa proporcional a su tamaño, generando un incremento acelerado (Preston et al., 2001).

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL SECTOR LA JOYA

3.1 Información general

El sector La Joya se ubica en la parroquia Pishilata, dentro de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, conforme a la división política presentada en la Ilustración 1, elaborada en el software de referenciación geográfica Google Earth (Google, 2026). La superficie aproximada del sector La Joya corresponde a 417.98 ha, determinada mediante medición en el geoportal de consulta normativa de Ambato y referenciada en el Anexo A (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2026). Asimismo, la población estimada en el sector La Joya asciende a 16838 habitantes, corresponde al valor obtenido a partir de la comparación con la densidad urbana de Ambato (188338 habitantes) registrada en el censo nacional de 2022 (INEC, 2022). Por otra parte, la administración y operación del sistema de

agua potable del sector La Joya se encuentran bajo la responsabilidad de la EP-EMAPA-A (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2026).

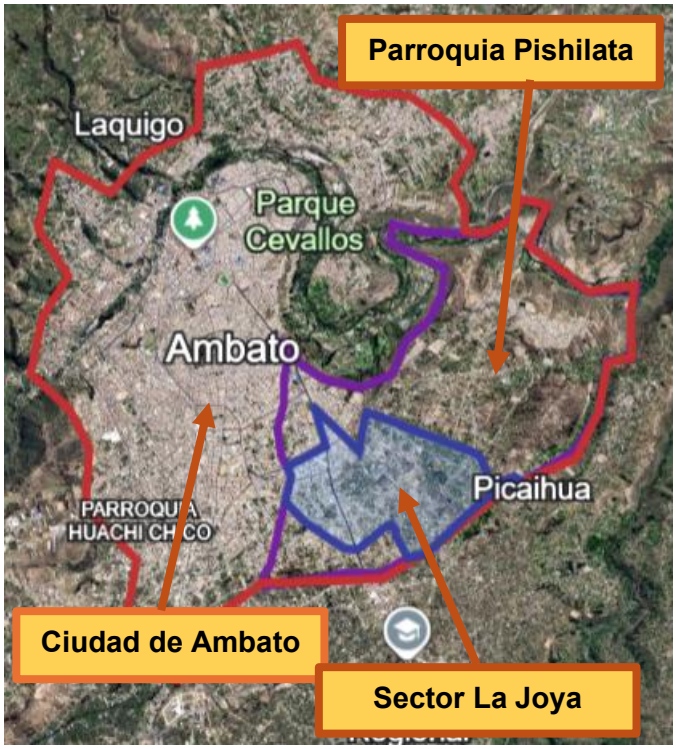


Ilustración 1 - Ubicación referencial del sector La Joya (Google, 2026)

3.2 Descripción general del sistema de agua potable

3.2.1 Descripción general del sistema de agua potable de Ambato

3.2.1.1 Suministro de agua potable de la ciudad de Ambato

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A) dispone de 27 fuentes de agua cruda, clasificadas en subterráneas, superficiales y pozos (Alcívar, 2025).

Las fuentes subterráneas representan el 60% aproximado al total del suministro y se conforman por las de Quillán, Tilulum y Curiquingue, caracterizadas por su ubicación en zonas de recarga hídrica y la constancia de sus caudales; no obstante, presentan vulnerabilidad frente a la disminución de las precipitaciones durante el estiaje, así como riesgos de colmatación por deslizamientos y contaminación asociada a procesos de infiltración (Alcívar, 2025).

Por su parte, las fuentes superficiales constituyen el 40% restante y corresponden a cuerpos de agua como el río Ambato, el río Alajua, el canal Huachi-Pelileo, la represa Chiquihurco y Mula Corral, los cuales se encuentran expuestos a incrementos de turbiedad ocasionados por la escorrentía durante eventos de lluvia intensa, contaminación por vertidos y variaciones en el caudal disponible (Alcívar, 2025).

De acuerdo con Alcívar (2025), en cuanto a los pozos presentes en la ciudad de Ambato destacan San Francisco, Techo Propio, Cochapamba y Terremoto, los cuales ofrecen una capacidad de suministro estable, aunque presentan una elevada dependencia del sistema energético y riesgos de ingreso de contaminantes asociados a conexiones inadecuadas o procesos de infiltración.

3.2.1.2 Estaciones de bombeo en la ciudad de Ambato

La red de agua potable de Ambato cuenta con 27 estaciones de bombeo administradas por la EP-EMAPA-A, cuya función consiste en impulsar el agua desde zonas de menor elevación hacia sectores localizados a cotas superiores. Entre las principales estaciones se encuentran Quillón Playa con una capacidad de 130 L/s, Curiquingue con 70 L/s, Socavón con 60 L/s, San Francisco con 50 L/s, y Techo Propio con 20 L/s, cuyas capacidades se presentan en detalle en la Tabla 2 correspondiente (Alcívar, 2025).

3.2.1.3 Plantas de tratamiento en la ciudad de Ambato

Las plantas de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ambato operan mediante procesos de floculación con productos químicos y desinfección por cloración, cuya eficiencia depende del nivel de turbiedad del agua cruda en el punto de captación y del control operacional aplicado durante su funcionamiento, razón por la cual a continuación se presentan las principales plantas de tratamiento existentes en la ciudad, ordenadas en la Tabla 2 (Alcívar, 2025).

Tabla 2 - Plantas de tratamiento de la ciudad de Ambato

PLANTA DE TRATAMIENTO	TIPO	CAPACIDAD (L/s)	PRODUCCIÓN ACTUAL (L/s)
Casigana	Convencional	300	150
Tilulum	Convencional	100	25
Apatug	Convencional	400	250
Santa Marianita	Compacta	25	20

Nota. (Alcívar, 2025).

3.2.1.4 Tanques de reserva en la ciudad de Ambato

La red dispone de 64 tanques de reserva, con una capacidad total de almacenamiento de 40015.76 m³; asimismo, según la información consignada en la Tabla 3, el sector La Joya dispone de un único tanque de reserva con una capacidad de 1000 m³ (Alcívar, 2025).

Tabla 3 - Tanques de reserva principales de la ciudad de Ambato

Zona de Ambato	Tanques de reserva de mayor capacidad	Capacidad total (m^3)	Número de Tanques
Norte	MACASTO	1000	1
Norte	ATAHUALPA	1000	1
Norte	MARTÍNEZ	1000	1
Norte	SAN LUIS	1000	1
Norte	QUILLAN LOMA	2030	3
Centro	TROYA	3000	3
Centro	EL SUEÑO	1000	1
Centro	BELLAVISTA	1000	1
Centro	PANIMBOZA	3000	2
Centro	LA FLORESTA	4000	2
Centro	HUACHI CHICO	2000	2
Sur	TECHO PROPIO	1000	1
Sur	LA JOYA	1000	1
Sur	SAN FRANCISCO	1000	1
Sur	SAN PABLO YACULOMA	2000	1
Sur	APATUG	3000	2
Sur	MONTALVO	1000	1

Nota. (Alcívar, 2025).

3.2.2 Descripción general del sistema de agua potable de La Joya

3.2.3 Fuente de abastecimiento y estructura de captación

Según P. Ávila (comunicación personal, 20 de mayo de 2026) la fuente de abastecimiento del sistema de agua potable del sector La Joya corresponde a un pozo subterráneo de aproximadamente 120m de profundidad, ubicado en la intersección de las calles Marco Tulio Cicerón e Isócrates, junto a la quebrada Terremoto, al sur de la parroquia Pishilata. De esta fuente se extrae un caudal estimado de 13.3 L/s y aunque el acceso físico a las estructuras de captación es restringido esta condición no compromete la operación del sistema debido a la implementación de dispositivos electrónicos automatizados que reducen la necesidad de supervisión y registro manual, y permiten mantener un control continuo del funcionamiento (Alcívar, 2025).

3.2.4 Sistema de bombeo y conducción

El agua es impulsada mediante un sistema de bombeo controlado por dispositivos electrónicos remotos hasta el tanque de reserva, conforme se presenta en la Ilustración 2; posteriormente, la distribución hacia la red se efectúa por gravedad (P. Ávila, comunicación personal, 20 de mayo de 2026). Por otra parte, la línea de conducción posee una longitud aproximada de 1.8 km entre la estación de bombeo localizada en la quebrada Terremoto y el tanque de reserva, y se desarrolla entre las cotas 2651 y 2734 msnm, según las mediciones efectuadas manualmente a partir de la Ilustración 2 (Google, 2026).

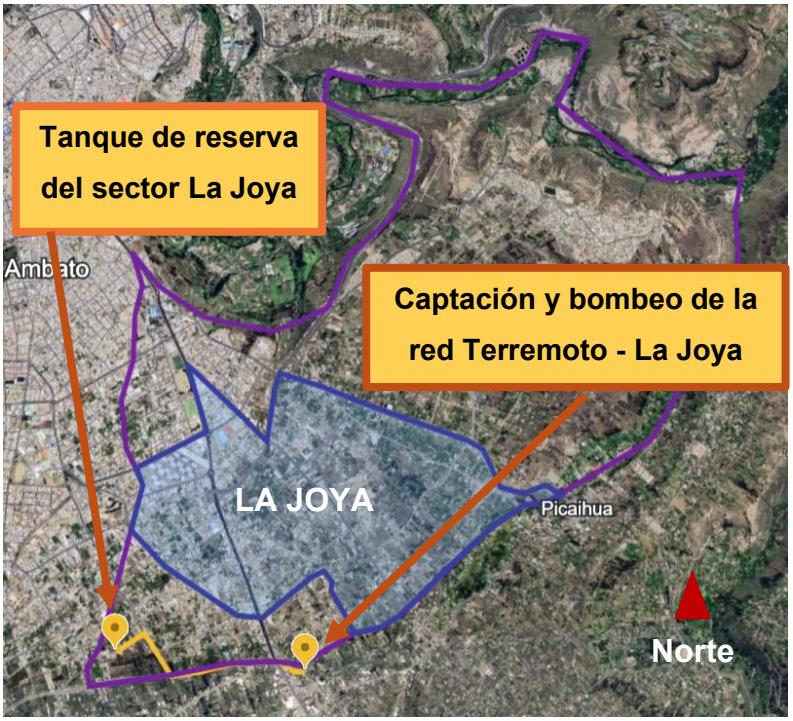


Ilustración 2 - Línea de conducción (Google, 2026)

3.2.5 Tratamiento

El agua que proviene de la estación de bombeo descarga en el tanque de reserva, en el que se realiza un proceso de desinfección mediante cloración con gas almacenado en cilindros de 68 kg (Alcívar, 2025). Debido al origen subterráneo del recurso hídrico, P. Ávila (comunicación personal, 20 de mayo de 2026) señala que la desinfección se efectúa en una estructura simple

localizada previamente al tanque de reserva, en la intersección de las calles Carlos Silva Pareja y Humberto Borja, cuya instalación se presenta en la Fotografía 1.



Fotografía 1 – Estación de cloración

3.2.6 Tanque de reserva

Después del proceso de desinfección mediante cloro gas, el agua es conducida hacia un único tanque de reserva semienterrado con capacidad de 1000 m³, ubicado entre las calles Humberto Borja y Carlos Silva Pareja cuya fotografía se observa en la Ilustración 2, infraestructura que dispone de instalaciones de guardianía, equipos destinados a las labores de mantenimiento y elementos de protección perimetral, como cercas y rejas, además de una estructura que sobresale respecto al nivel del terreno y una escalera de acceso destinada a las actividades de inspección y mantenimiento, conforme se aprecia en la Fotografía 2 (P. Ávila, comunicación personal, 20 de mayo de 2026).



Fotografía 2- Tanque de reserva de La Joya

A la salida del tanque de reserva se encuentra instalado un macromedidor Siemens, dispuesto en la tubería de conducción y protegido mediante una cámara de hormigón enterrada a nivel

del terreno, tal como se presenta en la Fotografía 3 (P. Ávila, comunicación personal, 20 de mayo de 2026).



Fotografía 3 – Macromedidor a la salida del tanque de reserva

3.2.7 Red de distribución

Las redes de distribución del sector La Joya abarcan un área aproximada de 417.98 ha y conforman un sistema de tuberías construido principalmente en PVC y cuyos diámetros de tuberías principales corresponden a 110 mm y 63 mm, con reducciones progresivas hacia las acometidas domiciliarias (P. Ávila, comunicación personal, 20 de mayo de 2026). Asimismo, en las conexiones de micromedición se emplean diámetros de ½ y ¾ de pulgada, lo que permite la medición individual del consumo, a fin de abastecer a un total de 5531 usuarios registrados, de los cuales 5517 se encuentran activos (EP-EMAPA-A, 2026).

Por otra parte, P. Ávila (comunicación personal, 20 de mayo de 2026) señala que, aunque el catastro disponible constituye la base para la gestión del servicio, este no proporciona información detallada sobre las longitudes de las redes de distribución, lo que limita la posibilidad de efectuar estimaciones precisas de la extensión total de tubería instalada. En consecuencia, la caracterización del sistema se fundamenta en el área cubierta, los diámetros de las tuberías y la información disponible sobre usuarios y micromedición.

3.3 Sistemas de macromedición y micromedición

El sistema de agua potable de La Joya dispone de un macromedidor automatizado con recepción digital remota instalado en la estructura de captación, así como de un segundo macromedidor ubicado a la salida del tanque de reserva, conforme se observa en la Fotografía 3. Estos equipos permiten registrar los caudales transportados en puntos estratégicos del sistema y facilitan las actividades de control operacional y seguimiento del abastecimiento. En cuanto a la micromedición, los usuarios disponen de medidores volumétricos domiciliarios, como se muestra en la Fotografía 4, los cuales permiten cuantificar el consumo individual de cada conexión y constituyen la base para los procesos de facturación y control de pérdidas. La

ciudad de Ambato presenta una cobertura de micromedición del 99.7%, de acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), condición que favorece la disponibilidad de registros confiables y contribuye a una gestión más eficiente del servicio de agua potable.



Fotografía 4 - Acometidas utilizadas por el EP-EMAPA-A

En el sector La Joya, parroquia Pishilata, se registran hasta diciembre de 2025 un total de 5081 micromedidores en la categoría doméstica, 430 en la categoría comercial y 6 en la categoría industrial, lo que evidencia la distribución de micromedidores según los distintos tipos de usuarios del sistema. En la Figura 1 se presenta la proporción de micromedidores instalados según su marca, lo que permite identificar la composición tecnológica del sistema y la diversidad de los equipos utilizados.

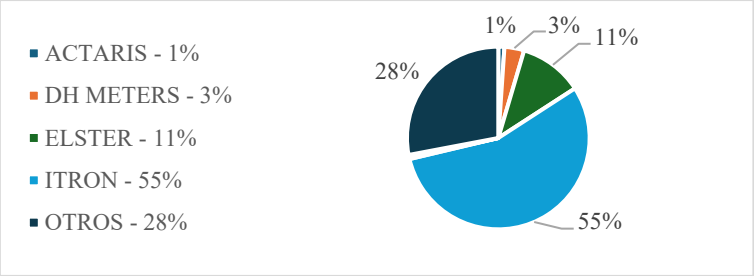


Figura 1 - Marcas de micromedidores en el sector La Joya

En la Figura 2 se muestra la variabilidad porcentual de los diámetros, según el registro catastral del sector La Joya actualizado a diciembre de 2025, donde se observa que, del total de 5517 usuarios registrados, el 86% dispone de conexiones con diámetro de ½ pulgada, mientras que el 14% restante corresponde a instalaciones con diámetro de ¾ de pulgada.

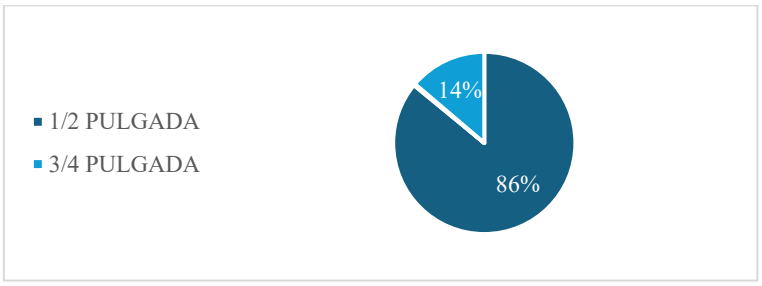


Figura 2 - Diámetro de micromedidores del sector La Joya

En la Figura 3 se muestra la distribución de las conexiones registradas en el catastro de usuarios del sector La Joya según su antigüedad, las cuales fueron agrupadas en intervalos de cinco años con el propósito de simplificar su representación y facilitar el análisis de la información.

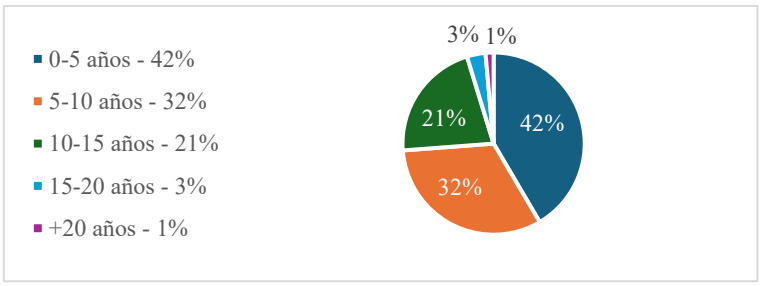


Figura 3 - Antigüedad de los micromedidores del sector La Joya

3.4 Usuarios del sistema de agua potable

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (2020), en su reglamento interno de prestación de servicios, prohibiciones y sanciones establece las categorías aplicables al suministro de agua potable y alcantarillado, diferenciando a los usuarios en función de la naturaleza del consumo y de la base imponible de la patente municipal.

La categoría residencial se destina a quienes utilizan el servicio para satisfacer necesidades básicas, e incluye instituciones públicas, establecimientos educativos de cualquier nivel y locales comerciales cuya base imponible no supera los USD 3000 (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2020).

Por su parte, la categoría comercial comprende a los usuarios que emplean el agua en inmuebles destinados a actividades lucrativas con una base imponible superior a los USD 3000, e incorpora además predios públicos o privados que disponen de piscinas (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2020).

Asimismo, la categoría industrial agrupa a los usuarios que utilizan el agua como materia prima o insumo esencial en procesos productivos o constructivos, mientras que la categoría especial

contempla a aquellos que acceden a beneficios tarifarios asociados a condiciones de discapacidad, tercera edad o situaciones socioeconómicas particulares (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2020).

En este sentido y para fines de análisis estadístico, las categorías residencial, tercera edad y discapacidad suelen consolidarse en un mismo grupo, debido a que su diferenciación no responde a la naturaleza del consumo sino al nivel tarifario (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2020).

De acuerdo con los registros de la EP-EMAPA-A correspondientes a noviembre de 2022, el sistema de agua potable del sector La Joya registra un total de 5517 usuarios, clasificados de acuerdo con su categoría de consumo, cuya distribución se presenta en la Figura 4 (P. Ávila, comunicación personal, 20 de mayo de 2026).

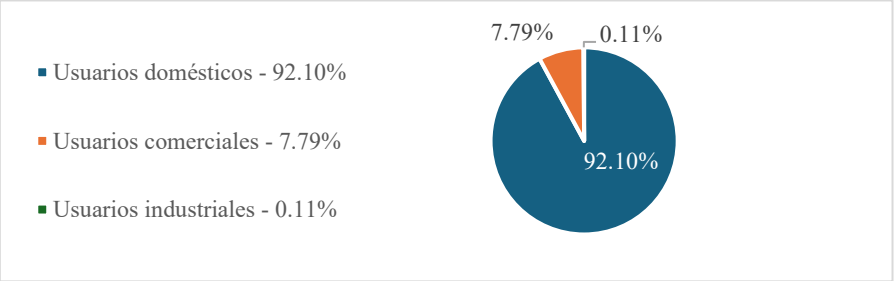


Figura 4 - Categorías de usuario del sector La Joya (EP-EMAPA-A, 2026)

3.5 Descripción del catastro de usuarios implementado

El catastro de usuarios de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A) constituye un registro técnico organizado en una hoja de cálculo de Excel, en la que se consolida información administrativa, técnica y comercial correspondiente a cada conexión del sistema, además, entre los datos registrados se incluyen el período de facturación, la identificación de la red, sector, ruta y secuencia, número de cuenta, información del titular, estado de la cuenta y del servicio, categoría tarifaria, uso del predio, características del medidor, fecha de instalación, lecturas, consumos mensuales y promedios, así como información relacionada con validaciones, novedades y el cálculo de la facturación (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2026). Asimismo, se incorporan datos complementarios como el código único municipal, la ubicación del predio, referencias y medios de contacto del usuario.

En el caso del sector La Joya, este catastro es administrado conforme al procedimiento institucional aplicado en las demás parroquias del cantón, y su actualización periódica permite mantener la vigencia de la información, garantizar la trazabilidad de los consumos y facilitar las actividades de administración y planificación del servicio de agua potable y alcantarillado

en el cantón Ambato (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2026).

4. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR LA JOYA

4.1 Selección del área de estudio

El sector urbano La Joya, ubicado en la parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, constituye el área de estudio seleccionada debido a la independencia de su red respecto a otros subsistemas de agua potable de la ciudad, a la delimitación y georreferenciación de su infraestructura en los mapas de la EP-EMAPA-A evidenciada en la Ilustración 2 e Ilustración 3 y a la disponibilidad de datos micromedidos correspondientes al período comprendido entre julio de 2022 y diciembre de 2025, fundamentales para caracterizar el comportamiento del consumo de agua potable y desarrollar las proyecciones de demanda futura (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, 2026).

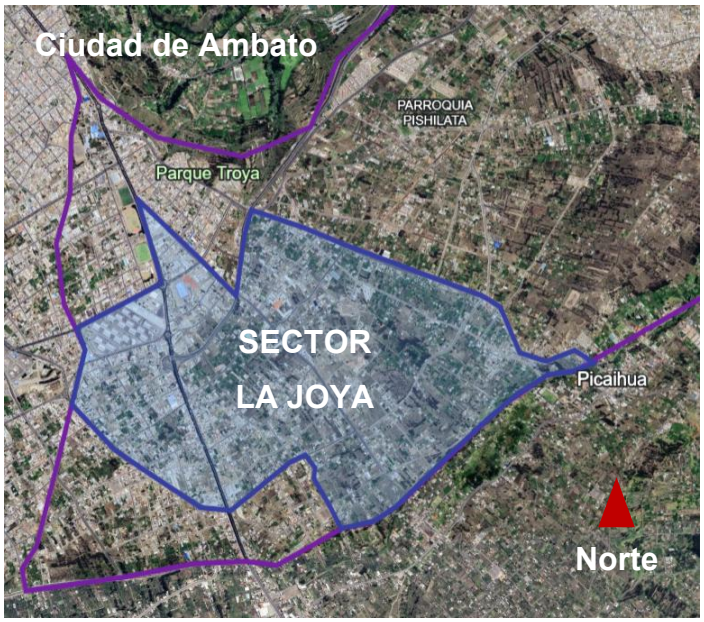


Ilustración 3 - Mapa del área de estudio (Google, 2026).

4.2 Metodología para el análisis de consumos y proyección de demanda de agua potable

4.2.1 Depuración de datos

La depuración de datos se fundamenta en descartar información proveniente de lotes baldíos, propiedades desocupadas y otros factores que distorsionan la proyección de la demanda de agua.

En el análisis de los consumos de agua potable en el sector La Joya de la ciudad de Ambato se utilizaron los registros contenidos en la base de datos suministrada por la Empresa Pública

Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A), obtenidos mediante solicitudes y visitas ocasionales, y correspondientes al período comprendido entre julio de 2022 y diciembre de 2025; estos registros constituyen la principal fuente de información para caracterizar el comportamiento del consumo y proyectar la demanda futura. En primera instancia, cada registro de consumo, expresado en m^3/mes, fue sometido a un proceso de depuración basado en tres criterios fundamentales: usuarios de la red que presentaron consumos constantes durante todo el año, los cuales fueron descartados debido a la falta de variabilidad en los datos y a la posible afectación de su representatividad; usuarios que registraron consumos iguales a cero o a un m^3 durante al menos nueve meses.

4.2.2 Cálculo de consumos

El consumo anual se determinó mediante la suma de los volúmenes registrados mensualmente por los usuarios no descartados durante el proceso de depuración, obteniendo así valores de consumo de agua potable expresados en m^3/año. Para el año 2022 únicamente se consideraron seis meses de información debido a las limitaciones del catastro disponible. Este procedimiento se aplicó tanto al consumo total sin diferenciación por categoría de usuario como a los consumos diferenciados por tipo de usuario, obteniéndose valores expresados en m^3/año.
Se calculó un valor promedio mensual, expresado en m^3/mes, con el propósito de representar el comportamiento medio del consumo durante cada período analizado.

4.2.3 Cálculo de consumos unitarios

Los consumos unitarios se determinaron mediante la división del consumo total entre el número de usuarios de la red sin diferenciación por categoría, y los consumos totales por categoría entre su número de usuarios correspondiente, conforme a la ecuación (10). Este procedimiento se aplicó mensualmente, obteniéndose valores expresados en m^3/usuario.mes. Posteriormente, se calculó el promedio de los consumos unitarios mensuales con el propósito de obtener un valor representativo del consumo unitario anual.

4.2.4 Estimación de la población del sector La Joya a noviembre de 2022

Para el cálculo de las dotaciones, las proyecciones poblacionales y la demanda futura, se estimó la población del sector La Joya a partir de la población de Ambato registrada por el INEC en noviembre de 2022 (188338 habitantes). La estimación se efectuó mediante una regla de proporcionalidad basada en la relación entre el área urbana de la ciudad, establecida en el PDOT por el GADMA (2024) en 46.75 km^2, y la superficie medida del sector La Joya (417.98

ha). Como resultado, se obtuvo una población estimada de 16838 habitantes para noviembre de 2022.

4.2.5 Cálculo de dotaciones

El cálculo de las dotaciones netas (L/hab.día) se realizó para cada mes y para cada categoría de usuario, utilizando el consumo total registrado, expresado en L/mes, el cual se dividió entre el número de días de cada mes correspondiente y el número de habitantes del sector La Joya, de acuerdo con la ecuación (8). Para ello, el número de habitantes se determinó a través de la población servida conforme a la ecuación (7), empleando la población estimada para el área de análisis (16838) y su producto con el porcentaje de cobertura del servicio de agua potable en la ciudad de Ambato (99.7%) reportado por el INEC (2022), lo que permitió obtener 16787 habitantes servidos en noviembre de 2022.

Debido a las variaciones mensuales en el número de usuarios, fue necesario ajustar la población servida para cada período de análisis. Para el efecto, la población servida correspondiente a noviembre de 2022 (16787 habitantes) se dividió entre los 4604 usuarios domésticos registrados en ese mismo mes, según la Tabla B.1 del Anexo B y evidenciado posteriormente en la Tabla 13, obteniéndose una relación de 3.6462 habitantes por usuario. Este factor se utilizó para estimar la población servida en cada mes, mediante la multiplicación del número de usuarios domésticos registrados en el período correspondiente por la relación obtenida.

4.2.6 Metodología de proyección de consumos

Para la proyección de los consumos, se consideró cada dato de consumo total sin distinción de categoría y su mes correspondiente, numerado desde 1 (julio de 2022) hasta 42 (diciembre de 2025), con el fin de facilitar el procesamiento mediante el software Microsoft Excel. A partir de ello, se generaron líneas de tendencia correspondientes a los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial, con el propósito de analizar su grado de ajuste (R^2) y seleccionar el modelo de proyección más representativo. La proyección del consumo se realizó desde el mes 43 (enero de 2026) hasta el mes 222 (diciembre de 2040), empleando el modelo matemático con mayor grado de ajuste.

El consumo total de agua potable proyectado en el sector La Joya se determinó mediante la suma de los consumos mensuales estimados por el modelo seleccionado, agrupados en períodos de 12 meses por cada año. Se exceptúa el año 2022, el cual comprende 6 meses debido a la disponibilidad de información catastral.

4.2.7 Metodología de proyección demográfica

La proyección demográfica se realizó con base en los datos del INEC (2022), recopilados desde su apartado de libros históricos, del cual se obtuvo la población de la ciudad de Ambato correspondiente a cada año censal desde 1950. A dichos valores se aplicó un factor de 8.94 %, equivalente a la relación entre el área del sector La Joya (417.98 ha) y la superficie urbana total de la ciudad (46.75 km2), con el fin de estimar la población del área de estudio. La Tabla 4 presenta los valores de población censal de la ciudad de Ambato.

Tabla 4 - Población de Ambato en cada año censal

Año	Población censada de Ambato (Habitantes)
1950	31312
1962	53372
1974	77955
1982	100454
1990	124166
2001	163825
2010	178713
2022	188338

Nota. (INEC, 2022).

Con base en los datos disponibles, cada año se numeró desde 1 (1950) hasta 73 (2022). Con el apoyo del software Microsoft Excel, se trazaron las líneas de tendencia correspondientes a los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial, y se evaluó cada ajuste obtenido de forma automática mediante el coeficiente de determinación (R^2). De forma paralela, se desarrolló el modelo logístico y su respectivo ajuste mediante el método de mínimos cuadrados, conforme a lo establecido en el acápite 2.2.2. Para ello, se consideró la numeración de los años desde 0 (1950) hasta 74 (2022), incorporando como variable la población de saturación.

Con este preámbulo, la población total del sector La Joya fue proyectada hasta el año 2040 mediante la ecuación del modelo con mejor ajuste, seleccionado a partir del análisis por mínimos cuadrados.

4.2.8 Metodología de proyección de dotaciones

La proyección de las dotaciones netas se realizó mediante la función automática de líneas de tendencia de Microsoft Excel, con el fin de evaluar los modelos lineal, exponencial y potencial, junto con su respectivo grado de ajuste. La ecuación seleccionada, obtenida a partir del análisis

de ajuste por mínimos cuadrados, se utilizó para proyectar las dotaciones en función de cada año hasta el 2040.

4.2.9 Método de proyecciones de demanda considerando poblaciones y dotaciones netas

El primer método de proyección de demanda se realizó tomando en cuenta el resultado del proceso descrito en el acápite 4.2.7, correspondiente a la proyección poblacional. De igual forma, se consideró la proyección de dotaciones, cuyos resultados provienen del proceso descrito en la sección 4.2.8.

La demanda se proyectó a partir de la población servida en cada año, la cual resulta de la población total proyectada y del porcentaje de cobertura (99.7%), multiplicado por la dotación neta (L/hab.día) y dividido para la constante 86400 s/día, con el fin de obtener la demanda expresada en L/s. Asimismo, se replicó el procedimiento utilizando la población total y la dotación neta observadas en el período de análisis, a fin de comparar la demanda observada con la proyección anual.

4.2.10 Método de proyecciones de demanda considerando consumos totales

El consumo de agua potable se determinó también mediante un segundo método, el cual tomó como referencia los consumos totales proyectados para cada año, conforme al proceso descrito en el acápite 4.2.6.

La proyección de la demanda se realizó mediante la división del consumo total anual, expresado en L/año, para el número de días del año correspondiente (365 días para los años completos y 184 días para el año 2022), así como para la constante de conversión 86400 s/día. De este modo, se obtuvo la demanda anual expresada en L/s.

4.3 Determinación de dotaciones y consumos unitarios de agua potable por tipo de usuario

4.3.1 Determinación de consumos

Los resultados obtenidos en función del proceso descrito en la sección 4.2.2 se presentan en la Tabla 5, en la cual se registran los valores de consumo mensual de la categoría doméstica correspondientes al sector durante el período de evaluación. Es necesario destacar que en el año 2022 el consumo solamente se registra desde julio hasta diciembre, y por ello, el consumo anual no es representativo dentro del período de análisis (2022-2025). Asimismo, con el propósito de complementar el análisis, la Figura 5 incorpora un diagrama de barras que permite visualizar la evolución temporal del consumo.

Tabla 5 – Consumos anuales de la categoría doméstica

Mes	Consumo (m3/mes) 2022	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero		100417	88393	99648	96152.67
Febrero		90823	94588	97665	94358.67
Marzo		98920	99632	101145	99899.00
Abril		90518	96862	90874	92751.33
Mayo		94716	99078	97901	97231.67
Junio		92722	95984	88253	92319.67
Julio	85995	94888	101496	98408	95196.75
Agosto	89053	91219	99826	95007	93776.25
Septiembre	93568	92492	97852	98562	95618.50
Octubre	93157	99776	100968	102436	99084.25
Noviembre	95176	97581	88462	103992	96302.75
Diciembre	96380	92931	95293	106937	97885.25
Total anual (m3/año)	553329.00	1137003.00	1158434.00	1180828.00	95881.40

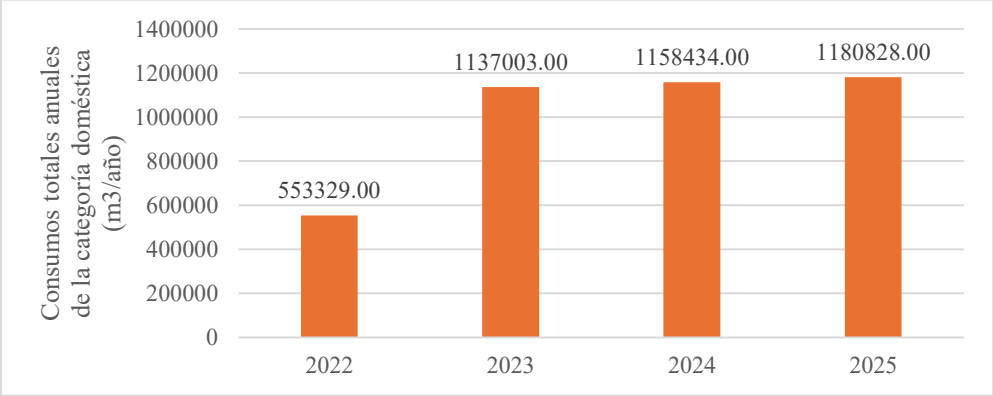


Figura 5 - Representación del consumo total al año de la categoría doméstica

La Tabla 6 reúne los resultados obtenidos de consumo comercial observados en el sector durante el período comprendido entre julio de 2022 y diciembre de 2025. Adicionalmente, la Figura 6 presenta un diagrama de barras que representa gráficamente la variación de estos valores en el tiempo.

Tabla 6 - Consumos anuales de la categoría comercial

Mes	Consumo (m3/mes) 2022	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero		12993	11684	13091	12589.33
Febrero		11522	12380	12782	12228.00
Marzo		12543	13121	13631	13098.33
Abril		11406	13837	12304	12515.67
Mayo		12093	12992	12814	12633.00
Junio		12338	12683	10960	11993.67
Julio	10118	13039	13326	13581	12516.00
Agosto	11675	12870	12784	13082	12602.75
Septiembre	11823	12243	12551	13190	12451.75
Octubre	12391	12691	12456	13243	12695.25
Noviembre	11835	12471	11296	13119	12180.25
Diciembre	12414	11589	11357	13318	12169.50
Total anual (m3/año)	70256.00	147798.00	150467.00	155115.00	12472.79

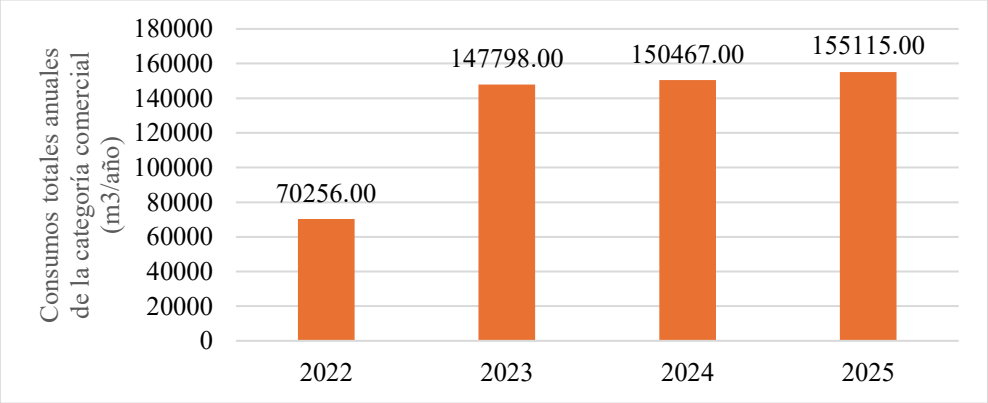


Figura 6 - Representación del consumo total al año de la categoría comercial

En la Tabla 7 se presentan los resultados del análisis de consumos aplicado a la categoría industrial durante el período de análisis (julio de 2022 - diciembre de 2025), acompañado de su respectiva representación del comportamiento del consumo en la Figura 7.

Tabla 7 - Consumos anuales de la categoría industrial

Mes	Consumo (m3/mes) 2022	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero		321	233	242	265.33
Febrero		502	314	249	355.00
Marzo		460	369	314	381.00
Abril		351	339	224	304.67
Mayo		250	436	258	314.67
Junio		315	227	237	259.67
Julio	872	290	420	296	469.50
Agosto	283	318	390	314	326.25
Septiembre	403	344	472	368	396.75
Octubre	323	341	397	408	367.25
Noviembre	309	365	270	429	343.25
Diciembre	269	313	340	400	330.50
Total anual (m3/año)	2459.00	4170.00	4207.00	3739.00	342.82

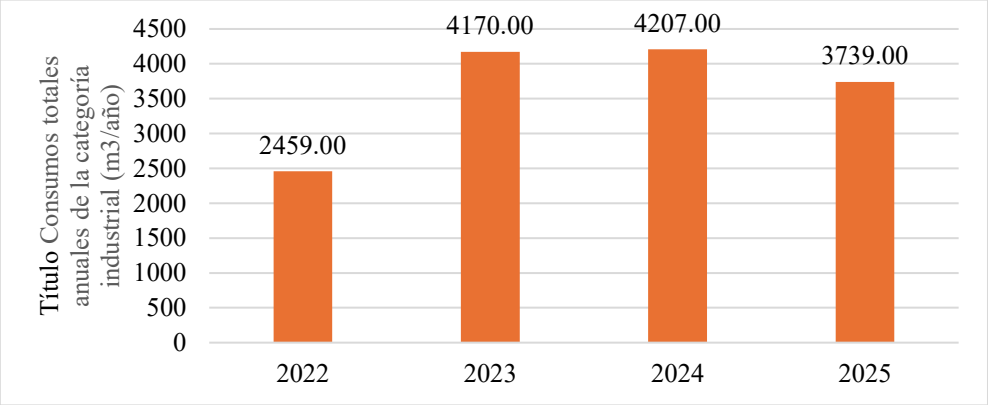


Figura 7 - Representación del consumo total al año de la categoría industrial

Finalmente, se reúnen los resultados del análisis de consumo de todas las categorías de usuario en la red de agua potable en la Tabla 8. La Figura 8, corresponde al comportamiento del consumo total anual representado mediante un gráfico de barras.

Tabla 8 - Consumos anuales totales sin distinción de categoría de usuario

Mes	Consumo (m3/mes) 2022	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero		113731	100310	112981	109007.33
Febrero		102847	107282	110696	106941.67
Marzo		111923	113122	115090	113378.33
Abril		102275	111038	103402	105571.67
Mayo		107059	112506	110973	110179.33
Junio		105375	108894	99450	104573.00
Julio	96985	108217	115242	112285	108182.25
Agosto	101011	104407	113000	108403	106705.25
Septiembre	105794	105079	110875	112120	108467.00
Octubre	105871	112808	113821	116087	112146.75
Noviembre	107320	110417	100028	117540	108826.25
Diciembre	109063	104833	106990	120655	110385.25
Total anual (m3/año)	626044.00	1288971.00	1313108.00	1339682.00	108697.01

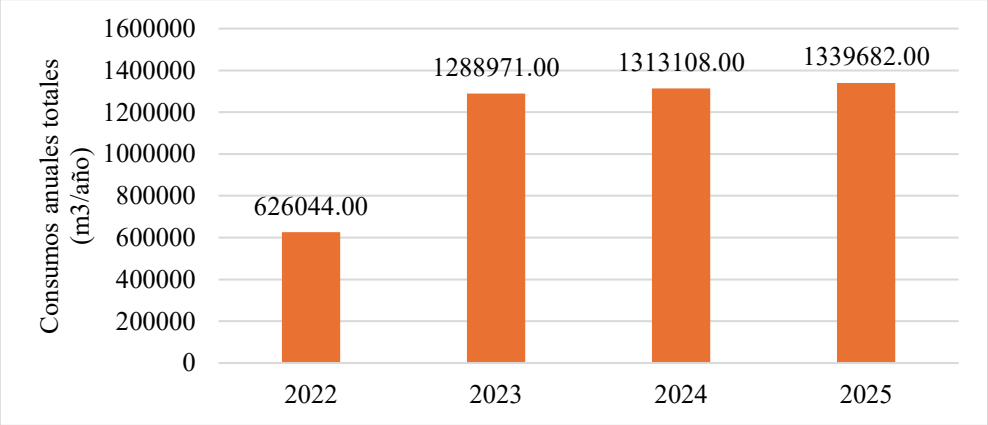


Figura 8 - Representación del consumo total al año sin distinción de categoría de usuario

Con propósitos de comparación y análisis, en el Anexo D se presenta los resultados promediados del consumo evaluados únicamente en el período 2023-2025.

4.3.2 Determinación de consumos unitarios

Los resultados del cálculo de los consumos unitarios de la categoría doméstica según se indicó en el acápite 4.2.3, se resumen en la Tabla 9. Asimismo, la Figura 9 incorpora su correspondiente diagrama de barras con el propósito de facilitar la interpretación del comportamiento del consumo unitario promedio al año por usuario doméstico.

Tabla 9 - Consumos unitarios de la categoría doméstica

Mes	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Promedio mensual (m3/u.mes)
	2022		2023		2024		2025		
Enero			4605	21.81	4771	18.53	4929	20.22	20.18
Febrero			4605	19.72	4778	19.80	4954	19.71	19.74
Marzo			4606	21.48	4803	20.74	4969	20.36	20.86
Abril			4621	19.59	4819	20.10	4997	18.19	19.29
Mayo			4656	20.34	4825	20.53	5020	19.50	20.13
Junio			4666	19.87	4835	19.85	5033	17.53	19.09
Julio	4584	18.76	4682	20.27	4836	20.99	5054	19.47	19.87
Agosto	4595	19.38	4693	19.44	4851	20.58	5067	18.75	19.54
Septiembre	4604	20.32	4703	19.67	4866	20.11	5075	19.42	19.88
Octubre	4604	20.23	4712	21.17	4876	20.71	5084	20.15	20.57
Noviembre	4604	20.67	4728	20.64	4902	18.05	5090	20.43	19.95
Diciembre	4604	20.93	4747	19.58	4912	19.40	5081	21.05	20.24
Promedio mensual anual (m3/u.mes)		20.05		20.30		19.95		19.56	19.94

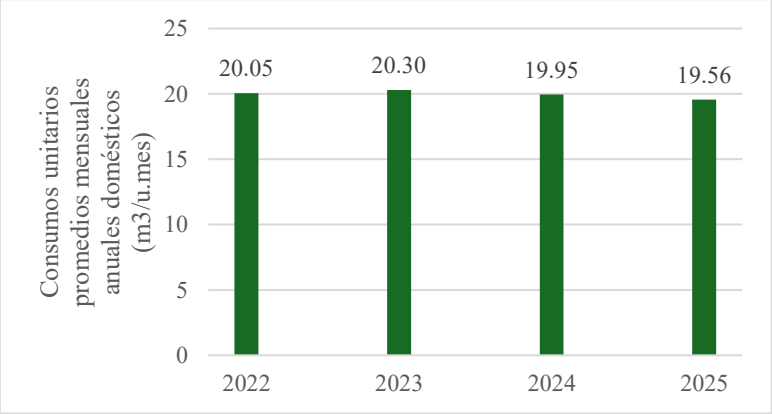


Figura 9 - Representación del consumo unitario promedio anual de la categoría doméstica

Del mismo modo, la Tabla 10 presenta los valores de consumo unitario correspondientes a la categoría comercial. Asimismo, la Figura 10 incorpora un diagrama de barras que complementa el análisis y facilita la interpretación de la evolución temporal del consumo unitario comercial durante el período de estudio.

Tabla 10 – Consumos unitarios de la categoría comercial

Mes	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Promedio mensual (m3/u.mes)
	2022		2023		2024		2025		
Enero			414	31.38	425	27.49	429	30.52	29.80
Febrero			414	27.83	425	29.13	429	29.79	28.92
Marzo			414	30.30	427	30.73	430	31.70	30.91
Abril			416	27.42	427	32.41	430	28.61	29.48
Mayo			416	29.07	427	30.43	430	29.80	29.77
Junio			419	29.45	427	29.70	430	25.49	28.21
Julio	413	24.50	421	30.97	428	31.14	430	31.58	29.55
Agosto	413	28.27	422	30.50	428	29.87	430	30.42	29.76
Septiembre	415	28.49	423	28.94	428	29.32	430	30.67	29.36
Octubre	415	29.86	423	30.00	429	29.03	430	30.80	29.92
Noviembre	414	28.59	425	29.34	429	26.33	430	30.51	28.69
Diciembre	414	29.99	425	27.27	429	26.47	430	30.97	28.67
Promedio mensual anual (m3/u.mes)		28.28		29.37		29.34		30.07	29.42

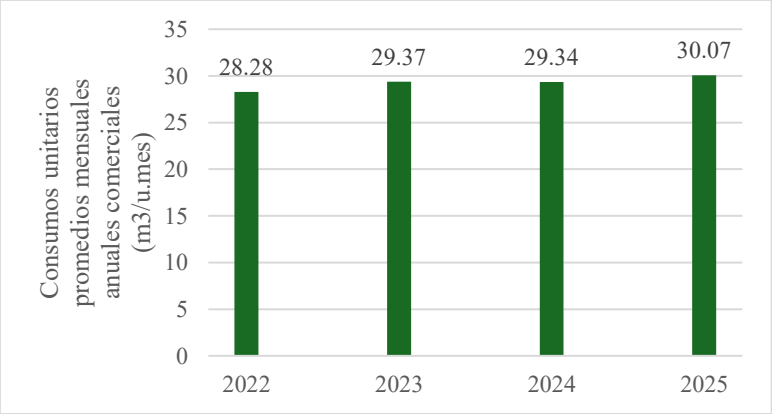


Figura 10 - Representación del consumo unitario promedio anual de la categoría industrial

La Tabla 11 presenta los valores de consumo unitario correspondientes a la categoría industrial, mientras que la Figura 11 incorpora un diagrama de barras que permite visualizar la evolución temporal del consumo unitario industrial durante el período de estudio.

Tabla 11 - Consumos unitarios de la categoría industrial

Mes	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Promedio mensual (m3/u.mes)
	2022		2023		2024		2025		
Enero			5	64.20	7	33.29	6	40.33	45.94
Febrero			5	100.40	7	44.86	6	41.50	62.25
Marzo			5	92.00	7	52.71	6	52.33	65.68
Abril			5	70.20	7	48.43	6	37.33	51.99
Mayo			5	50.00	7	62.29	6	43.00	51.76
Junio			5	63.00	7	32.43	6	39.50	44.98
Julio	5	174.40	5	58.00	6	70.00	6	49.33	87.93
Agosto	5	56.60	7	45.43	6	65.00	6	52.33	54.84
Septiembre	5	80.60	7	49.14	6	78.67	6	61.33	67.44
Octubre	5	64.60	7	48.71	6	66.17	6	68.00	61.87
Noviembre	5	61.80	7	52.14	6	45.00	6	71.50	57.61
Diciembre	5	53.80	7	44.71	6	56.67	6	66.67	55.46
Promedio mensual anual (m3/u.mes)		81.97		61.50		54.63		51.93	58.98



Figura 11 - Representación del consumo unitario promedio anual de la categoría industrial

Finalmente, en la Tabla 12 constan los resultados del análisis de consumos unitarios considerando todos los usuarios, sin distinción de categoría, y con su respectivo comportamiento promedio anual en el período de análisis (2022 hasta 2025) en el gráfico de barras de la Figura 12.

Tabla 12 – Consumos unitarios sin distinción por categoría

Mes	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Usuarios totales (u)	Consumo unitario (m3/u.mes)	Promedio mensual (m3/u.mes)
	2022		2023		2024		2025		
Enero			5024	22.64	5203	19.28	5364	21.06	20.99
Febrero			5024	20.47	5210	20.59	5389	20.54	20.53
Marzo			5025	22.27	5237	21.60	5405	21.29	21.72
Abril			5042	20.28	5253	21.14	5433	19.03	20.15
Mayo			5077	21.09	5259	21.39	5456	20.34	20.94
Junio			5090	20.70	5269	20.67	5469	18.18	19.85
Julio	5002	19.39	5108	21.19	5270	21.87	5490	20.45	20.72
Agosto	5013	20.15	5122	20.38	5285	21.38	5503	19.70	20.40
Septiembre	5024	21.06	5133	20.47	5300	20.92	5511	20.34	20.70
Octubre	5024	21.07	5142	21.94	5311	21.43	5520	21.03	21.37
Noviembre	5023	21.37	5160	21.40	5337	18.74	5526	21.27	20.69
Diciembre	5023	21.71	5179	20.24	5347	20.01	5517	21.87	20.96
Promedio mensual anual (m3/u.mes)		20.79		21.09		20.75		20.43	20.75

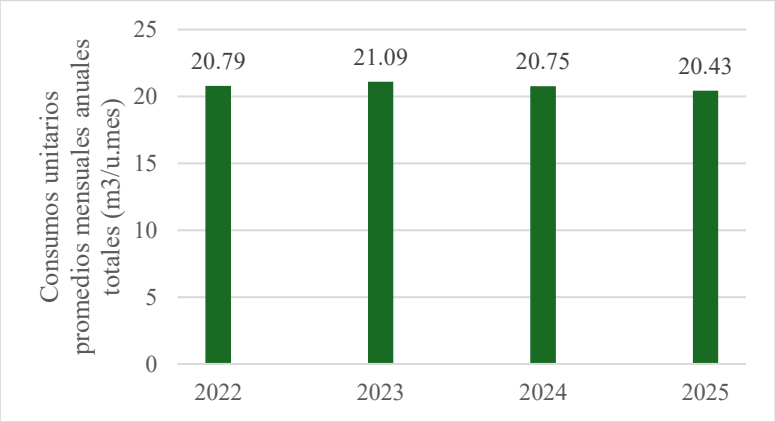


Figura 12 - Representación del consumo unitario promedio anual de todos los usuarios

4.3.3 Determinación de dotaciones

Las dotaciones netas correspondientes a cada mes, año, categoría de usuario y al total de usuarios se calcularon conforme a lo expuesto en el acápite 4.2.5. En particular, se empleó el factor de 3.6462 habitantes por usuario para estimar la población servida por la red de agua potable, mediante la multiplicación de dicho factor por el número de usuarios domésticos registrados en el mes de análisis. Posteriormente, las dotaciones netas se obtuvieron al dividir el consumo total, expresado en L/mes, entre la población servida y el número de días correspondiente a cada mes. Para el caso de febrero de 2022, se consideró un período de 29 días debido a que correspondió a un año bisiesto.

Adicionalmente, se calculó el promedio de la dotación en cada año del período de análisis para evaluar su comportamiento mediante gráficos de barras.

A continuación, se presentan la Tabla 13 y la Figura 13, en las cuales se exponen los resultados correspondientes a las dotaciones netas de la categoría doméstica del sector La Joya y el comportamiento promedio de las mismas.

Tabla 13 – Dotaciones netas de la categoría doméstica

Mes	2022		2023		2024		2025		Promedio mensual anual (L/hab.día)
	Usuarios domésticos (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios domésticos (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios domésticos (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios domésticos (u)	Dotación neta (L/hab.día)	
Enero			4605	192.92	4771	163.91	4929	178.86	178.56
Febrero			4605	193.18	4778	187.22	4954	193.10	191.17
Marzo			4606	190.00	4803	183.52	4969	180.08	184.54
Abril			4621	179.08	4819	183.75	4997	166.25	176.36
Mayo			4656	179.97	4825	181.67	5020	172.54	178.06
Junio			4666	181.67	4835	181.49	5033	160.30	174.49
Julio	4584	165.97	4682	179.30	4836	185.68	5054	172.26	175.80
Agosto	4595	171.46	4693	171.96	4851	182.06	5067	165.88	172.84
Septiembre	4604	185.79	4703	179.79	4866	183.84	5075	177.55	181.74
Octubre	4604	179.01	4712	187.34	4876	183.20	5084	178.26	181.95
Noviembre	4604	188.99	4728	188.68	4902	164.98	5090	186.78	182.36
Diciembre	4604	185.20	4747	173.20	4912	171.63	5081	186.20	179.06
Promedio mensual anual (L/hab.día)		179.40		183.09		179.41		176.51	179.74

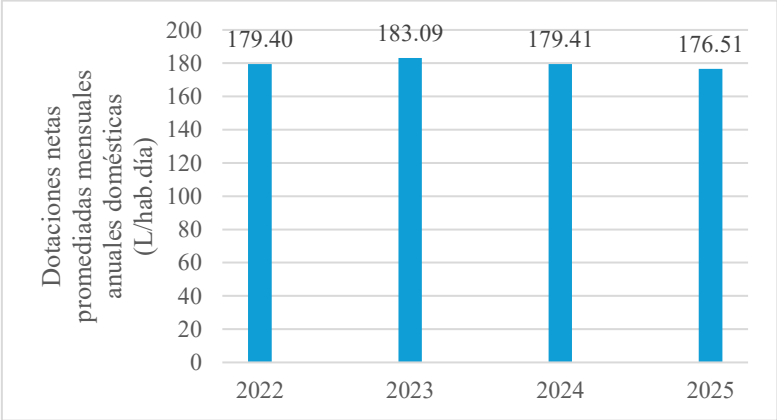


Figura 13 - Representación de la dotación neta promedio anual de la categoría doméstica

Del mismo modo, se presenta la Tabla 14 y Figura 14, para las dotaciones en la categoría comercial y su comportamiento promedio anual.

Tabla 14 - Dotaciones netas de la categoría comercial

Mes	2022		2023		2024		2025		Promedio mensual anual (L/hab.día)
	Usuarios comerciales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios comerciales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios comerciales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios comerciales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	
Enero			414	24.96	425	21.67	429	23.50	23.38
Febrero			414	24.51	425	24.50	429	25.27	24.76
Marzo			414	24.09	427	24.17	430	24.27	24.18
Abril			416	22.57	427	26.25	430	22.51	23.78
Mayo			416	22.98	427	23.82	430	22.58	23.13
Junio			419	24.17	427	23.98	430	19.91	22.69
Julio	413	19.53	421	24.64	428	24.38	430	23.77	23.08
Agosto	413	22.48	422	24.26	428	23.32	430	22.84	23.22
Septiembre	415	23.48	423	23.80	428	23.58	430	23.76	23.65
Octubre	415	23.81	423	23.83	429	22.60	430	23.05	23.32
Noviembre	414	23.50	425	24.11	429	21.07	430	23.56	23.06
Diciembre	414	23.85	425	21.60	429	20.46	430	23.19	22.27
Promedio mensual anual (m3/u.mes)		22.77		23.79		23.32		23.18	23.38

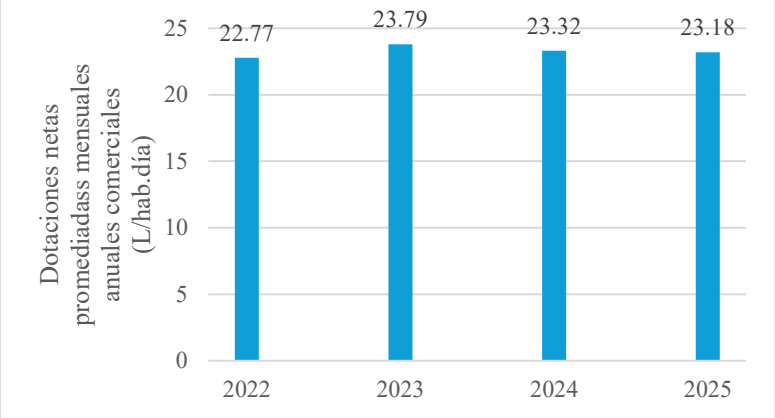


Figura 14 - Representación de la dotación neta promedio anual de la categoría comercial

Asimismo, se expone la Tabla 15, en la cual se detallan los valores de dotación correspondientes a la categoría industrial. De manera complementaria, la Figura 15 expresa el gráfico de comportamiento promedio de las dotaciones netas industriales.

Tabla 15 – Dotaciones netas de la categoría industrial

Mes	2022		2023		2024		2025		Promedio mensual anual (L/hab.día)
	Usuarios industriales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios industriales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios industriales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios industriales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	
Enero			5	0.62	7	0.43	6	0.43	0.49
Febrero			5	1.07	7	0.64	6	0.49	0.73
Marzo			5	0.88	7	0.68	6	0.56	0.71
Abril			5	0.69	7	0.64	6	0.41	0.58
Mayo			5	0.48	7	0.80	6	0.45	0.58
Junio			5	0.62	7	0.43	6	0.43	0.49
Julio	5	1.68	5	0.55	6	0.77	6	0.52	0.88
Agosto	5	0.54	7	0.60	6	0.71	6	0.55	0.60
Septiembre	5	0.80	7	0.67	6	0.89	6	0.66	0.75
Octubre	5	0.62	7	0.64	6	0.72	6	0.71	0.67
Noviembre	5	0.61	7	0.71	6	0.50	6	0.77	0.65
Diciembre	5	0.52	7	0.58	6	0.61	6	0.70	0.60
Promedio mensual anual (L/hab.día)		0.80		0.68		0.65		0.56	0.65

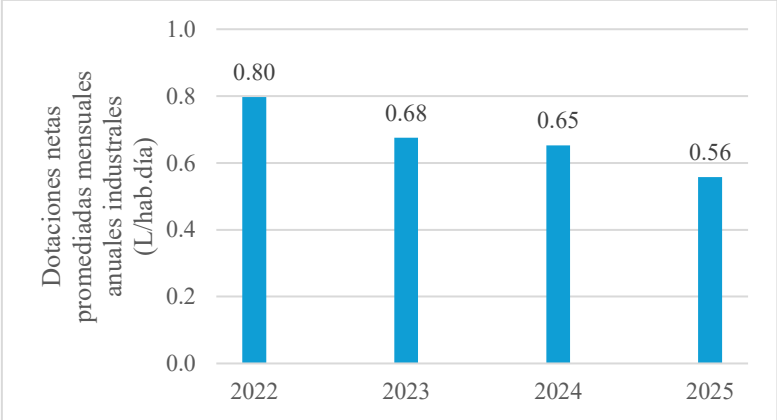


Figura 15 - Representación de la dotación neta promedio anual de la categoría industrial

Finalmente, la Tabla 16 presenta los valores de dotaciones netas totales, mientras que la Figura 16 incorpora un diagrama que complementa la información tabulada y facilita la interpretación de la evolución temporal de esta variable durante el período de estudio.

Tabla 16 – Dotaciones netas totales sin distinción de categoría de usuario

Mes	2022		2023		2024		2025		Promedio mensual anual (L/hab.día)
	Usuarios totales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios totales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios totales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	Usuarios totales (u)	Dotación neta (L/hab.día)	
Enero			5024	218.50	5203	186.01	5364	202.79	202.43
Febrero			5024	218.76	5210	212.35	5389	218.87	216.66
Marzo			5025	214.98	5237	208.37	5405	204.91	209.42
Abril			5042	202.34	5253	210.65	5433	189.17	200.72
Mayo			5077	203.43	5259	206.29	5456	195.58	201.76
Junio			5090	206.46	5269	205.90	5469	180.64	197.67
Julio	5002	187.18	5108	204.49	5270	210.83	5490	196.56	199.76
Agosto	5013	194.48	5122	196.82	5285	206.09	5503	189.27	196.67
Septiembre	5024	210.07	5133	204.26	5300	208.31	5511	201.97	206.15
Octubre	5024	203.44	5142	211.80	5311	206.52	5520	202.01	205.94
Noviembre	5023	213.10	5160	213.50	5337	186.55	5526	211.11	206.06
Diciembre	5023	209.58	5179	195.38	5347	192.70	5517	210.09	201.94
Promedio mensual anual (L/hab.día)		202.98		207.56		203.38		200.25	203.77

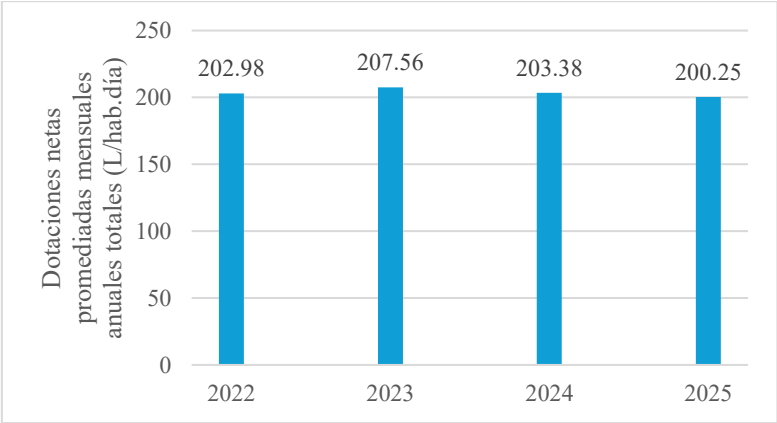


Figura 16 - Representación de la dotación neta promedio anual sin distinción de usuario

4.4 Análisis del crecimiento poblacional en el sector La Joya

4.4.1 Proyección de población

Las poblaciones obtenidas por el método de proporcionalidad descrito en el acápite 4.2.7 se organizaron en la Tabla B.2 del Anexo B, asignando a cada año censal un valor teórico entero consecutivo, de modo que el primer censo (1950) correspondiera al valor 1, para luego determinar la curva de mejor ajuste a través del método de mínimos cuadrados, utilizando las funciones de línea de tendencia del software Microsoft Excel. Este procedimiento se ejecutó de forma automática para los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial, de acuerdo con las ecuaciones (2), (3), (4) y (5). No obstante, el modelo logístico, desarrollado conforme a la ecuación (6) del acápite 2.2.2.6, requirió la intervención directa mediante la herramienta Solver, para obtener los valores de las variables para el mayor grado de ajuste. En consecuencia,

y con base en el coeficiente de determinación calculado según el procedimiento descrito en la ecuación (1) del acápite 2.2.2.1, se obtuvo un valor de $R^2 = 0{,}994$ para el modelo logístico, razón por la cual este modelo fue adoptado para proyectar la población hasta el año 2040. En la Tabla 17 se resumen los resultados obtenidos para cada uno de los modelos evaluados de forma automática en Excel, así como los correspondientes coeficientes de determinación, con el fin de identificar el método que presenta el mejor ajuste a la serie histórica analizada.

Tabla 17 - Modelos poblacionales evaluados en Excel para el sector La Joya

Modelo	Años	Año teórico	Población estimada de La Joya (Habitantes)	Población proyectada (Habitantes)	R2	Ecuación
Lineal	1950	1	2800	2465	0.9803	$y = 214.325x + 2250.615$
	1962	13	4772	5037		
	1974	25	6970	7609		
	1982	33	8981	9324		
	1990	41	11101	11038		
	2001	52	14647	13396		
	2010	61	15978	15325		
	2022	73	16839	17897		
Logarítmico	1950	1	2800	215	0.7026	$y = 3170.736ln(x) + 215.141$
	1962	13	4772	8348		
	1974	25	6970	10421		
	1982	33	8981	11302		
	1990	41	11101	11990		
	2001	52	14647	12743		
	2010	61	15978	13250		
	2022	73	16839	13819		
Exponencial	1950	1	2800	3512	0.8911	$y = 3424.524e^{0.02530920x}$
	1962	13	4772	4759		
	1974	25	6970	6448		
	1982	33	8981	7894		
	1990	41	11101	9666		
	2001	52	14647	12769		
	2010	61	15978	16036		
	2022	73	16839	21727		
Potencial	1950	1	2800	2272	0.8957	$y = 2272.082x^{0.42805058}$
	1962	13	4772	6812		
	1974	25	6970	9012		
	1982	33	8981	10149		
	1990	41	11101	11137		
	2001	52	14647	12330		
	2010	61	15978	13202		
	2022	73	16839	14257		

Por otra parte, los resultados referidos al modelo logístico se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18 – Proyección demográfica para el sector La Joya por el Modelo logístico

Modelo	Años	Año teórico	Población estimada de La Joya (Habitantes)	Población proyectada	R2	Ecuación
Logístico	1950	0	2800	2589	0.99498	$y = \frac{19196}{1 + 6.41399542 * e^{-0.05603121x}}$
	1962	12	4772	4491		
	1974	24	6970	7185		
	1982	32	8981	9284		
	1990	40	11101	11413		
	2001	51	14647	14030		
	2010	60	15978	15704		
	2022	72	16839	17239		

El modelo logístico fue el seleccionado debido a que presentó el mayor grado de ajuste respecto a los demás métodos evaluados, por lo que la proyección de la población hasta el año 2040 se realizó con la ecuación obtenida que se presentó en la Tabla 18, y los resultados correspondientes a la proyección demográfica se presentan en la Tabla B.3 del Anexo B. De manera complementaria, la Figura 17 muestra la curva de crecimiento poblacional proyectada, junto con los valores estimados a partir de los datos censales de la ciudad de Ambato ajustados al sector La Joya, correspondientes al período comprendido entre 1950 y 2040.

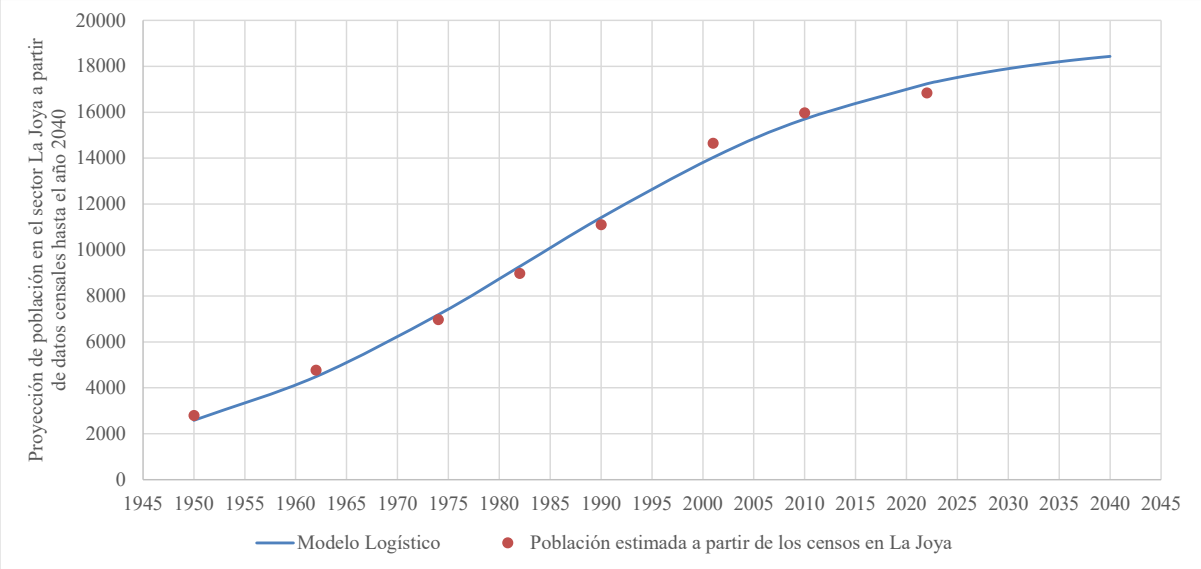


Figura 17 - Población del sector La Joya proyectado al año 2040

4.5 Proyección estimativa de la demanda de agua potable

4.5.1 Proyección de demanda considerando dotaciones netas y población proyectada

En el proceso de proyección referencial de la demanda de agua potable en el sector La Joya, parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato, se utilizaron los datos censales del INEC (2022)

correspondientes al período comprendido entre 1950 y 2022, así como los valores promedio de dotación neta total calculados para cada año del período 2022 a 2025. Cabe señalar que el registro correspondiente al año 2022 se obtuvo únicamente a partir de seis meses de información disponible. En este contexto, la Tabla 19 presenta los valores de dotación neta considerados para el análisis.

Tabla 19 - Dotación neta total de cada año analizado en el sector La Joya

Año	Dotación neta total (L/hab.día)
2022	202.98
2023	207.56
2024	203.38
2025	200.25

Estos datos fueron proyectados siguiendo el procedimiento descrito en el análisis de regresión desarrollado en el acápite 4.4.1, para lo cual se consideraron los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial, evaluados mediante el método de mínimos cuadrados y las funciones de ajuste incorporadas en el software Microsoft Excel. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada una de las proyecciones analizadas, ordenados en la Tabla 20.

Tabla 20 - Resultados matemáticos de los modelos de proyección de dotación neta total

Modelo	Años	Dotación neta total (L/hab.día)	R2	Ecuación
Lineal	2022	202.98	0.2797	$y == -1.23664652x + 2705.89475689$
	2023	207.56		
	2024	203.38		
	2025	200.25		
Logarítmico	2022	202.98	0.2795	$y = -2501.58219498\ ln(x) + 19247.04464992$
	2023	207.56		
	2024	203.38		
	2025	200.25		
Exponencial	2022	202.98	0.2775	$y = 46224335.439e^{-0.00609500x}$
	2023	207.56		
	2024	203.38		
	2025	200.25		
Potencial	2022	202.98	0.2774	$y = 11.777 \cdot 10^{42}\ x^{-12.32944665}$
	2023	207.56		
	2024	203.38		
	2025	200.25		

De la Tabla 20 podemos destacar que el mejor grado de ajuste en los datos observados de dotación neta total corresponden al modelo lineal, cuyo R^2 es el mayor entre los modelos e

igual a 0. 2797. A continuación, de procedió con la proyección de la dotación neta total con el modelo lineal obtenido, cuyos resultados se exponen en la Tabla 21.

Tabla 21 - Proyección anual de la dotación neta total por el método lineal

Año	Dotación neta total (L/hab.día)
2022	205.40
2023	204.16
2024	202.92
2025	201.69
2026	200.45
2027	199.21
2028	197.98
2029	196.74
2030	195.50
2031	194.27
2032	193.03
2033	191.79
2034	190.56
2035	189.32
2036	188.08
2037	186.85
2038	185.61
2039	184.37
2040	183.14

Con la proyección poblacional obtenida mediante el modelo logístico, las dotaciones netas totales proyectadas mediante el modelo lineal y las dotaciones netas totales observadas correspondientes a los promedios anuales, se determinaron tanto la demanda de agua real observada en el período de análisis como la demanda de agua proyectada. Para la estimación de la demanda real observada, se consideraron las dotaciones netas totales obtenidas en el acápite 4.3.3, las cuales se multiplicaron por la población estimada mediante el modelo logístico y por el porcentaje de cobertura del 99.7%, de acuerdo con lo establecido en el acápite 2.3.1, ecuación (7), correspondiente al cálculo de la población servida, y en el acápite 3.3. Posteriormente, el producto obtenido se dividió entre la constante de 86400 s/día con el propósito de expresar la demanda en litros por segundo (L/s). De manera análoga, la demanda proyectada se determinó mediante el mismo procedimiento, considerando las poblaciones proyectadas mediante el modelo logístico y las dotaciones netas totales proyectadas con el modelo lineal, afectadas igualmente por el porcentaje de cobertura del servicio y divididas entre 86.400 s/día. Los resultados obtenidos mediante esta metodología se presentan en la Tabla 22. Del mismo modo, la Figura 18 muestra la comparación entre la demanda de agua observada en

el período 2022–2025 y la demanda proyectada hasta el año 2040, permitiendo visualizar la tendencia esperada de la demanda en el sector La Joya por este método de cálculo.

Tabla 22 – Proyección de demanda considerando dotación y población por método logístico

Años	Población total método logístico (habitantes)	Población servida (habitantes)	Dotación neta total observada (L/hab.día)	Caudal observado (l/s)	Dotación neta total proyectada (L/hab.día)	Caudal proyectado (l/s)
2022	17239	17187	202.98	40.38	205.40	40.86
2023	17335	17283	207.56	41.52	204.16	40.84
2024	17427	17375	203.38	40.90	202.92	40.81
2025	17515	17463	200.25	40.47	201.69	40.76
2026	17599	17547			200.45	40.71
2027	17679	17626			199.21	40.64
2028	17756	17703			197.98	40.56
2029	17829	17775			196.74	40.48
2030	17898	17845			195.50	40.38
2031	17964	17911			194.27	40.27
2032	18027	17973			193.03	40.15
2033	18087	18033			191.79	40.03
2034	18145	18090			190.56	39.90
2035	18199	18144			189.32	39.76
2036	18251	18196			188.08	39.61
2037	18300	18245			186.85	39.46
2038	18346	18291			185.61	39.29
2039	18391	18336			184.37	39.13
2040	18433	18378			183.14	38.95

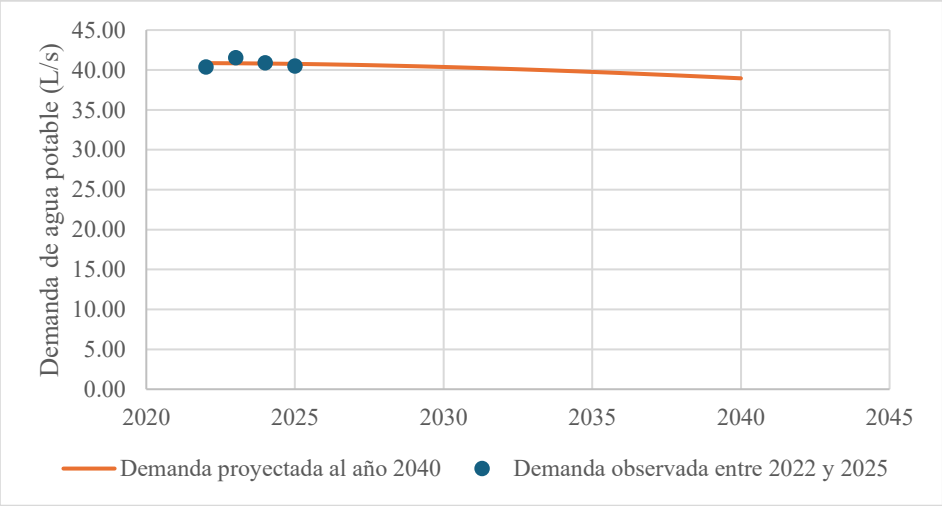


Figura 18 - Demanda proyectada a 2040 en La Joya considerando población y dotación

4.5.2 Proyección de demanda considerando consumos mensuales

La demanda de agua en el sector La Joya se proyectó a partir del consumo anual total registrado entre julio de 2022 y diciembre de 2025, conforme a lo expuesto en el acápite 4.3.2. La proyección del consumo total sin distinción de categoría de usuario se efectuó mediante los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial, descritos en el acápite 2.2.2, empleando el método de mínimos cuadrados para evaluar el grado de ajuste correspondiente a cada modelación, incluído en la misma sección. La Tabla 23 presenta los resultados obtenidos para cada uno de los modelos considerados para la proyección del consumo total.

Tabla 23 - Resultados de los modelos de proyección de consumo mensual en La Joya

Método	Ecuación	R^2
Lineal	$y = 132.710x + 105271.278$	0.1135
Logarítmico	$y = 2361.825\ ln(x) + 101501.772$	0.1838
Exponencial	$y = 105197.439\ e^{0.00123046\ x}$	0.1125
Potencial	$y = 101509.4949\ x^{0.02216099}$	0.1821

El análisis del grado de ajuste evidencia que el modelo logarítmico presenta la mayor concordancia con los datos observados, razón por la cual la proyección del consumo mensual se realizó mediante este método para la totalidad del período de estudio, asignando una numeración consecutiva entre 1 y 42 a cada mes del período de análisis (julio de 2022 y diciembre de 2025, respectivamente) y una numeración entre 43 (enero de 2026) y 222 (diciembre 2040). En Anexo C, se presenta la proyección de la demanda de consumo mensual hasta diciembre de 2040. Posteriormente, los valores proyectados para cada mes se agruparon por año y se sumaron con el propósito de obtener el consumo anual proyectado mediante el modelo logarítmico, como muestra la Tabla 24.

Los consumos totales anuales registrados y los valores obtenidos mediante la proyección, expresados en litros por año (L/año), se dividieron entre el número de días correspondiente a cada período y la constante de 86.400 s/día. Para los años completos se consideró una duración de 365 días, mientras que para el año 2022 se adoptó un período de 184 días, debido al inicio del análisis en julio de ese año. La Tabla 24 resume los valores de demanda observada y demanda proyectada, expresados en litros por segundo (L/s).

Tabla 24 – Proyección de demanda en La Joya considerando consumos mensuales

Años	Consumo observado (m3/año)	Caudal observado (L/s)	Consumo proyectado (m3/año)	Caudal proyectado (L/s)
2022	626044	39.38	624549.67	39.29
2023	1288971	40.87	1288441.90	40.86
2024	1313108	41.64	1308391.28	41.49
2025	1339682	42.48	1319848.15	41.85
2026			1327960.04	42.11
2027			1334251.70	42.31
2028			1339394.06	42.47
2029			1343743.55	42.61
2030			1347512.64	42.73
2031			1350838.32	42.83
2032			1353814.09	42.93
2033			1356506.68	43.01
2034			1358965.37	43.09
2035			1361227.58	43.16
2036			1363322.42	43.23
2037			1365272.97	43.29
2038			1367097.83	43.35
2039			1368812.24	43.40
2040			1370428.80	43.46

De manera complementaria, la Figura 19 muestra la evolución de la demanda de agua potable observada y proyectada; para ello, la demanda observada se representa mediante una serie de puntos, mientras que la demanda proyectada se ilustra mediante una curva de tendencia creciente.

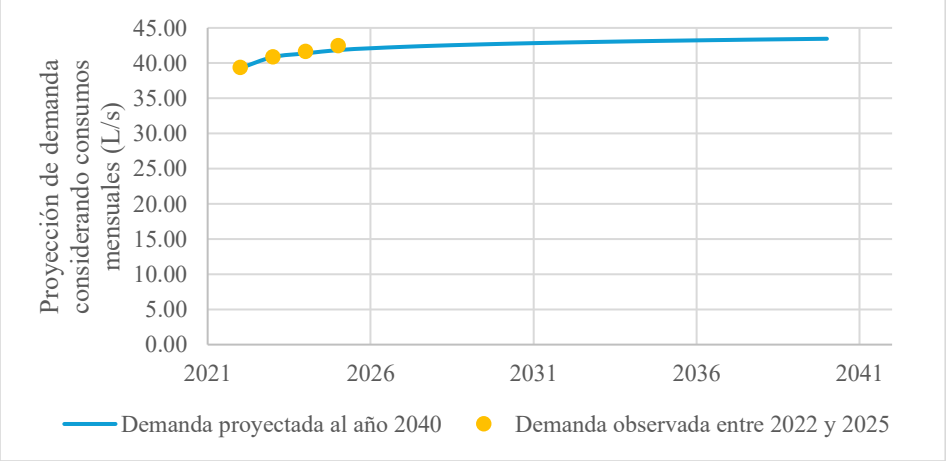


Figura 19 - Demanda proyectada a 2040 en La Joya considerando el consumo mensual

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de los consumos de agua potable

5.1.1 Análisis de consumos

Los resultados del análisis de consumos se presentan en las Tablas 5, 6, 7 y 8. En particular, el consumo total evidencia una tendencia creciente durante el período comprendido entre 2023 y 2025, con valores expresados en la Tabla 8. Cabe mencionar que en 2022 el consumo total determinado en la Tabla 8 (626044 m^3) comprende únicamente seis meses de información disponible.

La categoría doméstica comprende el 88.21% del consumo total, mientras que las categorías comercial e industrial representan el 11.47% y el 0.32%, respectivamente. De acuerdo con la literatura citada en el acápite 2.3.5, el consumo comercial suele situarse entre el 10% y el 20% del consumo total, mientras que el consumo industrial se encuentra generalmente entre el 5% y el 15%, por lo que se estipula que la participación de la categoría comercial (11.46%) se ubica dentro del rango esperado. Por el contrario, la categoría industrial (0.32%) presenta una participación considerablemente inferior al intervalo teórico reportado, lo que evidencia una incidencia marginal de este sector sobre la demanda de agua potable.

5.1.2 Análisis de consumos unitarios

Los resultados del análisis de consumos unitarios se presentan en las Tablas 9, 10, 11 y 12, de las cuales se destacan los consumos unitarios promedio anuales sin distinción de categoría y cuyos valores promedio mensual anual se encuentran en un intervalo comprendido entre 20.43 y 21.09 m3/u.mes. Al comparar los consumos unitarios promedio de cada año con el promedio correspondiente al período de análisis, se observa que los consumos total y doméstico presentan una tendencia descendente, con valores ligeramente inferiores al promedio durante los dos últimos años. Por su parte, el consumo comercial se mantiene relativamente estable y dentro de los valores esperados, con una ligera tendencia al incremento hacia el final del período. Distinto a lo esperado, el consumo industrial pese a registrar valores elevados al inicio del período presenta una disminución sostenida que lo ubica considerablemente por debajo de su promedio correspondiente, lo que confirma la participación marginal y decreciente de esta categoría en la estructura de la demanda de agua potable.

5.1.3 Análisis de dotaciones

Los resultados obtenidos para el período 2022–2025, presentados en las Tablas 13, 14, 15 y 16, muestran dotaciones netas totales sin distinción de categoría y promedio al año comprendidas entre 200.25 y 207.56 L/hab.día. La serie presenta un comportamiento relativamente estable, con variaciones interanuales inferiores al 4%, lo que evidencia una dotación neta total relativamente uniforme durante el período analizado.

Al comparar los valores de dotación neta correspondientes a 2022 y 2024 con el promedio del período de análisis, se observa que las dotaciones total y doméstica se mantienen estables y próximas a sus respectivos valores promedio, lo que refleja un comportamiento relativamente constante. Por su parte, la dotación comercial presenta una ligera tendencia a la baja, así como la dotación industrial que también evidencia una disminución sostenida, con valores inferiores a su promedio desde 2024. Estos resultados confirman la predominancia del consumo doméstico y la participación marginal del sector industrial en la demanda de agua potable del área de estudio.

En relación con las dotaciones referenciales establecidas por el INEN (1992), los valores promedio anuales obtenidos en el sector La Joya, comprendidos sin distinción de categoría entre 200.25 y 207.56 L/hab.día, se ubican sobre el límite superior del intervalo recomendado para poblaciones entre 5000 y 50000 habitantes en clima frío (180–200 L/hab.día). La población estimada de 16838 habitantes confirma la pertinencia de aplicar esta categoría normativa. Asimismo, las dotaciones registradas son inferiores a las recomendadas para climas templados (190–220 L/hab.día) y cálidos (200–230 L/hab.día), situación coherente con las menores necesidades hídricas asociadas a las condiciones climáticas del área de estudio. En consideración de lo expuesto, los resultados evidencian un comportamiento acorde con los criterios normativos aplicables y una relativa estabilidad de las dotaciones netas durante el período evaluado.

5.2 Análisis de las proyecciones de demanda

La comparación entre ambos métodos evidencia dos escenarios complementarios para la evolución futura de la demanda de agua potable en el sector La Joya. El método basado en la dotación neta y la población proyectada mediante el modelo logístico muestra un caudal con tendencia decreciente, como consecuencia de la disminución progresiva de la dotación por habitante, la cual compensa el crecimiento poblacional. Por el contrario, el método basado en el consumo total proyectado presenta una tendencia creciente del caudal, reflejando la evolución histórica de la demanda observada. Durante los primeros años, ambos métodos

presentan diferencias menores; sin embargo, hacia el año 2040 la diferencia alcanza 4.51 L/s, equivalente a un incremento del 11.6% en el escenario basado en el consumo total. Esta diferencia permite definir un intervalo de referencia para la planificación hidráulica, comprendido entre un escenario de comportamiento estable y otro de crecimiento moderado.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El sector La Joya dispone de una infraestructura que combina el bombeo y la distribución por gravedad, además de contar con sistemas de desinfección, almacenamiento y medición del agua potable. La presencia predominante de micromedidores con una antigüedad inferior a cinco años colabora con una condición favorable para la operación y gestión del servicio.
- Durante el período de análisis el consumo mensual total promedio alcanzó 108697.01 m^3/año, lo que, en términos de participación por categoría, reflejó que el consumo mensual doméstico representó el 88.21% del total (95881.40 m^3/mes), el comercial el 11.47% (12472.79 m^3/mes) y el industrial el 0.32% (342.82 m^3/mes). Estos resultados confirman la predominancia del consumo residencial, con una participación comercial dentro de los rangos esperados y una demanda industrial poco significativa.
- El consumo unitario promedio total del período se situó en 20.75 m^3/usuario.mes, con predominancia del uso doméstico (19.94 m^3/usuario.mes). Se evidenció una tendencia descendente en los consumos total y doméstico, mientras que el consumo comercial (29.42 m^3/usuario.mes) se mantuvo estable y el industrial (58.98 m^3/usuario.mes) disminuyó de forma sostenida, confirmando una estructura de demanda principalmente residencial con baja participación industrial.
- Las dotaciones netas promedio totales del período se ubicaron en 203.77 L/hab.día para el total, con valores domésticos de 179.74 L/hab.día, comerciales (23,38 L/hab.día) e industriales (0.65 L/hab.día) consistentes con el comportamiento general de la demanda. Además, al contrastar con la normativa INEN (1992), los valores se encuentran dentro del rango recomendado para poblaciones entre 5000 y 50000 habitantes en clima frío (180–200 L/hab.día), categoría en la que se encuentra el sector La Joya con 16838 habitantes.
- La proyección de la demanda mediante dos métodos evidencia escenarios complementarios de la demanda futura: el método basado en población y dotación neta

proyecta un caudal de 40.86 L/s en 2022 a 38.95 L/s en 2040, mientras que el método basado en consumo total lo incrementa de 39.29 L/s a 43.46 L/s. La diferencia en 2040 alcanza 4.51 L/s (11.58%) estableciendo un rango de referencia entre estabilidad y crecimiento moderado para la planificación del sistema.

6.2 Recomendaciones

- Optimizar el sistema de base de datos utilizado para el registro de información de consumos, con el propósito de mejorar la calidad, consistencia, actualización y disponibilidad de los datos empleados en estudios e investigaciones futuras.
- Fortalecer la ejecución de levantamientos de información tanto en micromedición como en macromedición, de manera que se disponga de datos actualizados, verificables y técnicamente confiables para la formulación y planificación de nuevos proyectos de agua potable.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de micromedición y macromedición, con el fin de garantizar la disponibilidad oportuna y adecuada de información sobre consumos de agua.
- Incentivar el desarrollo de nuevas investigaciones en otros sectores a nivel nacional, con el propósito de determinar información real de consumos de agua potable, la cual servirá para mejorar la gestión y operación de los sistemas de agua potable.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022). *Guíaw 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*. Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA).

Alcívar, W. (2025). *Plan de contingencia para garantizar agua segura en época de estiaje* [Documento técnico no publicado]. Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato.

Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., & Parena, R. (2000). *Performance indicators for water supply services*. IWA Publishing.

American Water Works Association. (2012). Water meters: Selection, installation, testing, and maintenance (5th ed.). American Water Works Association.

American Water Works Association. (2016). Water use statistics. American Water Works Association.

Arregui, F., Cabrera, E., & Cobacho, R. (2006). *Integrated water meter management*. IWA Publishing.

Bianchotti, J. D., Puccini, G. D., & Chiotti, O. (2020). *Resiliencia de redes de agua sectorizadas (Resilience of district metered areas of water distribution networks)*. *AJEA (Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN*, 5). https://doi.org/10.33414/ajea.5.662.2020

Brooks, D. B. (2006). *Water demand management*. IWA Publishing.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). *Manual de proyecciones de población*. Naciones Unidas.

Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's water treatment: Principles and design* (3rd ed.). Wiley.

Daniel, W. W. (1974). *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*. John Wiley & Sons.

Donkor, E. A. (2014). Factors influencing domestic water consumption in developing countries. *Water Policy, 16*(6), 1044–1061.

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-EMAPA-A). (2020). *Reglamento interno de prestación de servicios, prohibiciones y sanciones de la EP-EMAPA-A*.

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato. (2026). *Resolución N.° 0012-2026: Administración del servicio de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Ambato*. EP-EMAPA-A.

Fair, G. M., Geyer, J. C., & Okun, D. A. (1971). *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales*. Limusa.

Gleick, P. H. (1996). Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water International, 21*(2), 83–92.

Gleick, P. H. (2003). Water use. *Annual Review of Environment and Resources, 28*, 275–314.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2024). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ambato 2050 (PDOT 2050)*. GAD Municipalidad de Ambato.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2026). *GeoAmbato: Geoportal de información geográfica* [Mapa digital actualizado]. Creado en 2022. GeoAmbato. https://geoambato-gadma.opendata.arcgis.com/apps/d03107c8f8ac458285b457f10526a760/explore

González, M. C., Saldarriaga, G. de J., & Jaramillo, O. (2010). *Estudio nacional del agua 2010* (Cap. 5). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Google. (2026). Sector comprendido entre las calles Marco Tulio Cicerón e Isócrates, Ambato, Ecuador [Imagen satelital]. Google Earth. Recuperado el 14 de junio de 2026, de https://earth.google.com/web/search/Marco+Tulio+Cicerón+%26+Isocrates/@-1.27760449,-78.63162949,2771.10956959a,39509.21080036d,35y,-0h,0t,0r/data=CiwiJgokCVhAoP-bXvS_EeYw_yO8sfS_GQs5u5xaplPAIesVLA6uqFPAQgIIATIpCicKJQohMVMxcnIzT0lVX1pHNFMzY1lJM2ZsNkt2aGRsYkxzblZSIAE6AwoBMEICCABKCAjSlrbuBRAB

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). *Código ecuatoriano de la construcción: 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)*. INEN.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Censo de población y vivienda 2022: Resultados definitivos*. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec

Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Keyfitz, N., & Caswell, H. (2005). *Applied mathematical demography* (3rd ed.). Springer.

López Cualla, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Mayer, P. W., DeOreo, W. B., Opitz, E. M., Kiefer, J. C., Davis, W. Y., Dziegielewski, B., & Nelson, J. O. (1999). *Residential end uses of water*. AWWA Research Foundation.

Mays, L. W. (2011). *Water distribution systems handbook* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Mendenhall, W., & Sincich, T. (2012). *Statistics for engineering and the sciences* (6th ed.). Pearson.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (5th ed.). Wiley.

Mott, R. L. (2006). *Applied fluid mechanics* (6th ed.). Pearson.

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guías para la calidad del agua potable* (4.ª ed.). OMS.

Preston, S. H., Heuveline, P., & Guillot, M. (2001). *Demography: Measuring and modeling population processes*. Blackwell Publishers.

Rowland, D. T. (2003). *Demographic methods and concepts*. Oxford University Press.

Shammas, N. K., Wang, L. K., & Okun, D. A. (2015). *Water engineering: Hydraulics, distribution and treatment*. Wiley.

Siegel, Jacob S., David A. Swanson, & Henry S. Shryock (2004). *The Methods and Materials of Demography*. 2nd ed. Amsterdam; Boston: Elsevier/Academic Press.

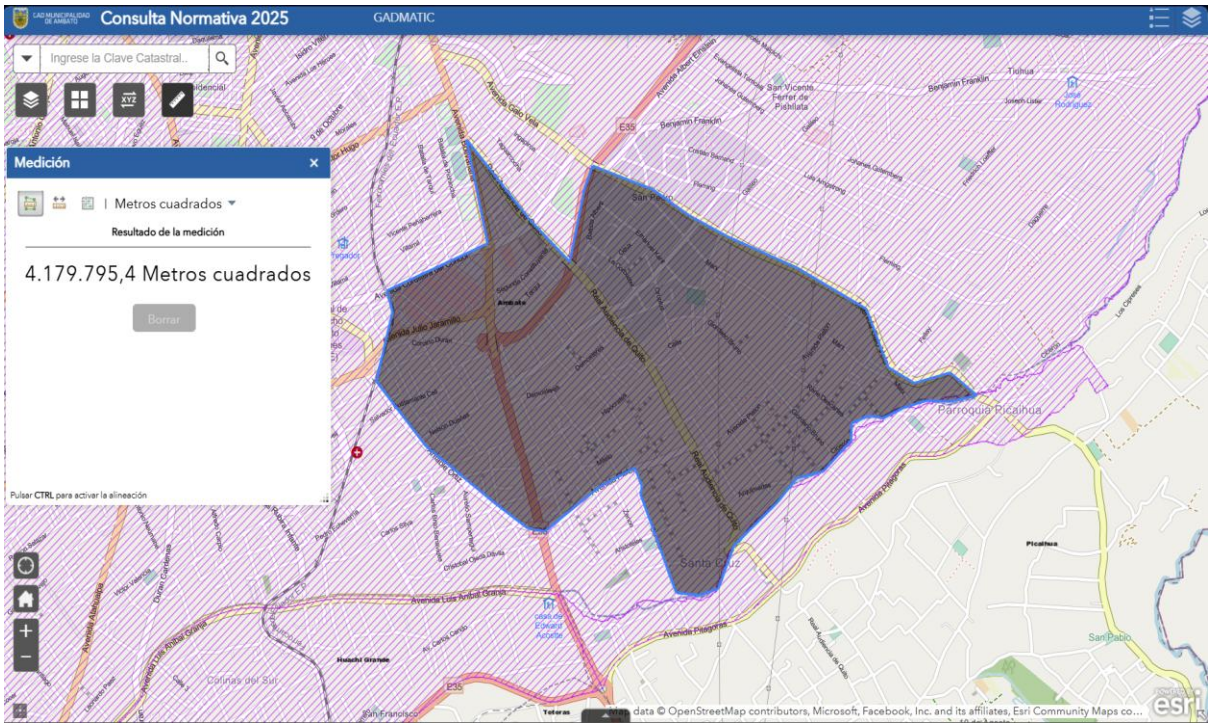
UN-Habitat. (2010). *Water and sanitation in the world's cities*. Earthscan.

Viessman, W., Hammer, M. J., Perez, E. M., & Chadwick, J. (2009). *Water supply and pollution control* (8th ed.). Pearson.

ANEXOS

ANEXO A

Área medida del sector La Joya.



ANEXO B

Resumen de usuarios y población de La Joya

TABLA B.1 Resumen de usuarios domésticos y consumo total en el año 2022.

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Usuarios Domésticos	4584	4595	4604	4604	4604	4604
Consumo (m^3/mes)	85995	89053	93568	93157	95176	96380

TABLA B.2 Población estimada en La Joya a partir de los datos censales del INEC (2022).

Año	Población censada de Ambato (Habitantes)	Población estimada de La Joya (Habitantes)
1950	31312	2800
1962	53372	4772
1974	77955	6970
1982	100454	8981
1990	124166	11101
2001	163825	14647
2010	178713	15978
2022	188338	16839

TABLA B.3 Población proyectada a 2040 en La Joya con el método logístico.

Año	Número de habitantes proyectados por el modelo logístico
1950	2589
1962	4491
1974	7185
1982	9284
1990	11413
2001	14030
2010	15704
2022	17239
2023	17335
2024	17427
2025	17515
2026	17599
2027	17679
2028	17756
2029	17829
2030	17898
2031	17964
2032	18027
2033	18087
2034	18145
2035	18199
2036	18251
2037	18300
2038	18346
2039	18391
2040	18433

ANEXO C

Proyección mensual de consumos por el método logarítmico

TABLA C.1 Consumo proyectado hasta 2040 en La Joya por el modelo logarítmico

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
1	jul-22	101501.77	
2	ago-22	103138.86	
3	sep-22	104096.50	624549.67
4	oct-22	104775.96	
5	nov-22	105302.98	
6	dic-22	105733.59	
7	ene-23	106097.67	
8	feb-23	106413.05	
9	mar-23	106691.23	
10	abr-23	106940.08	
11	may-23	107165.18	
12	jun-23	107370.69	1288441.90
13	jul-23	107559.73	
14	ago-23	107734.76	
15	sep-23	107897.71	
16	oct-23	108050.14	
17	nov-23	108193.33	
18	dic-23	108328.32	
19	ene-24	108456.02	
20	feb-24	108577.17	
21	mar-24	108692.40	
22	abr-24	108802.27	
23	may-24	108907.26	
24	jun-24	109007.78	1308391.28
25	jul-24	109104.19	
26	ago-24	109196.83	
27	sep-24	109285.96	
28	oct-24	109371.86	
29	nov-24	109454.74	
30	dic-24	109534.81	

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
31	ene-25	109612.25	
32	feb-25	109687.23	
33	mar-25	109759.91	
34	abr-25	109830.42	
35	may-25	109898.88	
36	jun-25	109965.42	1319848.15
37	jul-25	110030.13	
38	ago-25	110093.11	
39	sep-25	110154.46	
40	oct-25	110214.26	
41	nov-25	110272.58	
42	dic-25	110329.49	
43	ene-26	110385.07	
44	feb-26	110439.37	
45	mar-26	110492.44	
46	abr-26	110544.35	
47	may-26	110595.15	
48	jun-26	110644.87	1327960.04
49	jul-26	110693.57	
50	ago-26	110741.29	
51	sep-26	110788.06	
52	oct-26	110833.92	
53	nov-26	110878.91	
54	dic-26	110923.05	
55	ene-27	110966.39	
56	feb-27	111008.95	
57	mar-27	111050.75	
58	abr-27	111091.83	
59	may-27	111132.20	
60	jun-27	111171.90	1334251.70
61	jul-27	111210.94	
62	ago-27	111249.34	
63	sep-27	111287.13	
64	oct-27	111324.33	
65	nov-27	111360.94	
66	dic-27	111397.00	

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
67	ene-28	111432.52	
68	feb-28	111467.51	
69	mar-28	111501.99	
70	abr-28	111535.97	
71	may-28	111569.48	
72	jun-28	111602.51	1339394.06
73	jul-28	111635.09	
74	ago-28	111667.22	
75	sep-28	111698.92	
76	oct-28	111730.21	
77	nov-28	111761.08	
78	dic-28	111791.56	
79	ene-29	111821.64	
80	feb-29	111851.35	
81	mar-29	111880.69	
82	abr-29	111909.67	
83	may-29	111938.30	
84	jun-29	111966.59	1343743.55
85	jul-29	111994.54	
86	ago-29	112022.16	
87	sep-29	112049.47	
88	oct-29	112076.46	
89	nov-29	112103.15	
90	dic-29	112129.54	
91	ene-30	112155.63	
92	feb-30	112181.45	
93	mar-30	112206.98	
94	abr-30	112232.24	
95	may-30	112257.23	
96	jun-30	112281.96	1347512.64
97	jul-30	112306.44	
98	ago-30	112330.66	
99	sep-30	112354.64	
100	oct-30	112378.38	
101	nov-30	112401.88	
102	dic-30	112425.15	

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
103	ene-31	112448.19	
104	feb-31	112471.01	
105	mar-31	112493.61	
106	abr-31	112516.00	
107	may-31	112538.18	
108	jun-31	112560.15	1350838.32
109	jul-31	112581.92	
110	ago-31	112603.48	
111	sep-31	112624.86	
112	oct-31	112646.04	
113	nov-31	112667.04	
114	dic-31	112687.84	
115	ene-32	112708.47	
116	feb-32	112728.92	
117	mar-32	112749.19	
118	abr-32	112769.29	
119	may-32	112789.23	
120	jun-32	112808.99	1353814.09
121	jul-32	112828.59	
122	ago-32	112848.03	
123	sep-32	112867.31	
124	oct-32	112886.43	
125	nov-32	112905.40	
126	dic-32	112924.22	
127	ene-33	112942.89	
128	feb-33	112961.42	
129	mar-33	112979.80	
130	abr-33	112998.04	
131	may-33	113016.14	
132	jun-33	113034.10	1356506.68
133	jul-33	113051.92	
134	ago-33	113069.61	
135	sep-33	113087.17	
136	oct-33	113104.60	
137	nov-33	113121.91	
138	dic-33	113139.08	

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
139	ene-34	113156.14	
140	feb-34	113173.07	
141	mar-34	113189.88	
142	abr-34	113206.57	
143	may-34	113223.14	
144	jun-34	113239.60	1358965.37
145	jul-34	113255.95	
146	ago-34	113272.18	
147	sep-34	113288.30	
148	oct-34	113304.31	
149	nov-34	113320.22	
150	dic-34	113336.02	
151	ene-35	113351.71	
152	feb-35	113367.30	
153	mar-35	113382.79	
154	abr-35	113398.17	
155	may-35	113413.46	
156	jun-35	113428.65	1361227.58
157	jul-35	113443.74	
158	ago-35	113458.74	
159	sep-35	113473.64	
160	oct-35	113488.44	
161	nov-35	113503.16	
162	dic-35	113517.78	
163	ene-36	113532.32	
164	feb-36	113546.76	
165	mar-36	113561.12	
166	abr-36	113575.39	
167	may-36	113589.58	
168	jun-36	113603.68	1363322.42
169	jul-36	113617.70	
170	ago-36	113631.63	
171	sep-36	113645.48	
172	oct-36	113659.25	
173	nov-36	113672.95	
174	dic-36	113686.56	

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
175	ene-37	113700.09	
176	feb-37	113713.55	
177	mar-37	113726.93	
178	abr-37	113740.24	
179	may-37	113753.47	
180	jun-37	113766.63	1365272.97
181	jul-37	113779.71	
182	ago-37	113792.73	
183	sep-37	113805.67	
184	oct-37	113818.54	
185	nov-37	113831.34	
186	dic-37	113844.07	
187	ene-38	113856.74	
188	feb-38	113869.33	
189	mar-38	113881.86	
190	abr-38	113894.33	
191	may-38	113906.72	
192	jun-38	113919.06	1367097.83
193	jul-38	113931.33	
194	ago-38	113943.53	
195	sep-38	113955.67	
196	oct-38	113967.76	
197	nov-38	113979.78	
198	dic-38	113991.73	
199	ene-39	114003.63	
200	feb-39	114015.47	
201	mar-39	114027.25	
202	abr-39	114038.97	
203	may-39	114050.64	
204	jun-39	114062.24	1368812.24
205	jul-39	114073.79	
206	ago-39	114085.28	
207	sep-39	114096.72	
208	oct-39	114108.10	
209	nov-39	114119.43	
210	dic-39	114130.70	

Número de mes	Mes	Consumo mensual (m3/mes)	Consumo anual (m3/año)
211	ene-40	114141.92	
212	feb-40	114153.09	
213	mar-40	114164.21	
214	abr-40	114175.27	
215	may-40	114186.28	
216	jun-40	114197.24	1370428.80
217	jul-40	114208.15	
218	ago-40	114219.01	
219	sep-40	114229.82	
220	oct-40	114240.58	
221	nov-40	114251.29	
222	dic-40	114261.95	

ANEXO D

Consumo doméstico en la Joya en el período 2023-2025

TABLA D.1 Consumo coméstico en el período 2023-2025

Mes	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero	100417	88393	99648	96152.67
Febrero	90823	94588	97665	94358.67
Marzo	98920	99632	101145	99899.00
Abril	90518	96862	90874	92751.33
Mayo	94716	99078	97901	97231.67
Junio	92722	95984	88253	92319.67
Julio	94888	101496	98408	98264.00
Agosto	91219	99826	95007	95350.67
Septiembre	92492	97852	98562	96302.00
Octubre	99776	100968	102436	101060.00
Noviembre	97581	88462	103992	96678.33
Diciembre	92931	95293	106937	98387.00
Total anual (m3/año)	1137003.00	1158434.00	1180828.00	96562.92

TABLA D.2 Consumo comercial en el período 2023-2025

Mes	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero	12993	11684	13091	12589.33
Febrero	11522	12380	12782	12228.00
Marzo	12543	13121	13631	13098.33
Abril	11406	13837	12304	12515.67
Mayo	12093	12992	12814	12633.00
Junio	12338	12683	10960	11993.67
Julio	13039	13326	13581	13315.33
Agosto	12870	12784	13082	12912.00
Septiembre	12243	12551	13190	12661.33
Octubre	12691	12456	13243	12796.67
Noviembre	12471	11296	13119	12295.33
Diciembre	11589	11357	13318	12088.00
Total anual (m3/año)	147798.00	150467.00	155115.00	12593.89

TABLA D.3 Consumo industrial en el período 2023-2025

Mes	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero	321	233	242	265.33
Febrero	502	314	249	355.00
Marzo	460	369	314	381.00
Abril	351	339	224	304.67
Mayo	250	436	258	314.67
Junio	315	227	237	259.67
Julio	290	420	296	335.33
Agosto	318	390	314	340.67
Septiembre	344	472	368	394.67
Octubre	341	397	408	382.00
Noviembre	365	270	429	354.67
Diciembre	313	340	400	351.00
Total anual (m3/año)	4170.00	4207.00	3739.00	336.56

TABLA D.4 Consumo total sin distinción de categoría en el período 2023-2025

Mes	Consumo (m3/mes) 2023	Consumo (m3/mes) 2024	Consumo (m3/mes) 2025	Promedio mensual (m3/mes)
Enero	113731	100310	112981	109007.33
Febrero	102847	107282	110696	106941.67
Marzo	111923	113122	115090	113378.33
Abril	102275	111038	103402	105571.67
Mayo	107059	112506	110973	110179.33
Junio	105375	108894	99450	104573.00
Julio	108217	115242	112285	111914.67
Agosto	104407	113000	108403	108603.33
Septiembre	105079	110875	112120	109358.00
Octubre	112808	113821	116087	114238.67
Noviembre	110417	100028	117540	109328.33
Diciembre	104833	106990	120655	110826.00
Total anual (m3/año)	1288971.00	1313108.00	1339682.00	109493.36